КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

Т.Т. Толебаев

А.И. Ниязбаева

Е.Ю. Яровая

**ТЕХНОЛОГИЯ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

Методическое пособие

Алматы

«Қазақ университеті»

 2017

УДК 54(075.8)

ББК

*Рекомендовано к изданию*

*Ученым советом факультета химии и химической технологии*

*и РИСО КазНУ им. Аль-Фараби*

*(протокол № от )*

**Рецензент**

кандидат химических наук **Л.К. Бейсембаева**

Технология вяжущих материалов: методическое пособие / Т.Т. Толебаев,

А.И. Ниязбаева, Е.Ю. Яровая. – Алматы: Қазақ университеті, 2017. –

**ISBN**

Методическое пособие cодержит описание лабораторных работ, охватывающих основные свойства вяжущих материалов. Каждая работа включает теоретическое обоснование, цель работы, методику выполнения эксперимента и контрольные вопросы для сдачи работ.

Предназначено для студентов химических, технических и строительных университетов.

Содержание

[Введение 5](#_Toc479192985)

[Техника безопасности при работе в химической лаборатории 6](#_Toc479192986)

[Лабораторная работа № 1 8](#_Toc479192987)

[Определение истинной плотности материала 8](#_Toc479192988)

[Лабораторная работа №2 11](#_Toc479192989)

[Определение нормальной густоты гипсового теста 11](#_Toc479192990)

[Лабораторная работа №3 15](#_Toc479192991)

[Определение сроков схватывания гипсового теста 15](#_Toc479192992)

[Лабораторная работа №4 18](#_Toc479192993)

[Определение прочности гипса при сжатии и изгибе 18](#_Toc479192994)

[Лабораторная работа №5 20](#_Toc479192995)

[Определение тонкости помола строительной извести 20](#_Toc479192996)

[Лабораторная работа №6 22](#_Toc479192997)

[Определение влажности гидратной извести 22](#_Toc479192998)

[Лабораторная работа №7 24](#_Toc479192999)

[Определение скорости гашения извести 24](#_Toc479193000)

[Лабораторная работа №8 28](#_Toc479193001)

[Определение предела прочности при сжатии гидравлической извести 28](#_Toc479193002)

[Лабораторная работа № 9 31](#_Toc479193003)

[Расчет сырьевой смеси для производства портландцементного 31](#_Toc479193004)

[клинкера 31](#_Toc479193005)

[Лабораторная работа № 10 33](#_Toc479193006)

[Определение марки цемента 33](#_Toc479193007)

[Лабораторная работа №11 40](#_Toc479193008)

[Расчет состава легкого бетона 40](#_Toc479193009)

[Лабораторная работа № 12 44](#_Toc479193010)

[Получение стекла 44](#_Toc479193011)

[Лабораторная работа № 13 47](#_Toc479193012)

[Определение содержания в извести активных СаО + МgО. 47](#_Toc479193013)

[Лабораторная работа № 14 49](#_Toc479193014)

[Определение содержания в извести непогасившихся зерен. 49](#_Toc479193015)

[Лабораторная работа № 15 51](#_Toc479193016)

[Определение химической устойчивости стекол 51](#_Toc479193017)

[Литература 55](#_Toc479193018)

[ПРИЛОЖЕНИЯ 56](#_Toc479193019)

#

# Введение

Жизнь людей тесно связана со строительными материалами, что не удивительно, так как в их основе лежит самое распространённое в природе сырьё. Одно из основных мест среди строительных материалов занимают вяжущие вещества, которые являются основой современного строительства и применяются для соединения в одну монолитную массу отдельных составных частей здания, для штукатурных и отделочных работ, а также для изготовления строительных конструкций и деталей, непосредственно на объекте или заводе.

Содержание в земной коре кремнезёма составляет 12% и плюс к этому ещё 75% SiO2 входит в состав алюмосиликатов. В природе семейство силикатов насчитывает более 500 видов минералов. К этому перечню человек добавил существенное количество новых искусственно синтезированных минералов.

В настоящее время из тугоплавких неметаллических и силикатных материалов представлены сотни тысяч продуктов и изделий. Они используются в промышленности, строительстве, быту, науке.

Только глубокое и всестороннее знание свойств этих материалов позволяет рационально и в техническом, и в экономическом отношениях выбрать материал для конкретных условий использования.

Лабораторные работы по дисциплине «Технология вяжущих материалов» являются одной из важных составляющих процесса изучения вяжущих материалов, без которых обучение этому предмету будет неполноценным. Лабораторный практикум способствует развитию у студентов аналитического ума, наблюдательности и творческих способностей. Выполняя лабораторные работы по дисциплине «Технология вяжущих материалов», студент приобретает практические навыки для изготовления минеральных, известковых вяжущих, бетонных смесей и цементных растворов с различными физико-химическими характеристиками.

Перед выполнением лабораторной работы студенту необходимо изучить предшествующий работе теоретический материал. Важно обладать теоретическими знаниями по предмету, перед тем, как приступать к лабораторной работе. Знание теории также позволит подтверждаться теоретическим знаниям и формулировать правильные выводы.

Каждая лабораторная работа состоит из поставленной преподавателем цели и задания. А порядок выполнения работы, практические результаты и выводы являются основными структурными компонентами лабораторной работы.

# Техника безопасности при работе в химической лаборатории

Основное требование к студенту при подготовке к проведению лабораторной работы – осмысленное усвоение материала и понимание практической задачи, которую он должен решить, поскольку выполнению лабораторной работы предшествует усвоение некоторого теоретического материала. Следующее требование – четкость, собранность, внимание и аккуратность при выполнении лабораторной работы.

Химическая лаборатория снабжена необходимыми приборами и оборудованием. В каждой лаборатории находится вытяжной шкаф, в котором проводят работы с использованием сильно пахнущих или ядовитых соединений, а также обжиг различных веществ.

Химическая лаборатория оборудована специальными лабораторными столами, на которых размещены реактивы, необходимая посуда и приборы. К лабораторным столам подведены ток, вода. За каждым студентом в лаборатории закрепляется рабочее место, которое должно содержаться в порядке и не загромождаться предметами, не имеющими отношения к проведению работы. Каждый студент должен иметь для работы в лаборатории специальный халат.

При работе в химической лаборатории необходимо соблюдать следующие правила:

* все опыты с ядовитыми и пахнущими веществами, с концентрированными растворами кислот и щелочей, а также нагревание и выпаривание растворов производить только в вытяжном шкафу;
* определять запах газообразного вещества следует, не вдыхая пары полной грудью, а направляя их к себе движением рук;
* при обращении с неизвестными веществами необходимо проявлять повышенную осторожность, ни в коем случае нельзя пробовать вещество на вкус;
* химические реактивы брать только шпателем, пинцетом или ложечкой (не руками!);
* неизрасходованные реактивы не высыпать и не выливать обратно в те сосуды, откуда они были взяты;
* работу с твердыми щелочами проводить только в защитных очках и перчатках;
* жидкости переливать через химические воронки. Склянку, из которой переливают жидкость, необходимо держать этикеткой к руке, во избежание ее порчи;
* нельзя наклоняться над сосудом, в котором происходит нагревание или кипячение жидкости;
* при разбавлении концентрированных кислот и щелочей небольшими порциями приливать кислоту (или концентрированный раствор щелочи) в воду, а не наоборот;
* огнеопасные вещества такие, как водород, светильный газ, бензин, эфир и др. нужно держать подальше от огня;
* опасные продукты реакции сливать только в соответствующие банки в вытяжном шкафу;
* в химической лаборатории имеется аптечка, надо уметь оказывать первую помощь, если необходимо.
* в целях противопожарной безопасности химическая лаборатория снабжена огнетушителями, ящиками с песком, асбестовыми одеялами.
* со всеми возникающими вопросами сразу же обращаться к преподавателю.

#

# Лабораторная работа № 1

# Определение истинной плотности материала

**Цель работы:** ознакомиться с сущностью понятий «плотность истинная» и «плотность средняя» и методами их определения для образцов правильной и неправильной геометрической формы.

Физическое состояние строительных материалов достаточно полно характеризуется средней и истинной плотностью, а также пористостью.

Средняя плотность ρ0 (г/см3, кг/м3) – масса единицы объема материала в естественном состоянии. Среднюю плотность вычисляют путем деления массы образца m, г (кг), на его геометрический объем V, см3.

*ρ0=m/V*

При изменении температуры и влажности среды, окружающей материал, меняется его влажность, а, следовательно, и средняя плотность. Поэтому показатель средней плотности определяют после предварительной сушки материала до постоянной массы или вычисляют по формуле:

*ρ0*$=\frac{ρω}{(1+W)}$

где ρwи ρ0средняя плотность влажного и сухого материала; W – количество воды в материале (доля от его массы).

Метод определения средней плотности зависит от формы образца материала.

Насыпной плотностью называется отношение массы материала в свободном рыхло насыпанном состоянии к его объему. Определение насыпной плотности сыпучих материалов производят засыпкой их в предварительно взвешенный мерный цилиндр с высоты 10 см через воронку или без нее. Объем материала определяют по объему цилиндра. Воронка обеспечивает равномерное заполнение мерного цилиндра материалом. Образовавшуюся (без уплотнения) над краями цилиндра горку материала срезают ножом или линейкой. После этого цилиндр с материалом взвешивают. Насыпную плотность материала рассчитывают по формуле:



где m1- масса пустого мерного цилиндра; m2- масса цилиндра, заполненного испытываемым материалом; V – объем мерного цилиндра.

Истинной плотностью ρ (г/см3, кг/м3) называют массу единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии без учета имеющихся в нем пор.

Для определения абсолютного объема образцы измельчают в порошок до полного прохождения через сито с размером отверстий 0,2 мм. (Считается, что каждое отдельное зерно такого размера не содержит внутренних пор.)

Истинную плотность определяют в приборе Ле-Шателье – Кандло. Прибор представляет собой стеклянную колбу с узкой трубкой, имеющей шарообразное уширение в средней части. На трубке ниже уровня уширения имеется черта; верхняя часть трубки градуирована делениями и заканчивается воронкой.

Объем трубки между нижней чертой и нижним делением градуированной части равен 20 см3. Прибор заполняют дистиллированной водой до уровня нижней черты, уровень устанавливают по нижнему мениску, затем взвешивают сухой измельченный образец массой m1, г. Порошок всыпают в прибор до тех пор, пока уровень воды в приборе не поднимется до нижнего деления градуированной части. Тогда абсолютный объем порошка, засыпанного в прибор, равен объему вытесненной воды – 20 см3. Остаток порошка взвешивают и подсчитывают массу порошка, всыпанного в прибор, по формуле:

*m = m1-m2*

Истинную плотность вычисляют по формуле:



Часто плотность материалов относят к плотности воды при температуре равной 4 0C, равной 1 г/см3 , и тогда определяемая плотность становится безразмерной величиной, которую называют относительной плотностью d.

Большинство строительных материалов имеет поры, поэтому истинная плотность у них всегда больше средней. Лишь у плотных материалов (сталь, стекло) истинная и средняя плотность практически равны, так как объем внутренних пор у этих материалов ничтожно мал

**Оборудование и реактивы:** технические весы грузоподъемностью 0,5 кг; стаканчик или фарфоровая чашка для взвешивания; прибор Ле-Шателье; стеклянный со­суд с водой; песчаная или водяная баня; су­шильный шкаф; эксикатор; концентрированная серная кислота; хлорид кальция; фарфоровая ступка с пестиком; сито № 02, инертное к испытуемым материалам (дистиллированная вода, безводный керосин); фильтро­вальная бумага.

**Порядок выполнения работы:** От измельченной пробы берут навеску массой 10 г, высыпают ее в чистый прибор Ле-Шателье (рисунок 1.1). Прибор Ле-Шателье с навеской заполняют на половину дистиллированной водой и в наклонном положении ставят на песчаную баню. Удаляют из навески материала воздух кипячением в течение 15-20 минут. После кипячения прибор Ле-Шателье с содержимым охлаждают до комнатной температуры. Пикнометр тщательно вытирают снаружи фильтровальной бумагой, доливают до метки дистиллированную воду и взвешивают с погрешностью 0,01 г, определяя массу прибора Ле-Шателье с водой и навеской.



Рисунок 1.1 – Прибор Ле-Шателье

Затем вынимают содержимое из прибора Ле-Шателье, промывают, заполняют до метки дистиллированной водой комнатной температуры и вновь взвешивают с погрешностью 0,01 г, определяя массу прибора Ле-Шателье с водой.

Результаты определения истинной плотности материала заносят в таблицу 1.1 и сравнивают результаты исследования с данными таблицы 1.2.

Таблица 1.1 - Результаты определения истинной плотности материала

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название материала | m, г | M1, г | Mср , г | VA, см3 | ρ,г/см3 | ρг/см3 |
|  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 1.2 – Истинная и нормальная плотности строительных материалов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| материал | Истинная плотность, г/см3 | Нормальная плотность, г/см3 |
| Гранит | 2800-2900 | 2600-2700 |
| Керамический кирпич | 2600-2800 | 1600-1900 |
| Песок | 2500-2700 | 1400-1600 |
| Дерево берёзы | 1500-1600 | 450-600 |
| Сталь | 7850-7900 | 7800-7850 |
| Гипс строительный | 2600-2700 | 1250-1450 |
| Портландцемент | 3050-3150 | 1400-1700 |
| Цемент | 3000-3100 | 300-1300 |
| Бетон тяжелый | 2600-2900 | 1800-2500 |

**Контрольные вопросы:**

1. Истинная и средняя плотность материалов. Методы определения.
2. Как определить сроки схватывания гипсового вяжущего?
3. Как определить нормальную густоту гипсового теста?
4. Чем замедляют время схватывания гипса?
5. Как определяют тесто нормальной густоты у гипсового вяжущего? Зачем?
6. В каких условиях должен твердеть гипсовый камень?
7. Определить истинную плотность твердого вещества цилиндрического образца горной породы диаметром и высотой 4 см, масса которого в сухом состоянии 145 г.
8. Масса образца камня в сухом состоянии 50 г. Определите массу образца после насыщения его водой, а также истинную плотность твердого вещества камня, если известно, что водонасыщение по объему равно 18%, пористость камня - 25%, средняя плотность - 1800 кг/м³
9. Номинальный состав бетона по объему при проектировании оказался 1 : 2,5 : 3,1; В/Ц = 0,45. Определите количество составляющих материалов на 145 м³ бетона, если на 1 м³ его расходуется 310 кг цемента, а влажность песка и гравия в момент приготовления бетонной смеси была соответственно равна 5,0 и 3,0%. Плотность цемента в насыпном состоянии - 1,3 г/см³.

# Лабораторная работа №2

# Определение нормальной густоты гипсового теста

**Цель работы:** освоение методов изучения свойств строительного гипса и изучение влияния различных факторов (В/Г-отношения, добавок, условий) на физико-механические свойства гипса.

Гипсовые вяжущие материалы представляют собой воздушные вяжущие, получаемые путем тепловой обработки гипсового сырья и помола до или после этой обработки. Сырьем для получения гипсовых вяжущих веществ являются природный гипсовый камень (CaSO4⋅2H2O) и ангидрит (CaSO4). Как правило, они встречаются одновременно. В зависимости от количества примесей исходное сырье делится на 3 сорта, по содержаниюCaSO4:

I — CaSO4 95%;

II — CaSO4 90%;

III — CaSO4 85%.

Плотность CaSO4⋅2H2O — ρ=2,2÷2,4 г/см3; CaSO4 — ρ=2,9÷3,1 г/см3.

В результате температурной обработки (дегидратации) CaSO4⋅2H2O получается две модификации гипсовых вяжущих веществ: β и α. К β-модификации относится строительный и формовочный полуводный гипс (CaSO4⋅0,5H2O) с водопотребностью 50-70 %. К α-модификации относится высокопрочный гипс (CaSO4) с водопоглощением 35-45 %.

По условиям обжига, а также по скорости схватывания и твердения гипсовые вяжущие вещества делятся на две группы:

* низкообжиговые (140-170°) — быстросхватывающие и быстротвердеющие, состоящие из полуводного сульфата кальция (CaSO4⋅0,5H2O). К ним относятся гипс строительный, формосрочный и высокопрочный;
* высокообжиговые (800-1000°) — медленно схватывающие и медленно твердеющие, в состав которых входит безводный сульфат кальция (CaSO4). Сюда относятся ангидритовый цемент и высокообжиговый гипс (экстрихгипс).

Процесс твердения гипса, в соответствии с теорией Байкова, можно представить следующим образом: при твердении гипса в первый период происходит растворение полуводного гипса с поверхности частиц и образование насыщенного раствора.

В период коллоидации происходит химическое взаимодействие воды с твердым полуводным гипсом на поверхности частиц и образование двуводного гипса по реакции:

*CaSO4⋅ 0,5H2O + 1,5H2O= CaSO4⋅2H2O*

Образующийся двуводный гипс не способен растворяться в насыщенном растворе полуводного гипса и выделяется в коллоидном состоянии в виде геля. В этот период происходит загустевание (схватывание) гипсового теста.

В период кристаллизации образовавшийся гель двуводного гипса постоянно превращается в кристаллические сростки — происходит твердение гипсового теста.

В зависимости от предела прочности на сжатие различают следующие марки гипсовых вяжущих веществ (таблица 2.1).

Таблица 2.1- Марка гипсовых вяжущих веществ в зависимости от предела прочности на сжатие

|  |  |
| --- | --- |
| Марка вяжущего | Предел прочности образцов-балочек размерами 40х40х160 мм в возрасте 2 ч, МПа |
| при сжатии | при изгибе |
| Г-2Г-3Г-4Г-5Г-6Г-7Г-10Г-13Г-16Г-19Г-22Г-25 | 234567101316192225 | 1,21,82,02,53,03,54,55,56,06,57,08,0 |

В зависимости от сроков схватывания различают виды гипсовых вяжущих, приведенные в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Виды гипсовых вяжущих в зависимости от сроков схватывания

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид вяжущего | Индекс сроков твердения | Сроки схватывания, мин. |
| начало(не ранее) | конец(не позднее) |
| БыстротвердеющийНормально твердеющийМедленно твердеющий | АБВ | 2620 | 1530не нормируются |

В зависимости от степени помола различают виды гипсовых вяжущих, приведенные в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Виды гипсовых вяжущих в зависимости от степени помола.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид вяжущего | Индекс степени помола | Максимальный остаток на сите с размерами ячеек в свету 0,2 мм, % (не более) |
| Грубого помолаСреднего помолаТонкого помола | IIIIII | 23142 |

Маркировка гипсового вяжущего вещества дает информацию о его основных свойствах. Например, Г-5-А-II обозначает: гипсовое вяжущее вещество марки 5 быстротвердеющее, среднего помола.

**Оборудование и реактивы:**Стекло 20×20; куб 20×20 см, завернутый в бумагу; цилиндр из латуни диаметром 50 мм и высотой 100 мм; сферическая чашка диаметром 400 мм и высотой 100 мм; мешалка для перемешивания теста; мерный цилиндр 250 мл; технические весы; шпатель или нож; мягкая ткань; сито №085.

**Порядок выполнения работы:**

Прибор Суттарда состоит из медного или латунного цилиндра с внутренним диаметром 5 см и высотой около 10 см и стеклянного диска диаметром 20 см. На стекло наносится ряд концентрических окружностей диаметром 6-22 см.

Гипсовое тесто готовят из гипса массой 300 г и 50-70% воды. Гипс добавляются к воде и быстро размешивают до однородной массы в течение 30 сек. Затем массу быстро выливают в цилиндр Суттарда, смоченный водой и установленный в центре стеклянной пластинки (рисунок 2.1 (а)). Поверхность гипса сравнивают с краями цилиндра ножом. Через 45 сек., считая от начала добавления гипса в воду, цилиндр резким движением поднимают строго вверх. При этом тесто разливается на стекло в конусообразную лепешку (рисунок 2.1 (б)). Если диаметр лепешки будет меньше 180 мм, необходимо повторить опыт, увеличив количество воды затворения; если диаметр получился больше 180 мм, повторение делают при меньшем количестве воды до тех пор, пока не будет получен средний диаметр, равный 180 мм.



Рисунок 2.1 – Схема прибора Суттарда для определения нормальной густоты гипсового теста.

а – общий вид прибора; б – расплыв лепешки из гипсового теста;

1 – латунный цилиндр; 2 – стеклянная пластинка с концентрическими окружностями; 3 – недостаточный расплыв гипсового теста

После проведения эксперимента необходимо посчитать водогипсовое соотношение (В/Г) при нормальной густоте теста, определить количество свободной воды как разность между водопотребностью гипсаи количеством воды, необходимым для химической реакцииполуводного гипса – 18,6%. Свободная вода (разность между этими количествами воды) обеспечивает однородное перемешивание, удобоформуемость и формирует капиллярную систему гипсового камня. Нормальной густотой гипсового теста (НГ) называется процентное содержание воды, приходящееся на 100 г гипса, когда расплыв лепешки на приборе Суттарда равен около 18 см.

**Контрольные вопросы:**

1. С помощью каких приборов определяют нормальную густоту гипсового теста и его сроки схватывания?
2. Что называют началом и концом схватывания гипсового теста?
3. Напишите уравнения химических реакций получения строительного гипса и его твердения.
4. В течение какого времени должны наступать начало и конец схватывания гипсового теста по ГОСТ 125-79?
5. Вычислите массу полуводного гипса CaSO4 . 0,5H2O, полученного после термической обработки 10 т гипсового камня CaSO4 2H2O.
6. Вычислите массу всей связанной воды при полной гидратации 1 т полуводного гипса.
7. Вычислите (в процентах) долю связанной воды в строительном гипсе.

# Лабораторная работа №3

# Определение сроков схватывания гипсового теста

**Цель работы:** определить временной интервал уменьшения пластичности гипсового теста.

При взаимодействии гипсового вяжущего с водой происходит постепенное уменьшение пластичности гипсового теста, оно загустевает и уплотняется, это соответствует началу процесса схватывания гипсового теста. Со временем гипсовая масса теряет свою пластичность полностью, становится практически неподвижной и еще более уплотняется и упрочняется, это соответствует концу процесса схватывания гипсового теста.

Сроки схватывания гипсового вяжущего зависят от нескольких факторов, наиболее важные из которых: вид вяжущего вещества, водогипсовое отношение, тонина помола и др. Сроки схватывания гипсового вяжущего определяются на приборе Вика.

**Оборудование и реактивы:** Средний образец исследуемого гипса; все нужные установки и материалы для определения нормальной густоты гипсового теста; прибор Вика; секундомер

**Порядок выполнения работы:** Сущность метода состоит в определении времени от начала контакта гипсового вяжущего с водой до начала и конца схватывания теста. Сроки схватывания гипсового теста определяют при помощи прибора Вика (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 - Прибор Вика

1- цилиндрический металлический стержень; 2- обойма ста­нины; 3- стопорное устройство; 4- указатель; 5- шкала; 6- пестик; 7- игла

Игла прибора Вика должна быть изготовлена из твердой нержавеющей стальной проволоки с полированной поверхностью и не должна иметь искривлений. Диаметр иглы 1,1±0,02 мм. Высота рабочей части 50 мм.

Коническое кольцо (рисунок 3.2), предварительно протертое и смазанное минеральным маслом и установленное на полированную пластинку, заполняют тестом.



Рисунок 3.2 - Коническое кольцо

Для удаления попавшего в тесто воздуха, кольцо с пластинкой 4-5 раз встряхивают путем поднятия и опускания одной из сторон пластинки примерно на 10 мм. После этого излишки теста срезают линейкой и заполненную форму на пластинке устанавливают на основании прибора Вика.

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

Начало схватывания определяют числом минут, истекших от момента добавления вяжущего к воде до момента, когда свободно опущенная игла после погружения в тесто первый раз не доходит до поверхности пластинки, а конец схватывания - когда свободно опущенная игла погружается на глубину не более 1 мм. Время начала и конца схватывания выражают числом минут.

Для приготовления гипсового теста нормальной густоты, 200 г гипса всыпают в воду и тщательно перемешивают в течение 30 сек. После чего смесь выливают в кольцо, смазанное машинным маслом. Затем кольцо помещают под иглу прибора Вика. Игла опускается через каждые 30 сек., каждый раз в новое место. После каждого погружения иглу нужно тщательно вытирать. Следует отметить два момента: первый, когда игла приближается ко дну, и второй, когда она входит в гипсовое тесто не более, чем на 1,0 мм.

Время от начала затворения гипсового теста до первого момента считается началом схватывания, а время от начала затворения гипсового теста до второго момента, когда игла входит в тесто не более, чем на 1,0 мм – концом схватывания.

Чтобы регулировать сроки схватывания гипса в смесь добавляют различные добавки до 2% от веса гипса. К таким добавкам относят буру, ССВ, казеиновый клей, молотую известь-кипелку, хлорид натрия и др. По указанию преподавателя в гипсовое тесто вносят одну из добавок и повторяют испытание

Время от начала затворения гипсового теста до конца кристаллизации определяется с помощью устройства, состоящего из фарфорового стакана, вставленного в сосуд, пространство между которыми изолируется асбестом или стекловатой. Берется навеска гипса в 100 г и высыпается в чашку с водой, взятой в количестве, соответствующем нормальной густоте гипсового теста, и тщательно перемешивается в течение 30 сек. Затем часть массы (не менее 30 г) переносится в фарфоровый стакан. Стакан плотно закрывается пробкой, в которую вставлен ртутный термометр. Чтобы избежать прилипания гипса, ртутный шарик термометра смазывают вазелином. Затем с помощью термометра непрерывно наблюдают за повышением температуры гипса, фиксируя его показания через каждые 30 сек. до тех пор, пока температура гипса не начнет снижаться, что будет указывать на окончание кристаллизации гипса.

По результатам эксперимента заполняют таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Время и интервал схватывания гипсового теста

|  |  |
| --- | --- |
| Начало затворения |  |
| Начало схватывания |  |
| Конец схватывания |  |

**Контрольные вопросы:**

1. На какие классы делятся гипсовые вяжущие веществ.
2. Как определяют густоту гипсового теста?
3. Как определяют прочность гипса?
4. В чем заключается сущность процесса твердения гипса ?
5. Вычислите, сколько получится строительного гипса после термической обработки 10 т гипсового камня. Содержание примесей в гипсовом камне – 8%, а естественная влажность – 5%.
6. Масса сухого известняка - 300 г, а после насыщения водой - 308 г. Средняя плотность известняка - 2450 кг/м³. Вычислите водопоглощение по массе и объему.
7. Номинальный состав бетона по объему при проектировании оказался 1 : 2,5 : 3,1; В/Ц = 0,45. Определите количество составляющих материалов на 145 м³ бетона, если на 1 м³ его расходуется 310 кг цемента, а влажность песка и гравия в момент приготовления бетонной смеси была соответственно равна 5,0 и 3,0%. Плотность цемента в насыпном состоянии - 1,3 г/см³.

# Лабораторная работа №4

# Определение прочности гипса при сжатии и изгибе

**Цель работы:** определить влияние деформации, в частности сжатия и изгиба, на прочность гипса.

Прочность при сжатии — механическое свойство, обычно применяемое для оценки прочности гипса. Эти показатели приведены в Таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Прочность при сжатии некоторых типов гипса

|  |  |
| --- | --- |
| Тип гипса | Прочность (МПа) |
| Обычный или медицинский гипс | 12 |
| Высокопрочный гипс | 30 |
| Супергипс | 40 |

На прочность при сжатии существенно влияет соотношение порошок-жидкость. Из вышеприведенных данных ясно, что уменьшение количества воды, необходимого для приготовления приемлемой гипсовой смеси, существенно повышает прочность изделия при сжатии. Таким образом, на прочность при сжатии затвердевшего гипса влияет отклонение от рекомендуемого соотношения порошок-жидкость. Преимущество применения излишнего количества воды в том, что смесь получается гомогенной или однородной и легко заливается. Воздух, попадающий в смесь при ее замешивании, легче удаляется из жидкой смеси высокопрочного и супергипса при вибрации, но при этом прочность при сжатии снижается. С другой стороны, рекомендуемое меньшее количество воды приводит к получению слишком густой смеси, из которой труднее удалить пузырьки воздуха, что влечет за собой увеличение пористости и значительное снижение прочности. Также существует опасность недостатка воды для полного прохождения реакции затвердевания.  Таким образом, использование меньшего количества воды способно повышать прочность при сжатии, но при малом количестве воды наблюдается ухудшение качества материала. Существует явное различие в прочности гипса во влажном и сухом состоянии. В основном, в сухом состоянии прочность примерно в два раза выше, чем во влажном состоянии. Прочность при растяжении Прочность при растяжении обычного гипса во влажном состоянии очень низкая (примерно 2 МПа). Это обусловлено пористой и хрупкой природой гипса, в результате чего зубы и края на гипсовой модели могут легко повреждаться при грубом обращении.
 **Оборудование и реактивы:** металлическая форма 40х40х160 мм для изготовления образцов-балочек, металлическая чаша с ручной мешалкой, - гидравлический пресс мощностью 10т, прибор для определения прочности на сжатие, состоящий из двух металлических нажимных пластин,- мерный цилиндр вместимостью 1 л, - гипс строительный 1000-1200 г, вода.

**Порядок выполнения работы:** Внутреннюю поверхность формы для изготовления образцов-балочек смазывают минеральным маслом. Взвешивают 1-1,2 кг гипса, цилиндром отмеряют воду, необходимую для приготовления теста нормальной густоты, чашу для затворения протирают влажной тканью. Воду выливают в чашу для затворения. Затем гипс в течение 5-20 сек. засыпают в чашку с водой и перемешивают ручной мешалкой в течение 60 сек. до получения однородной массы. При изготовлении образцов отсеки формы наполняют одновременно, для чего чашку с гипсовым тестом равномерно продвигают над формой. Для удаления вовлеченного воздуха, после заливки форму встряхивают 5 раз, для чего ее поднимают за торцевую сторону на высоту около 10 мм и отпускают. Через 15±5 мин. после конца схватывания образцы извлекают из формы и осматривают. Грани образцов-балочек, прилегающих к плитам пресса, должны быть параллельны и не должны иметь отклонения от плоскости более чем на 0,5 мм. Если на гранях образцов будут обнаружены дефекты, то такие образцы к испытанию не принимают. Через 2 ч после затворения теста три образца испытывают на изгиб.

Предел прочности при сжатии образца определяют как частное от деления величины разрушающей нагрузки на рабочую площадь пластины, равную 25 см2.

После проведения лабораторных работ регистрируют экспериментальные данные в таблице 5.2 и делают выводы о соответствии гипсовых образцов ГОСТ 125-79 (СТ СЭВ 826-77).

Таблица 5.2 - Определение предела прочности гипса при сжатии

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Площадь сечения, м2 | Разрушающая нагрузка, Мн | Предел прочности при сжатии, МПа |
|  |  |  |

**Контрольные вопросы:**

1. В чем заключается сущность испытания прочности гипса при сжатии и изгибе?
2. По какой формуле определяют предел прочности при сжатии.
3. По какой формуле определяют предел прочности при изгибе.
4. Что используют для испытания гипсовых балочек на сжатие.
5. Через какое время испытывают гипсовые образцы на прочность?
6. Определите состав бетона с прочностью при сжатии Rсж = 200 кгс/см². Осадка конуса бетонной смеси 1 – 2 см. Материалы: портландцемент активностью Rц = 410 кгс/см² и 42 истинной плотностью 3,1 г/см³; песок средней крупности с истинной и средней плотностью соответственно 2,6 и 1,6 г/см³; щебень гранитный с истинной и средней плотностью 2,65 и 1,54 г/см³.
7. Вычислите расход материалов на 1 м³ бетонной смеси средняя плотность которой – 2360 кг/м³, а водоцементное отношение В/Ц = 0,42, если производственный состав бетона выражен массовым соотношением 1 : 2 : 4 (цемент : песок : щебень).

# Лабораторная работа №5

# Определение тонкости помола строительной извести

**Цель работы:** определить влияние тонкости помола сырьевых компонентов на качество строительной извести.

В [технологии вяжущих веществ](http://chem21.info/info/650853) обычно стремятся к весьма [тонкому измельчению](http://chem21.info/info/617902) сырьевых материалов и получаемых из них вяжущих. Так, при [производстве цемента](http://chem21.info/info/175673), [особенно высоких](http://chem21.info/info/330079) марок, а [также специального](http://chem21.info/info/1432989) быстротвердеющего [цемента исходные](http://chem21.info/info/1790056) материалы (известняк и глину) с большой тщательностью диспергируют, чтобы тем самым активизировать реакции, протекающие между ними при обжиге в печи. Кроме того, в [тонкий порошок](http://chem21.info/info/919111) размалывают и самый клинкер.

Тонкость [измельчения сырьевой](http://chem21.info/info/1887435) смеси является одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на скорость усвоения извести. Особенно [большое влияние](http://chem21.info/info/1598210) [дисперсности смеси](http://chem21.info/info/604018) на [скорость реакций](http://chem21.info/info/2823) проявляется в том случае, когда [исходные сырьевые](http://chem21.info/info/1825458) компоненты неоднородны по своему составу и крупнозернисты. При грубом помоле [компонентов некоторая](http://chem21.info/info/1455979) часть больших по размеру зерен не успевает полностью прореагировать в [процессе обжига](http://chem21.info/info/18005) и остается в клинкере в [свободном состоянии](http://chem21.info/info/128956). Достаточно реакционноспособными оказываются лишь зерна компонентов, имеющие [размер менее](http://chem21.info/info/1543067) 100—120 лгк. Практически от 3 до 10% сырьевой смеси [заводского изготовления](http://chem21.info/info/1542800) (производственные шламы) состоит из частиц таких или более значительных размеров, что в ряде случаев и служит одной из причин замедленного усвоения извести. Особое внимание должно обращаться на тонкость измельчения кварца и известняка, так как именно эти два компонента составляют основу грубых фракций сырьевых смесей. Глинистые компоненты высокодисперсны от природы (их удельная поверхность составляет 1 – 300 м2/г) и образование ими крупнозернистых агрегатов практически исключено. Лишь при применении в качестве глинистого компонента плотных сланцев отдельные, сильно окремнелые частички последних, могут оказаться недостаточно тонко измельченными.

Наличие в сырьевых смесях крупных зерен кремнеземнистого компонента приводит к образованию в клинкере зон, обогащенных белитом, что предопределяет неполноту усвоения извести в других зонах. Кристаллы белита в таких случаях располагаются вокруг реагирующего зерна SiO2 в виде колец, а зерна свободной извести образуют скопления – «гнезда».

Причиной замедленного усвоения извести при обжиге клинкера являются также и крупные зерна золы твердого топлива и шлака, используемого в качестве сырьевого компонента. Зола, не успевая за время обжига равномерно распределится по всей массе спекающегося клинкера, образует скопления, в пределах которых из-за недостатка извести образуются лишь кристаллы белита. Другие участки массы, наоборот, оказываются обогащенными известью.

**Оборудование и реактивы:**средний образец исследуемой извести; часовое стекло; технические весы; сушильный шкаф; фильтровальная бумага; набор сит (№02 и №008); стеклянная посуда с пробкой.

**Порядок выполнения работы:** Тонкость помола определяют просеиванием 50г высушенной порошкообразной извести сквозь сита с сетками №02 и №008. Просеивание считается законченным, когда в течение 1 мин скозь указанные сита проходит не более 0,1 г извести. Тонкость помола извести определяют как остаток на сетке 02 (Т02) и остаток на сетке 008 (Т008) в процентах от пер- воначальной массы просеиваемой пробы по формулам



 где G02 – масса остатка на сетке 02, г; G008 – масса остатка на сетке 008, г; G – масса пробы, взятой для просеивания, г.

Отвешивают остаток в сито, выражают в процентах, результаты измерения заполняют в таблицу. Результатом работы должно явиться определение сорта извести

Проведя лабораторные испытания строительной извести, следует определить ее качество в соответствии с техническими требованиями.

**Контрольные вопросы:**

1. Что называют тонкостью помола извести?
2. Что представляет собой воздушная известь?
3. Изложите методику определения скорости гашения извести?
4. Какая известь относится к быстрогасящейся?
5. В чем состоит методика определения содержания в извести непогасившихся зерен?
6. Каково содержание непогасившихся зерен в кальциевой извести?
7. Рассчитайте массу негашеной извести, получаемой при обжиге 10 т чистого известняка с влажностью 10%. (Отв. 5,04 т)
8. Вычислите массу чистого известняка с влажностью 5%, который по- требуется для получения 10 т негашеной извести.
9. Вычислите массу негашеной извести, которая получится при обжиге 10 т известняка, имеющего влажность 2% и содержащего 10% песчаных примесей.

# Лабораторная работа №6

# Определение влажности гидратной извести

**Цель работы:** определить показатель содержания воды гидратной извести.

Гидратная известь, пушонка – это высокодисперсный продукт с размером частиц порядка 5мкм, получаемый гашением комовой негашеной извести водой, взятой в количестве, достаточном для перевода оксидов в гидроксиды. По уравнению реакции гидратации оксида кальция для полного прохождения процесса достаточно 32,13% воды по отношению к массе оксида кальция. Однако в процессе гашения выделяется значительное количество теплоты и часть воды испаряется, поэтому на практике для гашения извести в пушонку берут около 70% воды. Гидратная известь состоит в основном из гидроксидов кальция и магния, содержит некоторое количество карбоната кальция и другие примеси.    Получают гидратную известь, как правило, на специальных предприятиях, хотя её можно получить и непосредственно на строительной площадке. Как показывает практика, известь, длительное время хранившаяся на складе, гасится очень медленно. Это объясняется тем, что при длительном хранении начинается самопроизвольное гашение извести за счет влаги воздуха, а затем карбонизация гидратированного слоя, который становится  малопроницаемым для воды.    Производство гидратной извести включает операции дробления, гашения, догашивания, отсева непогасившихся частиц и упаковку.    Дробление производится в молотковых или ударно-центробежных дробилках, где куски кипелки измельчаются до частиц размером 5-10 мм, что сокращает длительность гашения.    Гашение извести в пушонку производится в гасильных аппаратах — гидраторах периодического или непрерывного действия. Используются чашечные или барабанные гидраторы. Чашечный гидратор представляет собой вращающуюся чащу, внутри которой находятся неподвижные лопатки. При вращении чаши лопатки перемешивают известь. Процесс гашения длится 10-20 мин. Производительность гидратора – 4-5 т/ч. Для непрерывного гашения извести используют барабанный гидратор, состоящий из семи расположенных друг над другом барабанов. Внутри барабанов находятся валы с лопастями, интенсивно перемешивающие и передвигающие известь. Барабаны соединяют патрубками. Измельченная известь подаётся в верхний барабан, смачивается водой, перемешивается и передвигается к патрубку, по которому поступает в следующий барабан, и т. д. Совершая зигзагообразное движение, известь достаточно гидратируеся. Производительность аппарата – 5т/ч.    Высококальциевая известь достаточно полно гасится в гидраторах и сразу направляется на склад. Магнезиальные и доломитовые извести подаются на догашивание в силоса. Процесс догашивания происходит за счет влаги итеплоты самого материала и продолжается 1-2 сут.    После этого известь направляется на отсев непогасившихся частиц в воздушный сепаратор или сита. Непогасившиеся зёрна подвергают тонкому измельчению и подают в силоса на вторичное гашение. Готовую известь-пушонку упуковывают для транспортировки в многослойные бумажные мешки.

**Оборудование и реактивы:** средний образец исследуемой извести, бюкс, сушильный шкаф, эксикатор, аналитические весы, фильтр.

**Порядок выполнения работы:** Влажность гидратической извести обычно определяют в бюксе или в химическом стакане.Массу навески (10 г) помещают в бюкс с крышкой, предварительно высушенный до постоянной массы и сушат в сушильном шкафу при температуре 105—110° С. В сушильном шкафу должен находиться бюкс с натронной известью для улавливания СО2 воздуха. Во время сушки крышку бюкса приоткрывают. Через два часа бюкс плотно закрывают крышкой, извлекают из сушильного шкафа, охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Высушивание повторяют до постоянной массы.
Влажность извести W в процентах вычисляют по формуле
Разница влажного образца и сухого образца с бюксом дает влажность материала:

$W=\frac{G-G1}{G-G2}$ ×100%

где *G-* образец исследуемой вещи и масса бюкса, г.;

*G*1- самая маленькая масса бюкса и высушенного образца;

*G*2- масса бюкса, г.

**Контрольные вопросы:**

1. Воздушная известь: технология получения, технические свойства, область применения.
2. В чем принципиальная разница между влажностью и содержанием воды в гидратной извести?
3. С какой целью определяется равномерность изменения объема извести?
4. Масса известкового теста равна сумме масс гидратной извести и воды. Составьте два уравнения, учитывая, что объем известкового теста равен 1м3, а его масса 1400 кг. Выражая объем через массу, или наоборот, зная плотности, определить искомые величины.
5. Сколько получится негашеной и гидратной извести из 30 т известняка с содержанием активной СаО 85 % и естественной влажностью 8 %?
6. Определить выход сухой извести-кипелки из 20 т известняка, имеющего влажность 6 % и содержащего 5 % глинистых приме- сей. 163.
7. Сколько будет получено гидратной извести (пушонки) из 5 т кальциевой извести-кипелки, содержащей 88 % активной СаО, если влажность гидратной извести равна 3,5 %?

# Лабораторная работа №7

# Определение скорости гашения извести

**Цель работы:**определить и рассчитать скорость процесса гашения строительной извести.

Процесс гашения представляет собой взаимодействие извести с водой:

*СаО + Н2О ↔ Са(ОН)2*

При гашении извести выделяется значительное количество теплоты, составляющее 65 кДж/моль, или 1160 кДж на 1 кг оксида кальция. При этом температура гасящейся извести может достигать таких значений, при которых возможно не только кипение воды, но и возгорание дерева. Само название негашёной извести – известь-кипелка обусловлено способностью её выделять большое количество теплоты, вызывающей кипение воды.

Реакция гидратации оксида кальция обратимая. Её направление зависит от температуры и парциального давления водяных паров в окружающей среде. Упругость диссоциации гидроксида кальция достигает атмосферного давления при 547оС. Однако частичная дегидратация возможна и при более низких температурах (300-350оС) с образованием вторичного оксида кальция, обычно уплотнённого и плохо гасящегося в дальнейшем, поэтому для быстрого и полного гашения извести необходимо присутствие воды или насыщенных водяных паров.

Чем выше температура гашения извести (особенно паром) в гидратную известь-пушонку, тем крупнее и прочнее образующиеся агрегаты гидроксида кальция, почти не способные в дальнейшем в смеси с водой распадаться на тончайшие частички и давать высокопластичное тесто. При гашении извести в тесто целесообразно устанавливать температуру гасящейся массы в пределах 60-80оС с тем, чтобы, с одной стороны, не было перегрева материала, а с другой – процесс взаимодействия извести с водой протекал бы достаточно интенсивно и скоро. Перемешивание материала предотвращает возможное образование плёнок Са(ОН)2 на частицах оксида кальция и прекращение её гидратации. Воду нужно вводить в материал в полном объёме или отдельными дозами с тем, чтобы удерживать температуру массы в указанных пределах.

При гашении извести в порошок необходимо также избегать перегрева продукта выше 100оС, особенно при гашении высокоактивных быстрогасящихся видов извести.

Механизм взаимодействия оксида кальция с водой зависит от условий, в которых протекает реакция образования гидроксида кальция (свойства извести, агрегатное состояние воды – жидкость или пар, значение водоизвесткового отношения и др.).

Объём образующейся гидратной извести в 2-2,5 раза превышает объём исходной негашёной извести за счёт значительного увеличения размера пустот между отдельными частицами.

Теоретически для гашения извести необходимо 32,13% воды по массе СаО. Практически при гашении в порошок вводят в среднем 60-80% воды по массе извести-кипелки. Это обусловлено тем, что при гашении часть воды испаряется, а некоторое количество её (3-5%) расходуется на смачивание образующегося порошка гидроксида кальция.

При гашении извести в тесто расход воды увеличивают до 2-3 частей по массе на 1 часть извести-кипелки. При большем количестве воды получают известковое молоко, а при значительном избытке – известковую воду. Чем выше содержание в извести СаО, чем умереннее температура обжига, тем больше воды необходимо брать для гашения.

Оксид магния, полученный обжигом при 900-1000оС, относительно быстро взаимодействует с водой, переходя в Mg(OH)2. Пережжённый оксид магния при обычных условиях гашения не гидратируется и гасится лишь в измельчённом виде насыщенным паром в автоклавах под давлением 0,8-1,5 МПа.

В гашёную известь (пушонку или тесто) попадает часть силикатов, алюминатов и ферритов кальция. В строительных растворах и бетонах эти соединения со временем переходят в соответствующие гидраты, способствуя повышению прочности и водостойкости получаемых материалов.

Заметно ускоряют или замедляют скорость гашения извести некоторые вещества. В частности, гидратацию ускоряют, вводя в воду для гашения хлористые соли в количестве 0,2-1% (CaCl2, NaCl и др.). Сернокислые соли (гипс, Na2SO4 и др.), а также некоторые поверхностно-активные вещества замедляют скорость гашения.

Гидроксид кальция образуется обычно в виде гексагональных пластинок со слоистой кристаллической решёткой. При быстром процессе взаимодействия активной быстрогасящейся извести с водой Гидроксид кальция возникает в виде дисперсных частичек, склонных к образованию агрегатов. Известь высокого температурного обжига, относительно медленно реагирующая с водой, даёт более крупные кристаллы Са(ОН)2. Поверхность частичек гидрата заряжена положительно, что, несомненно, благоприятно для взаимодействия его с кварцем или другими кремнеземистыми веществами, поверхность частичек которых заряжена отрицательно.

Растворимость Са(ОН)2 в воде в некоторой мере зависит от величины кристаллов. Растворимость гидроксида кальция в присутствии солей NaCl, CaCl2, MgCl2 и т. д. несколько увеличивается; в присутствии же гипса, а также Na2SO4 она уменьшается.

В заводских условиях гидратную известь получают по следующей технологической схеме. Комовую негашёную известь со склада направляют в дробилку и измельчают до частиц размером не более 5-10 мм, а при большом содержании оксида магния – размером не более 3-5 мм. Для дробления извести применяют молотковые, а в последнее время ударно-центробежные дробилки, работающие в замкнутом цикле с ситами. При сильно пережжённой извести, полученной из прочного известняка, целесообразно использование конусных дробилок.

Известь в порошок гасят в специальных гасильных аппаратах (гидраторах) периодического и непрерывного действия. Гидраторы непрерывного действия более рациональны. В условиях интенсивного перемешивания с водой вначале образуется пластичная масса, которая постепенно в результате присоединения воды к оксиду кальция и её испарения рассыпается в подвижный горячий порошок.

Высококальциевые виды извести в гидраторе непрерывного действия обычно гасятся достаточно полно и сразу направляются на склад. Магнезиальные же и доломитовые извести подают в силосы для догашивания в течение 1-2 суток. После этого продукт направляют в воздушный сепаратор для отделения непогасившихся зёрен, которые подвергают тонкому измельчению и снова подают в силосы на вторичное гашение.

Насыпная плотность порошка гашёной извести 400-500 кг/м3. Гашёную известь (пушонку) поставляют потребителю в бумажных мешках или в контейнерах, а также в специальных вагонах, цементовозах.

На заводах силикатного кирпича молотую известь в смеси с песком иногда гасят во вращающихся барабанах паром под давлением 0,3-0,5 МПа. Обычно применяют барабаны вместимостью до 15 м3, вращающиеся с частотой 3-5 об/мин. Пар подают в барабан из котла. Процесс гашения занимает 30-40 минут (с загрузкой и выгрузкой материала). Такой способ обеспечивает полную гидратацию извести, даже с пережогом, в короткий срок.

**Оборудование и реактивы:** Термос емкостью 200 мл., термометр на 100 °С, технические весы, мерный цилиндр на 25 мл., секундомер.

 **Порядок выполнения работы:** Прибор для определения скорости гашения извести – калориметр, состоит из фарфорового стаканчика, вставленного в стеклянный стакан большего размера (рисунок 7.1). Пространство между стаканами и дном заполняют теплоизоляционным наполнителем. Фарфоровый стаканчик плотно закрывается крышкой или пробкой, в которую вставлен термометр.

Мерным цилиндром отмеривают 20 см3 воды с температурой 18 – 20°С и выливают в стаканчик, затем туда же засыпают 10 г комовой извести-кипелки и начинают отсчет времени. Смесь перемешивают термометром и закрывают крышкой или пробкой



Рисунок 7.1 - Прибор для определения скорости гашения извести.

1-термометр, 2-крышка, 3-внутренний стакан, 4-теплоизолирующая       прокладка, 5-наружний стакан.

Ртутный шарик термометра должен быть полностью погружен в реагирующую смесь. Интервал отсчета температуры реагирующей смеси начинают вести с момента добавления воды через минуту в течение заданного времени. Вначале температура повышается (что указывает на происходящий процесс гашения извести) и достигает максимума. Затем начинается понижение температуры. Это означает, что процесс гашения закончился. Наблюдения ведут до достижения наивысшей температуры, и начала падения ее и в течение первых 3-х минут. За скорость гашения принимается промежуток времени, выраженный в минутах от момента засыпания извести в воду до момента достижения наивысшей температуры.

По данным результатов эксперимента, на миллиметрованной бумаге выражают зависимость изменение температуры от времени гашения извести.

**Контрольные вопросы:**

1. К какому виду вяжущих относится известь воздушная? Из чего ее получают, при какой температуре обжигают?
2. Из какой горной породы получают известь, сколько примесей допускается? Напишите реакцию получения извести комовой и гидратной.
3. Как твердеет известь воздушная? Почему долго сохнет известково-песчаный раствор? Напишите реакцию.
4. Где применяют известь воздушную? В каких условиях получают изделия из известково-песчаных смесей?
5. Определить по массе и по объему количество известкового теста, содержащего 60 % воды и полученного из 3 кг извести- кипелки, активность которой 90 %. Плотность теста 1420 кг/ м3 .
6. Определить выход сухой извести-кипелки из 20 т известня- ка, имеющего влажность 6 % и содержащего 5 % глинистых приме- сей.
7. Сколько будет получено гидратной извести (пушонки) из 5 т кальциевой извести-кипелки, содержащей 88 % активной СаО, ес- ли влажность гидратной извести равна 3,5 %?

# Лабораторная работа №8

# Определение предела прочности при сжатии гидравлической извести

**Цель работы:** определить предел прочности при сжатии гидравлической извести.

Основная характеристика вяжущих веществ — прочность, которой оценивают марку вяжущего. Предел прочности при сжатии различных вяжущих находится в широком диапазоне: от 0,2 МПа у воздушной извести до 60 МПа и более у цементов.

Кроме прочности учитывают скорость твердения вяжущего, т. е. темп набора прочности. Различают два этапа твердения вяжущего — схватывание и собственно твердение. Момент, когда тесто вяжущего начинает загустевать и утрачивает пластичность, называют началом схватывания. Все технологические операции по приготовлению, транспортированию и укладке бетонной смеси и раствора производят до начала схватывания, пока масса еще не утратила пластичности. В этом важное практическое значение данного показателя.

Со временем вяжущее тесто окончательно загустевает и переходит в твердое камневидное тело. Период, характеризующий собственно твердение, у вяжущих веществ может быть различным. Наибольшей быстротой твердения отличаются гипсовые вяжущие: они твердеют за несколько часов. Цементы набирают марочную прочность через 28 суток.

Известковые вяжущие относятся к медленнотвердеющим.

Основными вяжущими в бетонах и строительных растворах служат цементы. Их подразделяют по следующим признакам: виду клинкера, вещественному составу, прочности, скорости твердения, срокам схватывания, специальным свойствам.

По виду клинкера различают цементы на основе портландцементного или глиноземистого клинкера.

По вещественному составу цементы на основе портландцементного клинкера подразделяют на следующие виды: портландцемент, портландцемент с добавками, шлакопортландцемент и пуццолановый портландцемент. Среди цементов на основе глиноземистого клинкера выделяют глиноземистый, высокоглиноземистый и гипсоглиноземистый цементы.

По прочности при твердении (маркам) различают цементы: высокопрочные — 500 и более; рядовые — 300 и 400; низкомарочные — ниже 300.

По скорости твердения цементы на основе портландцементного клинкера подразделяют следующим образом: нормально- и медленнотвердеющие (нормируется прочность, приобретаемая за 28 сут); быстротвердеющие (нормируется 3-суточная прочность, которая должна составлять не менее 55% 28-суточной прочности); особо быстротвердеющие (нормируется прочность, приобретаемая через 1 сутки или раньше).

В зависимости от сроков схватывания цементы бывают медленносхватывающиеся (начало схватывания более 2 ч); нормально схватывающиеся (начало схватывания в пределах от 45 мин до 2 ч); быстросхватывающиеся (менее 45 мин).

По специальным свойствам различают сульфатостойкие цементы; цементы с нормируемым тепловыделением (низко- или умеренно термичные); цементы с нормируемой деформацией при твердении (безусадочные, расширяющиеся, напрягающие); цементы с особыми декоративными свойствами (белый и цветные).

**Оборудование и реактивы:**средний образец гидравлической извести; полный набор формы для приготовления кубов; плита металлическая; емкость с гидравлическим зажимом; емкость для сохранения образцов в воде; технические весы; измерительный цилиндр; мешалка стандартная; металлическая пружина для уплотнения раствора в емкостях; песок; стол для встряхивания; форма для приготовления конуса; секундомер или часы; гидравлический зажим.

**Порядок выполнения работы:** Оставшиеся после испытания на изгиб шесть половинок-балочек сразу же испытывают на сжатие. Каждую половинку балочки помещают между пластинами размером 40 х 62,5 мм таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к продольным стенкам формы, находились на плоскостных стенках пластинок, а опоры пластинок плотно прилегали к. торцовой' гладкой стене образца, образец вместе с пластинами подвергается сжатию на прессе. Скорость увеличения нагрузки должна составлять 20 х 5 кг/см2 в сек. или 0,5 т в секунду общей нагрузки. Предел прочности при сжатии в кг/см2 отдельного образца вычисляется по формуле:

*Rсж=Р/S*

где: Р - разрушающая нагрузка, в кг; S - рабочая плоскость пластины в см2, т.е. 25 см2 .

Предел, прочности при сжатии образцов вычисляют как среднее арифметическое четырех образцов, получивших наибольшие результаты из шести испытуемых образцов.

Результаты испытания при определении предела прочности цемента при изгибе и сжатии записывают в таблицы 8.1 и 8.2.

Таблица 8.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ширина образца, см | Возраст образцов, сут | Высота образцов, см | Расстояние между опорами, см | Показание манометра А, кг | Разрушающая нагрузка, кг |
|  |  |  |  |  |  |

Таблица 8.2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ширина образца, см | Возраст образцов, сут | Высота образцов, см | Площадь, см2 | Показание манометра А, кг | Разрушающая нагрузка, кг | Предел прочности при сжатии, кг/см2 |
|  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое прочность материала?
2. Как определяется предел прочности при сжатии и изгибе?
3. Процессы, протекающие при твердении гашеной и негашеной извести.
4. Виды известковых вяжущих веществ.
5. Масса образца известняка в сухом состоянии – 290 г, а после насыщения водой – 308 г. Вычислить влажность известняка, если плотность его равна 2400 кг/м3 .
6. Рассчитать, сколько свободной извести Са(ОН)2 выделится при гидратации 10 кг портландцемента (без активных минеральных добавок), содержащего 54 % С3S, если гидролиз прошел на 65 %. Определить процентное отношение свободной извести к исходной массе цемента.
7. Как снизится прочность бетона на сжатие, если в производственных условиях не будет учтена влажность щебня 2 %, влажность песка 3 %. Лабораторный состав бетона следующий (кг/м3 ): Ц = 380, П = 610, Щ =1250, В = 190.
8. Сколько комовой извести можно получить при обжиге 100 т известняка, имеющего влажность 5 %, содержание глинистых и песчаных примесей по 10 %?

# Лабораторная работа № 9

# Расчет сырьевой смеси для производства портландцементного

# клинкера

 **Цель работы:** Рассчитать состав смеси по заданному значению коэффициента насыщения известью и силикатного модуля.

*Портландцемент* – гидравлическое вяжущее вещество, способное после затворения водой твердеть и набирать прочность, как на воздухе, так и в воде, получаемое совместным тонким измельчением портландцементного клинкера с необходимым количеством двуводного гипса (СаSO4·2H2O), замедляющего сроки схватывания портландцемента.

Измельченный клинкер после затворения водой схватывается в течение нескольких минут, что затрудняет изготовление изделий. Для замедления сроков схватывания до 3-5 ч в состав ПЦ вводят гипсовый камень СаSO4·2H2O или другие материалы, содержащие сульфат кальция (фосфогипс, борогипс, фторогипс и др.).

*Портландцементный клинкер* получают путем обжига сырьевой смеси, состоящей из кальциево-карбонатных (известняк, мел) и алюмосиликатных горных пород (глина) или из природных смесей (мергели) при соотношении 3:1 по массе, до спекания, т. е. частичного плавления сырьевой смеси при температуре 1450°С.

**Порядок расчета.**

*Расчет минералогического состава клинкера*

Определение минералогического состава клинкера расчетом производится по следующим формулам:

*CaO.SiO2 = 4,07(CaOобщ - CaOсв ) – [7,6(SiO2 – SiO2) + 6,7Al2O3 + 1,42Fe2O3]*

*2CaO.SiO2 = 8,6(SiO2 – SiO2) + 5,07Al2O3 + 1,07Fe2O3 – 3,07 (CaOобщ - CaOсв)*

*3CaO.Al2O3 = 2,65(Al2O3 – 0,64Fe2O3)*

*4CaO.Al2O3.Fe2O3 = 3,04Fe2O3*

*Расчет сырьевой смеси клинкера*

Расчет состава сырьевой смеси клинкера заключается в определении соотношения между исходными сырьевыми материалами, которое обеспечивает получение клинкера заданного минералогического состава. Эта задача решается расчетными или графическими методами (при помощи заранее разработанных диаграмм); в современной заводской практике расчетные методы получили основное применение.

Существуют различные методы расчета сырьевой смеси клинкера; однако сущность большинства их заключается в определении того максимального количества СаО, которое может химически связаться с кислотными окислами при обжиге клинкера, образуя клинкерные минералы.

Рассмотрим один из расчетных методов хорошо подтверждающийся практикой.

В зависимости от числа разновидностей материалов (компонентов), применяемых для составления сырьевой смеси требуемого химического состава, различают сырьевую смесь двухкомпонентную, трехкомпонентную и четырехкомпонентную.

При использовании для обжига клинкера твердого топлива расчет смеси не зависимо от числа исходных компонентов производят с учетом или без учета присадки к клинкеру золы топлива. Присадку золы учитывают в случае использования топлива высокой зольности, например, горючих сланцев, бурых углей, а также проектируя состав клинкера с высоким коэффициентом насыщения - быстротвердеющих, высокопрочных цементов.

Рассмотрим пример расчета двухкомпонентной сырьевой смеси (смеси с большим количеством компонентов рассчитывают аналогично). Расчет двухкомпонентной сырьевой смеси без учета присадки золы топлива производят по заданной величине коэффициента насыщения и при известном химическом составе каждого компонента (известняка и глины). Состав смеси характеризуется количеством весовых частей одного из компонентов, приходящихся на одну весовую часть другого компонента, так, если *х* вес. ч. первого компонента, приходится на 1 вес. ч. второго компонента, то потребное содержание основных окислов в двухкомпонентной сырьевой смеси может быть выражено следующими уравнениями:



где Сo, So, Аo и Fo - потребное процентное содержание основных оксидов (CaO; SiО2; А12О3 и Fe2О3) в сырьевой смеси, обеспечивающее получение клинкера с заданным коэффициентом насыщения.

Начальные буквы основных оксидов со значком 1 и 2 показывают их процентное содержание соответственно в первом или втором компоненте. Для определения величины *х* значения Сo, So, Аo и Fo подставляют в формулу коэффициента насыщения:

*KH = C0 – (1,65A0 + 0,35F0) / 2,8S0*

и решают относительно *х*, получая путем соответствующих преобразований расчетную формулу, устанавливающую, какое количество весовых частей первого компонента (*х*) требуется взять на 1 вес. ч. второго компонента, чтобы получить клинкер с заданным коэффициентом насыщения:



**Контрольные вопросы:**

1. К какому классу вяжущих по условиям твердения и эксплуатации относится портландцемент?
2. Основные стадии производства портландцемента.
3. Чем мокрый способ получения портландцемента отличается от сухого?
4. Какие минералы входят в состав портландцемента?
5. По каким показателям оценивают качество портландцемента?
6. Чем свойства пуццоланового портландцемента отличаются от свойств портландцемента?
7. Чем свойства шлакопортландцемента отличаются от свойств портландцемента?
8. С какой целью при помоле клинкера вводят гипс?
9. Чем клинкер отличается от портландцемента?

# Лабораторная работа № 10

# Определение марки цемента

**Цель работы:** Определить физико-технические характеристики (марку) цемента.

Цемент, как и любой другой строительный материал, различается по своим физико-техническим характеристикам в зависимости от того, в каких атмосферных условиях и при каких нагрузках предполагается его эксплуатация.
Сырьём для получения строительного цемента является глина и известняк в пропорции один к трем. Как вариант, используется готовое природное сырьё — камень мергель, который содержит и глину и известняк. После обжига смеси глины и известняка с добавкой воды получают клинкер, который представляет собой серо-зелёные гранулы. Клинкер охлаждается и складируется для корректировки состава, после чего измельчается с добавкой примерно 5% гипса. Чем тоньше помол клинкера тем скорее он твердеет и выше прочность, но ниже срок хранения.

Обычный портландцемент (ПЦ) получают травлением клинкера с добавлением 20% гидравлических примесей в виде шлака и золы. Портландцемент морозостоек и водостоек, применяется для строительных растворов и изготовления бетона и железобетонных изделий.

Шлакопортландцемент (ШПЦ) получают добавлением в измельченный клинкер 21 – 60% доменного шлака и 5% гипса. Этот вид еще более водостоек, жаростоек, но менее морозостоек. Медленнее схватывается и твердеет. Применяется для изготовления штукатурных и кладочных растворов, а так же для подземного и подводного бетонирования.

Гидрофобный цемент изготавливают путём тонкого измельчения портландцементного клинкера с гипсом и гидрофобизирующей добавкой. Этот цемент по отношению к обычному и шлакопортландцементу имеет меньшее водопоглощение, большую морозостойкость и водонепроницаемость. Гидрофобный цемент может долго находиться во влажной среде.

Портландцемент с наполнителями получают добавлением в измельченный клинкер молотого песка, известняка и доломит общим весом до 20-60%. Плюсы такого цемента: экономится клинкер, снижается деформативность бетона и растворов. Применяется для изготовления низкомарочных бетонов.

Быстротвердеющий портландцемент (БПЦ) получают добавлением активных добавок в измельчаемый клинкер. У такого цемента довольно высока скорость схватывания и твердения. Долго не хранится. Но идеален для изготовления сборного железобетона и монолитного строительства в зимнее время.

Для получения белого цемента используют каолин. Белый цемент характеризуется низкой морозостойкостью и применяется только в растворах и малярных составах. Цветной портландцемент получают добавлением пигментов в сырье или к измельчаемому клинкеру. Быстро схватывается, применяется в растворах и красках, в том числе красках для дорожной разметки.

Глинозёмистый цемент – получают обжигом известняка и бокситов. Быстро твердеет и высокопрочен. Начало схватывания — минимум 30 мин., конец схватывания — максимум 12 часов.

Расширяющийся цемент получают при добавлении в портландцемент гипса и высокоглинозёмистого шлака. Расширяется на 1%, быстро твердеет и водонепроницаем. Расширяющийся цемент применяется для заделки стыков железобетонных конструкций.

Основным показателем качества цемента является его марка, численно выражающая гарантированный предел прочности при сжатии образцов-балочек, изготовленных в стандартных условиях. Активность цемента характеризует фактическую прочность при сжатии конкретных образцов. Марку цемента устанавливают по показателям предела прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек размером 40х40х160 мм. Для определения прочностных характеристик цемента изготавливаются образцы-балочки размерами 40х40х160 мм из цементно-песчаного раствора, состоящего из одной весовой части цемента и трех весовых частей стандартного полифракционного песка для испытания цемента с размером зерен от 2,00 до 0,08 мм. Применение других песков, чтобы исключить их влияние на прочность образцов, не допускается.

Согласно ГОСТ цемент обозначается по двум признакам: способность выдерживать нагрузку и процентное соотношение к общему объёму цемента разнообразных добавок. Маркируют цемент по нагрузке, которую выдерживает опытный образец бетонного блока размером 4х4х16 см. Максимальную прочность цемента обозначают буквами М или ПЦ и цифрами. К примеру, М 500 обозначает, что данный цемент может выдержать нагрузку в 500 кг/см.

Процентное содержание добавок обозначается буквой Д. К примеру, цемент обозначенный Д20 содержит 20% добавок. Важно учитывать эту характеристику, так как добавки влияют на пластичность и прочность материала, что позволяет подобрать наиболее подходящую в данной ситуации марку цемента.

Оборудование и реактивы: мешалка лопастная или бегунковая для перемешивания цементного раствора; чаша и лопатка для перемешивания раствора; встряхивающий столик и форма-конус; штыковка металлическая диаметром 26 мм; формы разъемные для изготовления образцов-балочек; насадка к формам; вибрационная площадка для уплотнения цементного раствора в формах балочек; прибор для испытания на изгиб образцов-балочек; пресс с предельным усилием до 500 кН для определения предела прочности при сжатии половинок балочек; пластинки для передачи усилия на половинки образцов-балочек; пропарочная камера; весы технические с разновесами, цилиндр для отмеривания воды, нож; сосуд (ванна) с гидравлическим затвором для хранения изготовленных образцов; ванна для хранения образцов-балочек в воде, кварцевый песок; цемент.

**Порядок выполнения работы:**

*1. Приготовление раствора и определение его консистенции.*

Для определения прочностных характеристик цемента изготавливают образцы из цементного раствора в соотношении 1:3 (Ц:П) по массе. Водоцементное отношение при этом должно быть не менее 0,40 (В/Ц = 0,40), а консистенция раствора, определяемая на специальном приборе по расплыву конуса, - не менее 106 мм. Консистенция растворной смеси определяется количеством воды в ее составе. Консистенция раствора также зависит от размера зерен песка и содержания в нем примесей, поэтому для изготовления цементного раствора применяют стандартный полифракционный песок для испытания цемента – кварцевый природный песок с размером зерен от 0,08 до 2,0 мм и постоянным зерновым составом. Для определения консистенции цементного раствора отвешивают 1500 г стандартного песка и 500 г цемента, всыпают их в предварительно протертую мокрой тканью сферическую чашу, а затем перемешивают цемент с песком лопаткой в течение 1 мин. В центре сухой смеси делают лунку и вливают в нее воду в количестве 200 г (В/Ц = 0,40). Через 0,5 мин после приливания воды еще раз перемешивают смесь в течение 1 мин, затем раствор переносят в предварительно протертую мокрой тканью чашу лабораторной бегунковой растворомешалки и перемешивают в ней в течение 2,5 мин (20 оборотов чаши-мешалки). По окончании перемешивания форму-конус, установленную в центре стеклянного диска встряхивающего столика, заполняют раствором в два приема слоями равной толщины (рисунок 8.1). Внутренняя поверхность конуса и диск столика перед проведением испытаний должны быть слегка увлажнены. Раствор уплотняют металлической штыковкой: нижний слой –15-ю штыкованиями, верхний – 10-ю. Во время укладки и уплотнения раствора конус прижимают рукой к стеклянному диску. После уплотнения верхнего слоя раствора снимают насадку, излишек раствора срезают ножом вровень с краями конуса, затем снимают форму-конус и производят встряхивание раствора на столике 30-ю ударами в течение 30 с. Затем измеряют расплыв конуса по нижнему основанию штангенциркулем в двух взаимно перпендикулярных направлениях и берут среднее значение. Если консистенция раствора окажется менее 106 мм, или конус рассыпается, следует повторить затворение, увеличив количество воды так, чтобы расплыв конуса находился в пределах 106-108 мм. Если расплыв конуса окажется больше 115 мм, количество воды надо уменьшить до получения расплыва конуса 113-115 мм.



Рисунок 10.1 - Встряхивающий столик

1 - станина; 2 - кулачок; 3 - шток; 4 - столик; 5 - форма-конус; 6 - насадка

Количество повторных затворений и водоцементное отношение, полученное при достижении расплыва конуса 106-115 мм, заносятся в таблицу 8.1.

Таблица 10.1 – Результаты определения консистенции раствора

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатели | 1 | 2 | 3 |
| Масса цемента, г |  |  |  |
| Масса стандартного песка, г |  |  |  |
| Объем воды, мл |  |  |  |
| В/Ц |  |  |  |
| Расплыв конуса, мм |  |  |  |

*2. Изготовление и хранение образцов-балочек.*

Образцы балочек готовят в трехсекционных формах (рисунок 10.2).



Рисунок 10.2 - Форма для образцов-балочек (а) и насадка к ней (б)

Перед изготовлением образцов внутреннюю поверхность стенок форм и поддона слегка смазывают машинным маслом. Стыки наружных стенок друг с другом и поддоном формы необходимо промазывать тонким слоем солидола или другой густой смазки. На собранную форму устанавливают насадку. Подготовленную форму закрепляют на виброплощадке с частотой колебаний 0,35 мм, наполняют раствором приблизительно на 1 см по высоте и включают виброплощадку, а затем в течение 2 мин вибрации все три секции формы равномерно, небольшими порциями окончательно заполняют раствором. По истечении 3 мин от начала вибрации образцов ее заканчивают, форму снимают с виброплощадки, срезают смоченным водой ножом излишек раствора, зачищают поверхность образцов вровень с краями формы и маркируют их. Образцы в формах хранят 24±2 ч в ванне с гидравлическим затвором. По истечении времени хранения образцы осторожно расформовывают и укладывают в ванну с водой в горизонтальном положении таким образом, чтобы они не соприкасались друг с другом, и хранят так до испытания. Температура воды в ванне 20±2°С. Воду, в которой хранятся образцы, меняют через каждые 14 суток. Испытание образцов производят через 28 суток нормального твердения.

*3. Определение предела прочности при изгибе.*

Перед испытанием образцы должны быть вынуты из воды и не позднее чем через 30 мин подвергнуты испытанию. Непосредственно перед испытанием образцы следует вытереть насухо. Испытание образцов-балочек производится на приборе МИИ-100, который автоматически вычисляет величину *Rизг* для стандартных образцов. Установку образцов на опорные элементы прибора производят так, чтобы грани, которые при изготовлении были горизонтальными, находились в вертикальном положении, а поверхность с маркировкой была обращена к испытателю. Схема расположения образца на опорных элементах показана на рисунке 10.3. Средняя скорость приложения усилия к образцу должна быть (50±10) Н/с. Предел прочности при изгибе вычисляют как среднее арифметическое значение из двух наибольших результатов испытания трех образцов. Результаты испытания заносятся в таблицу 10.3.



Рисунок 10.3 – Схема испытания балочки на изгиб

1 – опоры; 2 – нагружающий валик; 3 – балочка

*4. Испытание образцов на сжатие.*

Полученные после испытания на изгиб шесть половинок образцов - балочек сразу подвергают испытанию на сжатие. Каждую половинку балочки помещают между двумя специальными нажимными пластинками так, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали в продольным стенкам формы, находились на плоскостях пластинок, заглаженная поверхность с маркировкой была обращена к испытателю, а упоры пластинок плотно прилегали к гладкой торцовой стенке образца (рисунок 10.4). Пластинки применяются для того, чтобы знать площадь поперечного сечения половинки образца-балочки, подвергаемой нагружению.



Рисунок 10.4 - Схема испытания балочки на сжатие

1 - нижняя плита пресса; 2 - пластинки; 3 - верхняя плита пресса;

4 - образец - половинка балочки

Требуемая скорость увеличения нагрузки (2,0±0,5) МПа/с устанавливается опытным путем. Предел прочности при сжатии отдельного образца в (МПа)

вычисляют по формуле:

*Rсж = F / А*

где *F* – разрушающая нагрузка, Н;

*А* – площадь рабочей поверхности нажимной пластинки, равная 2500 мм2.

Предел прочности портландцемента при сжатии вычисляют как среднее арифметическое четырех наибольших результатов испытаний из шести. Результат вычисления округляют до 0,1 МПа.

Результаты определения прочности при изгибе и сжатии образцов -балочек заносят в таблицу 10.3.

Ориентировочно марку портландцемента можно определить в более раннем возрасте, но не менее 3-х суток, по логарифмической зависимости прочности цементного раствора от времени его твердения:

*R28 = Rn ∙ (lg28/lgn)*

где *R*28 – предел прочности цементного раствора при изгибе или сжатии в возрасте 28 суток твердения, МПа;

*Rn* – предел прочности раствора при изгибе или сжатии в возрасте *n* суток

твердения, МПа;

*n* – возраст образцов к моменту испытания, сут.

Таблица 10.3 – Результаты испытаний для определения марки цемента

|  |  |
| --- | --- |
| Предел прочности, МПа | Марка портландцемента |
| При изгибе | При сжатии |
| 1 | 4 | - |
| 2 | 5 | - |
| 3 | 6 | - |
| Среднее из двух наибольших результатов | Среднее из четырех наибольших результатов | М |

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое цементный раствор?
2. Что такое марка и активность ПЦ?
3. С какой целью при определении марки цемента предварительно подбирают консистенцию цементно-песчаного раствора?
4. От чего зависит марка цемента?
5. Какие экспериментальные данные необходимо иметь для расчета марки цемента?
6. Почему для твердения гидравлических вяжущих необходима высокая влажность?
7. Определить активность пуццоланового портландцемента, который изготовлен из 65 % портландцемента марки 400 и 35 % кремнеземистой добавки.
8. Определить пористость цементного камня, изготовленного при В/Ц = 0,60, если химически связанная вода составляет 21 % от массы цемента, истинная плотность которого 3100 кг/м3.
9. Цемент не содержит добавок (кроме гипса) и характеризуется следующим расчетным минералогическим составом клинкера: С3S = 48 %, C2S = 44 %, С3A = 4 %, C4AF = 11 %. Можно ли этот цемент отнести к категории сульфатостойких портландцементов?

# Лабораторная работа №11

# Расчет состава легкого бетона

**Цель работы:** Подобрать состав легкого бетона расчетно-экспериментальным методом.

Бетоны объемным весом 500—1800 кг/м3 относятся к группе легких бетонов, отличающихся высокой пористостью.

По способу создания искусственной пористости различают следующие разновидности легких бетонов:

* изготовляемые из вяжущего, воды и легких пористых заполнителей;
* крупнопористые (беспесчаные), изготавливаемые с применением однофракционного плотного или пористого крупного заполнителя бее песка;
* ячеистые, структура которых представлена искусственно созданными ячейками, заменяющими зерна заполнителей.

По назначению легкие бетоны подразделяются на:

* теплоизоляционные, основное назначение которых обеспечивать необходимое термическое сопротивление ограждающей конструкции; объемный вес их менее 500 кг/м3, коэффициент теплопроводности до 0,2 ккал/м • ч • град.
* конструктивные, предназначенные воспринимать значительные нагрузки в зданиях и сооружениях; объемный вес их 14-00—1800 кг/м3, марка по прочности не менее 50, морозостойкость не ниже Мрз 15;
* конструктивно-теплоизоляционные, в которых совмещаются свойства предыдущих видов легких бетонов; объемный вес их 500— 1400 кг/м3, коэффициент теплопроводности не более 0,55 ккал/м • ч • град, марка по прочности не менее 35.

Особенностью легких бетонов является то, что их прочность зависит не только от качества цемента, но н от его количества. С увеличением расхода цемента растет не только прочность, но и объемный вес бетона. Это связано с тем, что с повышением количества цементного теста легкобетонные смеси лучше уплотняются, а также возрастает содержание в бетоне наиболее прочного и тяжелого компонента — цементного камня.

Теплоизоляционные свойства легких бетонов зависят от степени их пористости и характера пор. В легком бетоне тепло передается через твердый остов и воздушные пространства, заполняющие поры, а также в результате конвекционного движения воздуха в замкнутом объеме. Поэтому чем меньше объем пор, тем меньше подвижность воздуха в бетоне и лучшими теплоизолирующими свойствами он обладает.

Легкие бетоны вследствие высокой пористости менее морозостойки, чем тяжелые. Тем не менее, их морозостойкость является достаточной для применения в стеновых и других конструкциях зданий и сооружений. Высокую морозостойкость легких бетонов обеспечивает применение искусственных пористых заполнителей, обладающих низким водопогло-щением, например керамзита, а также путем поризации цементного камня. Повышают морозостойкость также путем введения гидрофобизую-щих добавок.

Для приготовления легких бетонов применяют все виды неорганических вяжущих веществ. Выбор вида вяжущего зависит от многих причин: требуемой прочности бетона, необходимой стойкости в данных условиях среды, режима твердения и других факторов.

Для легких бетонов неавтоклавного твердения обычно используют портландцемент, быстротвердеющий портландцемент, пуцдолановый портландцемент, шлакопортландцемент, портландцемент с поверхностно-активными добавками и местные вяжущие вещества с активностью не менее 200 кг/см2. Лучшим считается вяжущее, которое дает бетон необходимой прочности при наименьшем расходе цемента. Применение быстротвердеющих цементов способствует сокращению расхода вяжущего и сокращению срока выдерживания бетона. Пуццолановый портландцемент обеспечивает высокую стойкость бетона в морской, пресных и грунтовых водах. Он обладает большей по сравнению с обычным портландцементом водопотребностью и водоудерживающей способностью, однако имеет и недостатки: медленнее набирает прочность как при пониженной, так и при нормальной температуре и обладает повышенными усадочными деформациями. Шлакопортландцемент твердеет медленнее, чем портландцемент, имеет пониженное тепловыделение и повышенную стойкость в агрессивной среде; при пропариванни дает лучшие результаты, чем обычный портландцемент. Пластифицированный и гидрофобный цементы повышают подвижность бетонной смеси, уменьшают расслаиваемость и повышают морозостойкость бетона. Местные вяжущие вещества (известково-шлаковые, известково-пуццолановые, известково-зольные) используют в основном для изготовления изделий автоклавного твердения, и вяжущее выбирают с учетом условий твердения изделий из легкого бетона (естественное, пропаривание, автоклавная обработка и др.). Однако общим критерием — снижение объемного веса — является применение вяжущих высоких марок.

Для сокращения технологического цикла изготовления легкобетонных изделий их подвергают тепловой обработке, которую чаще всего осуществляют в камерах пропаривания непрерывного или периодического действия, на теплых обогреваемых стендах, под колпаками, термообработкой в пакетах форм с паровыми рубашками или в вертикально-кассетных установках; используют также электропрогрев и электрообогрев и автоклавную обработку изделий.

**Порядок выполнения работы:** Состав легких бетонов подбирают расчетно-экспериментальным и экспериментальным методами. При подборе состава легкого бетона предварительно задают следующие показатели: прочность бетона, среднюю плотность бетона в сухом состоянии, условия твердения, удобоукладываемость бетонной смеси, вид изготовляемого изделия и его место эксплуатации.

Расчетно-экспериментальный метод проектирования состава легкого бетона осуществляется в следующей последовательности. Сначала находят зерновой состав крупного заполнителя и наибольший размер зерен. Затем из готовых таблиц устанавливают количество цемента на 1 м3 бетонной смеси в зависимости от плотности бетона в сухом состоянии и марки легкого заполнителя. После назначения ориентировочного расхода цемента определяют расход воды на 1 м3 бетонной смеси в зависимости от ее удобоукладываемости, плотности пористого заполнителя и вида мелкого заполнителя (плотный или пористый песок).

Общий расход заполнителей, кг/м3, на 1 м3 бетонной смеси ориентировочно вычисляют по формуле:

*З = γб.сух – 1,15Ц,*

где γб.сух – заданная плотность бетона в сухом состоянии, кг/м3;

Ц – расход цемента, кг/м3;

1,15 – коэффициент, учитывающий количество химически связанной воды.

По специальным таблицам находят объемный расход керамзитового гравия. Определив объемный расход крупного заполнителя, вычисляют его расход по массе.

После определения ориентировочного расхода материалов приготовляют пробные замесы. Количество пробных замесов должно быть не менее трех. В одном из них расход цемента берут из таблицы, в двух остальных – с разницей от этого значения на ±20 %. В каждом замесе опытным путем уточняют расход воды для получения заданной удобоукладываемости смеси, определяют среднюю плотность бетонной смеси в каждом замесе, фактический объем замесов, а затем фактический расход материалов на 1 м3 бетонной смеси. Из каждого замеса изготовляют образцы кубической формы и подвергают их твердению по установленному режиму. После этого определяют плотность бетона в сухом состоянии и предел прочности при сжатии. Затем строят графики зависимости прочности бетона, его плотности в сухом состоянии, водопотребности бетонной смеси от расхода цемента. Из этих зависимостей находят оптимальные расходы цемента и воды, обеспечивающие заданную прочность и плотность бетона. По фактической плотности бетонной смеси уточняют расход заполнителей. Результаты определения состава легкого бетона записывают в форме таблиц.

**Контрольные вопросы:**

1. Опишите зерновой состав легкого бетона.
2. Опишите существующие марки бетона по насыпной плотности крупного пористого заполнителя.
3. Опишите существующие марки бетона по морозостойкости пористых заполнителей.
4. Основные технические характеристики различных видов легких бетонов на пористых заполнителях.
5. Водопоглощение бетона по массе и по объему равно соответственно 3,9 и 8,6 %. Рассчитать пористость бетона при истинной плотности 2720 кг/м3.
6. Определить количество тепла, которое проходит за сутки через бетонный массив объемом 10 м3 и толщиной 0,5 м, если разность температур равна 40оС, коэффициент теплопроводности бетона 0,442 Вт/(м·оС).
7. Керамзитобетонная наружная стеновая панель размером 3,1×2,8×0,25 м весит 2,25 т при абсолютной влажности 13,2 % (по массе). Определить среднюю плотность керамзитобетона во влажном и абсолютно сухом состоянии.

#

# Лабораторная работа № 12

# Получение стекла

 **Цель работы:** получение стекла заданного состава.

Стекло, твердый аморфный прозрачный в той или иной области оптического диапазона (в зависимости от состава) материал, полученный при переохлаждении расплава, содержащего стеклообразующие компоненты (оксиды Si, B, Al, P и т. д.) и оксиды металлов (Li, K, Mg, Pb и т. д.). Наиболее распространено силикатное стекло. Стекло, исходными компонентами шихты которого является кварцевый песок, сода и известь, называют натрий-кальциевым. Оно составляет около 90 % получаемого в мире стекла. При варке карбонат натрия и карбонат кальция разлагаются в соответствии с уравнениями:

*Na2CО3 → Na2О+CО2*

*СаСОз → СаО+СО2*

В результате в состав стекла входят оксиды SiО2, Na2О и СаО. Они образуют сложные соединения — силикаты, которые являются натриевыми и кальциевыми солями кремниевой кислоты.

В стекло вместо Na2О с успехом можно вводить К2О, а СаО может быть заменен MgO, РbО, ZnO, BaO. Часть кремнезема можно заменить на оксид бора или оксид фосфора (введением соединений борной или фосфорной кислот). В каждом стекле содержится немного глинозема АlО3, попадающего из стенок стекловаренного сосуда. Иногда его добавляют специально. Каждый из перечисленных оксидов обеспечивает стеклу специфические свойства. Поэтому, варьируя этими оксидами и их количеством, получают стекла с заданными свойствами. Например, оксид борной кислоты В2О3 приводит к понижению коэффициента теплового расширения стекла, а значит, делает его более устойчивым к резким температурным изменениям. Свинец сильно увеличивает показатель преломления стекла. Оксиды щелочных металлов увеличивают растворимость стекла в воде, поэтому для химической посуды используют стекло с малым их содержанием.

Для варки стекла используются оксиды или образующие их при высокой температуре соединения, носящие название стеклообразователей.

К ним относятся кварцевый песок SiO2, сода Na2CO3, поташ К2СО3, сульфат натрия Na2SO4, известняк СаСО3, борная кислота H3BO3, бура Na2B4O7, свинцовый сурик Рb3О4, оксиды свинца РbО2 и РbО. Кроме того, в состав шихты могут входить обесцвечиватели, удаляющие слабую окраску стекол (натриевая селитра, пиролюзит), осветлители, способствующие удалению газов при варке стекла (оксид мышьяка (III), нитрат натрия), глушители, делающие стекло матовым или молочным (оксиды и серосодержащие соединения мышьяка, олова или сурьмы), и красители, придающие стеклу любую окраску. Варку стекла ведут при температурах от 1273 до 1773 К, но, меняя состав шихты, можно получить легкоплавкие стекла при температуре 760-1000 К. Обычно к таким легкоплавким стеклам относятся свинцовые и боратные стекла, содержащие оксиды калия или натрия.

**Оборудование и реактивы:** муфельная печь, фарфоровая чашка или ступка, фарфоровый тигель, щипцы, тигли, кварцевый песок, борная кислота, сода или поташ, оксиды свинца, оксиды железа, кобальта, никеля, меди или марганца для окраски стекла.

**Порядок выполнения работы:** Для приготовления прозрачных и легкоплавких стекол борсвинцовосиликатных стекол - можно использовать следующие смеси (таблица 12.1).

Таблица 12.1 – Составы легкоплавких борсвинцовосиликатных стекол

|  |  |
| --- | --- |
| Состав, % | Температура плавления, ОС |
| PbO | B2O3 | SiO2 |
| 84,5 | 11,0 | 4,5 | 484 |
| 86,0 | 10,6 | 3,4 | 486 |
| 87,5 | 11,4 | 1,1 | 488 |
| 75,0 | 15,0 | 10 | 540 |
| 92,7 | 7,3 | - | 565 |
| 86,6 | 13,4 | - | 497 |
| 93,7 | 6,3 | - | 560 |
| 61,4 | 38,6 | - | 768 |
| 70,4 | - | 29,6 | 732 |
| 88,1 | - | 11,9 | 723 |
| 91,8 | - | 8,2 | 714 |

По заданию преподавателя рассчитывают химический состав шихты, определяют массу шихты для получения 8-12 г стекла. При этом допускают, что стекло образуется только из оксидов и летучесть оксидов незначительна. В соответствии с расчетами взвешивают компоненты шихты с точностью 0,1 г и тщательно их перемешивают. Шихту слегка увлажняют (3-5% воды) и перемешивают сначала на листе бумаги, а затем в фарфоровой ступке. Затем ее переносят в предварительно прокаленный и взвешенный тигель. Если в состав шихты входит борная кислота, то лучше брать высокие фарфоровые тигли, так как при разложении кислоты происходит сильное вспенивание и возможен выброс стекломассы. Тигель, заполненный шихтой, с помощью щипцов ставят в муфельную печь и включают ее, постепенно поднимая температуру до необходимых пределов. При достижении нужной температуры замечают время и ведут варку стекла в течение 20-30 мин, после чего быстро, но аккуратно вынимают щипцами тигель из печи и выливают расплавленное стекло в специальную форму или на чистый железный лист. **Все операции варки стекла проводить в рукавицах и защитных очках!**После полного охлаждения тигля и стекла их взвешивают и определяют выход стекла в процентах от теоретически возможного. Результаты работы записывают в таблицу 12.2.

Таблица 12.2 – Теоретический и практический выход стекломассы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Состав шихты,г или % | Масса полученного стекла,г | Выход, % |
| Теоретческий выход | Практический выход |
|  |  |  |  |

*Приготовление окрашенного стекла.*

На основе вышеперечисленных прозрачных стекол можно приготовить окрашенные стекла. Для этого к приготовленной шихте, дающей прозрачные стекла, нужно добавить оксид, сообщающий стеклу соответствующую окраску (таблица 12.3).

Таблица 12.3 - Красители, придающие стеклу окраску

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Краситель | Количество оксидов, % | Окраска |
| FeO | 0,2 – 0,3 | Сине-зеленая |
| Fe2O3 | 0,3 – 0,5 | Желто-зеленая |
| CoO | 0,003 – 0,1 | Синяя |
| NiO | 0,1 – 0,2 | Сине-зеленая |
| CuO | 0,1 – 0,2 | Голубо-синяя |
| Cr2O3 | 0,05 – 0,10 | Зеленая |
| Mn2O3 | 0,01 – 0,05 | Дымчато-красная |
| AgNo3 | 0,1 – 0,3 | Желтая |
| S | 1 - 2 | Черная |
| SnO2 | 5 – 6 | Молочная |
| Тальк | 5 - 6 | молочная |

Интенсивность окраски зависит от количества добавленного оксида. Для равномерного распределения краситель перетирают с шихтой, но его можно добавить и в сплавляемую массу при осторожном покачивании тигля или пробирки. Серу для получения черного непрозрачного стекла нужно вводить после сплавления первых порций стекла прямо в жидкое стекло. Если же серу ввести в начале плавки, то она иногда выгорает. В качестве красителей можно добавлять не только те оксиды, которые указаны в таблице, но также и другие. Вместо СоО, NiO можно брать любые оксиды кобальта и никеля, а также их соли, которые в условиях варки стекла разлагаются и переходят в оксиды с элементом в более низкой степени окисления. Вместо Мn2О3 можно брать МnО2 и перманганат калия. Необходимо учесть, что Мn2О3 в условиях варки легко переходит в МnО, которая окрашивает стекло в желтоватый цвет. Поэтому с целью предупреждения восстановления Мn3+ полезно добавить в шихту 1-2 крупинки селитры. Для варки стекла наиболее пригодны корундовые тигли, так как они не загрязняют стекло и термостойки. Варку стекла можно проводить и в фарфоровых тиглях, но они иногда трескаются. Если тигель развалится в печке или опрокинется, нужно немедленно выключить печь, снять для более быстрого охлаждения печи крышку и вынуть тигель. Расплавленное стекло сильно разъедает футеровку печи, а при попадании на спираль быстро выводит ее из строя. Поэтому стекло после охлаждения печи нужно полностью удалить. Тигель лучше ставить на подставку, сделанную из кирпича. Ее можно сделать и из обычной глины, которая после подсушивания и обжига приобретает необходимую механическую прочность.

**Задание:** Записать состав шихты для получения наиболее легкоплавких стекол и методы их окраски.

**Контрольные вопросы:**

1. Из каких сырьевых материалов изготавливают стекло?
2. Каковы основные технические свойства стекла?
3. Что представляет собой листовое стекло и какие его разновидности применяют в строительстве?
4. Как влияет химический состав стекла на его химическую устойчивость?
5. Перечислите изделия, изготавливаемые из стекла. Укажите, где их применяют.
6. Наиболее легкоплавким борсвинцовосиликатным стеклом (температура плавления 484оС) является стекло следующего состава: PbO 84%, B2O 3 11.5% и SiO2 4.5%. Сколько нужно взять сурика (Pb3O4), борной кислоты и кварцевого песка для приготовления 10 г стекла указанного состава?
7. Сколько нужно взять кальцинированной соды, мела и кварцевого песка для приготовления 100 кг основного стекла состава Na2O·СaO·6SiO2

#

# Лабораторная работа № 13

# Определение содержания в извести активных СаО+ МgО.

**Цель работы:** Определить суммарное содержание в извести активных СаО + МgО.

Строительная воздушная известь представляет собой воздушное минеральное вяжущее, полученное обжигом кальциево-магниевых карбонатных горных пород (известняк СаСО3, доломит CaCO3 · MgCO3), содержащих не более 6 % глинистых примесей. В состав извести входят оксид кальция и, как правило, примесь оксида магния. В зависимости от процентного содержания примеси известь классифицируют на кальциевую (до 5 %), магнезиальную (5 – 20 %) и доломитовую (20 – 40 %). Качество молотой негашеной извести оценивают в соответствии с ГОСТ 9179-77 по следующим показателям: тонкость помола, активность – содержание свободных оксидов кальция и магния, скорость гашения, наличие непогасившихся зерен. Последние представляют собой различные примеси: кварцевый песок, неразложившееся при обжиге сырье (CaCO3 – недожог), остеклованную при обжиге трудногасящейся оксид кальция (пережог). Наличие пережога приводит к тому, что процесс гашения, сопровождаемый повышением температуры и увеличением объема, происходит в кирпичной кладке или оштукатуренной поверхности, вызывая растрескивание затвердевшего раствора.

**Оборудование и реактивы:** Весы лабораторные, плита электрическая, бюретка, сита № 02; 008, конические колбы емкостью 250 мл., термосный фарфоровый стакан (колба), термометр на 100 оС.

**Порядок выполнения работы:** суммарное содержание в извести активных СаО + МgО (при наличии оксида магния до 5%)определяют титрованием навески извести соляной кислотой НСl до тех пор, пока все активные частицы СаО и МgО не будут нейтрализованы кислотой. Для этого негашеную комовую, молотую или карбонатную известь в количестве 4 - 5г предварительно растирают в течение 5 мин в фарфоровой или агатовой ступкѐ. Растертую известь в количестве 1 г (гидратную известь в количестве 1—1,2 г) помещают в коническую колбу вместимостью 250 мл, наливают 150 мл дистиллированной воды, добавляют 3-5 штук стеклянных бус или оплавленных кусочков стеклянных палочек (длиной 5—7 мм), закрывают стеклянной воронкой (или часовым стеклом) и нагревают содержимое колбы в течение 5—7 мин, не доводя до кипения. Затем раствор охлаждают до температуры 20— 30 °С. После остывания смывают стенки колбы и стеклянную воронку (или часовое стекло) кипяченой дистиллированной водой, добавляют 2—3 капли 1 % спиртового раствора фенолфталеина и титруют при постоянном взбалтывании раствором соляной кислоты до полного обесцвечивания содержимого. Титрование считается оконченным, если по истечении 8 мин не изменится цвет окрашивания содержимого колбы. Титрование следует производить медленно, добавляя кислоту по каплям. Содержание СаО + МgО для негашеной извести вычисляют по формуле:

*А=VТСаО\*100т*

где V *-* объем раствора 1 н соляной кислоты, пошедшей на титрование, мл; ТСаО—титр 1н раствора соляной кислоты, г по массе СаО; т — масса навески извести, г.

 Содержание активных оксидов кальция и магния для гидратной извести вычисляют по формуле:

*А=VТСаО\*100т(100-W)*

где W-влажность гидратной извести, %*.*

Результаты определения содержания в извести активных СаО и МgО заносят в журнал для лабораторных работ.

**Контрольные вопросы:**

1. Как определить активность извести?
2. Каково содержание активных СаО+MgO в извести 1 сорта?
3. Как классифицируют известь по содержанию активных?
4. При использовании 1000 т мелового шлама получено 275 т извести состава: 73% СаО; 4% МgО; 15% СаСО3; остальное – неразлагающиеся примеси. Рассчитать влажность мелового шлама.
5. Определить массу мелового шлама для получения 1000 т извести. Влажность шлама – 39%, пылеунос – 4% от массы сухого мела. Известь содержит 71% СаО; 2% МgО; 7% СО2; остальное – неразлагающиеся примеси.

# Лабораторная работа № 14

# Определение содержания в извести непогасившихся зерен.

**Цель работы:** Определить в извести содержание непогасившихся зерен.

В процессе гашения комовой извести некоторая часть ее может либо вообще не погаситься, либо гасится настолько медленно, что процесс гашения заканчивается в строительном растворе или даже в кладке. Непогасившиеся зерна представляют собой различные примеси: кварцевый песок, неразложившийся при обжиге СаСО3 (недожог), стеклованная трудногасящая окись кальция СаО (пережог).Если неразложившийся СаСО3 в дальнейшем не гасится, то оксид кальция (пережог) будет гаситься в растворе кладки или в штукатурке, что приведет к растрескиванию затвердевшего раствора. Поэтому от содержания непогасившихся зерен в извести зависит ее качество.

**Оборудование и реактивы:** термос емкостью 200 мл., термометр на 100 °С, технические весы, мерный цилиндр на 25 мл., секундомер.



Рисунок 14.1 - прибор для определения скорости гашения извести.

1-термометр, 2-крышка, 3-внутренний стакан, 4-теплоизолирующая       прокладка, 5-наружний стакан.

**Порядок выполнения работы:** скорость гашения извести определяют либо в сосуде Дьюара, либо в приборе (рисунок 14.1). Для сборки прибора химический стакан емкостью 200—250 мл помещают в стакан большего размера. Пространство между дном и стенками стаканов заполняют теплоизоляционным материалом (асбестом или шлаковатой). Сосуд Дьюара или внутренний стакан прибора плотно закрывают пробкой, в которой имеется отверстие для термометра (термометр берут с ценой деления 1 К и длинной хвостовой частью). Его устанавливают так, чтобы шарик ртути был на 5—10 мм выше дна прибора. В прибор наливают 20 мл воды с температурой 293 К, засыпают 10 г извести, закрывают прибор пробкой, встряхивают его и оставляют стоять, отмечая через каждые 30 с температуру гасящейся извести. Наблюдение ведут до установления максимальной температуры и начала ее падения. За скорость гашения принимают время от момента введения извести до момента достижения максимальной температуры.

Результаты наблюдений оформляют в виде таблицы:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Время от начала опыта (мин) | Температура (К) | Общее время до достижения максимальной температуры (мин) | Класс извести |
|  |  |  |  |

**Контрольные вопросы:**

1. Классификация изделий силикатной промышленности.
2. Что представляет собой воздушная известь.
3. От чего зависит скорость гашения извести.
4. Какое влияние на скорость гашения оказывает содержание активных в извести?
5. Какое влияние на скорость гашения оказывает содержание воды в системе известь – вода?
6. Сколько будет получено гидратной извести (пушонки) из 5 т кальциевой извести-кипелки, содержащей 88 % активной СаО, если влажность гидратной извести равна 3,5 %?
7. Сколько получится негашеной и гидратной извести из 30 т известняка с содержанием активной СаО 85 % и естественной влажностью 8 %?

# Лабораторная работа № 15

# Определение химической устойчивости стекол

**Цель работы:** определение химической стойкости стекол.

Химической устойчивостью стекла принято называть его способность противостоять разрушающему действию воды, влаги и газов атмосферы, растворов солей и различных химических реагентов. Стекло по сравнению с другими материалами отличается высокой химической устойчивостью, которая зависит от его химического состава, природы действующего реагента и от способа обработки стекла. Химическая стойкость силикатного стекла — одно из самых уникальных его свойств. На этом свойстве основано его широчайшее применение: от изготовления предметов быта͵ оконных стёкол, стёкол для транспорта͵ стеклоблоков и многих других строительных материалов, до предметов медицинского, лабораторного, научно-исследовательского назначения. Химическая стойкость стекла высокая: разрушающе действуют на него только горячие щелочи и плавиковая и фосфорная кислоты. Это объясняется химическим составом стекла, его высокой плотностью и способностью при действии водных растворов образовывать на поверхности защитный слой, богатый кремнеземом.

По характеру действия на стекло реагенты можно разделить на две группы.

* вода, атмосферная влага, растворы кислот (кроме плавиковой и фосфорной),
* нейтральные или кислые растворы солей, т.е. реагенты с рН, равным 7 и ниже. Кислоты, за исключением плавиковой и фосфорной, практически не действуют на стекло.

При действии воды происходит гидролиз стекла, в результате которого некоторое количество щелочи и других растворимых компонентов переходит в воду.

Природа химической устойчивости и сущность процессов, происходящих при разрушении стекла, подробно изучены И.В.Гребенщиковым. Он установил, что силикаты, находящиеся на поверхности стекла, вступая во взаимодействие с водой или влагой воздуха, гидролизуются, образуя щелочь и гель кремниевой кислоты. Щелочь вымывается с поверхности стекла (вымываются ионы Na+ и Са2+), а гель кремниевой кислоты остается и образуется химически стойкая пленка, обогащенная Si02. Кремниевая кислота замедляет процесс дальнейшего разрушения стекла. От толщины слоя защитной пленки и его плотности зависит скорость диффузии через данный слой молекул воды. Процесс разрушения стекла резко замедляется при толщине защитной кремнеземистой пленки более 50 нм.

По отношению к действию воды стекла делят на пять гидролитических класса:

I - стекла, практически неизменяемые водой,

II - относятся устойчивые стекла;

III – твердые аппаратные; натрий-кальций-силикатные, калий-свинцово-силикатные;

IV -мягкие аппаратные стекла, калий-свинцово-силикатные;

IV - неудовлетворительные стекла;

Большинство силикатных стекол, выпускаемых промышленностью, относятся к границе классов II и III или к началу класса III. Калиево-натриевые стекла химически более устойчивы, чем чисто натриевые или чисто калиевые (эффект двух щелочей). Химическая устойчивость силикатных стекол к действию реагентов первой группы существенно зависит от их химического состава, в основном от содержания в стекле кремнезема и щелочных оксидов. Наибольшей химической стойкостью по отношению к воде и кислым агрессивным средам обладает кварцевое стекло, но по отношению к щелочам оно тоже малоустойчиво, как и другие стекла.

Введение в стекло кремнезема значительно повышает химическую устойчивость стекла, с большим содержанием малорастворимых оксидов Al, В, Zn, Pb, Mg, - эффективно повышает химическую устойчивость, а введение оксидов щелочных и щелочноземельных металлов, наоборот, значительно ее снижает.

Силикаты щелочноземельных металлов химически более устойчивы, чем силикаты щелочных металлов. Цинксодержащие стекла отличаются высокой химической устойчивостью, а свинецсодержащие стекла – низкой.

Разрушение стекла возможно не только при его прямом смачивании, но и при неудовлетворительных условиях упаковки, хранения и транспортировки. Условия, способствующие конденсации влаги на поверхности стекла, являются неблагоприятными и приводят к его разрушению. Стекол, которые бы совсем не реагировали с водой и щелочами не существует.

Щелочеустойчивость стекол мало зависит от их состава. Химическая устойчивость стекол к реагентам второй группы значительно ниже, чем к реагентам первой группы. При длительном воздействии щелочей (реагентов II группы) на стекло происходит его выщелачивание, изменение состава, вида (поверхность стекла становится матовой) и свойств (ухудшается прозрачность и т.д.). В результате воздействия щелочей на стекло образуются стабильные анионы типа SiO32–, SiO44–, Si2О52– и соответствующие легкорастворимые силикаты щелочных металлов. Сила воздействия гидроксидов щелочных металлов при одинаковой нормальности уменьшается в ряду HF – NаОН – КОН – LiОН – NН4ОН. Растворы карбонатов натрия и калия также оказывают сильное разрушающее действие на стекло. Плавиковая кислота обладает наибольшим разрушающим воздействием на стекло. При воздействии на стекло плавиковой кислоты разрушение стекла сопровождается образованием летучих фтористых соединений кремния.

При этом химическая устойчивость стекла зависит и от его обработки. Так, она повышается после выдувания стекла из стекломассы, а также после отжига в печах, атмосфера которых содержит сернистый ангидрид. Это объясняется тем, что при высокой температуре между соединениями щелочных металлов, входящими в состав стекла, и газами, содержащимися в окружающей стекло атмосфере, протекает реакция, причем лишь на поверхности стекла. Этот процесс условно принято называть обесщелачиванием поверхности стекла. Важно заметить, что для специальных целей выпускают химически стойкое стекло, а также стекло, стойкое к тем или иным видам агрессивных воздействий.

**Оборудование и реактивы:** фарфоровая чашка или ступка, сито № 09 и 06, конические колбы на 100 и 250 мл, деревянная дощечка, обратный холодильник с хлор кальциевой трубкой, раствор соляной кислоты концентрации 0,01 моль/л, раствор метилового красного, дистиллированная вода.

**Порядок выполнения работы**: Для опыта берут 4-5г полученного стекла и осторожно измельчают в фарфоровой ступке, стараясь совершать пестиком круговые движения для получения частиц шарообразной формы. Измельченное стекло просеивают на ситах № 09 и 06, размер зерен 0,75-0,49 мм. Кусочки, не прошедшие первое сито, дополнительно измельчают и снова просеивают. Стеклопорошок, прошедший первое сито и задержавшийся на втором, отбирают, высыпают на деревянную или пластмассовую дощечку и, удерживая ее в наклонном положении, постукивают рукой по верхнему краю. При этом зерна, имеющие шарообразную форму, скатываются, а плоские задерживаются. Берут 2 г подготовленного таким способом порошка, помещают в коническую колбу на 100 мл и проводят трехкратное декантирование холодной дистиллированной водой, отмывая испытуемый образец от пыли. Промывные воды отфильтровывают и зерна, попавшие на фильтр, возвращают в колбу. Наливают в колбу 50 мл кипящей нейтральной дистиллированной воды, присоединяют к колбе обратный холодильник с хлоркальциевой трубкой и нагревают колбу в течение 1 ч на кипящей водяной бане. Горячий раствор сливают в коническую колбу на 250 мл и титруют раствором НС1 концентрации 0,01 моль/л, добавляя в качестве индикатора 2-3 капли раствора метилового красного. По израсходованному раствору соляной кислоты концентрации 0,01 моль/л определяют гидролитический класс испытуемого стекла, пользуясь таблицей 15.1.

Таблица 15.1 – Гидролитический класс стекол

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Гидролитический класс стекла | Стекло | Объем раствора соляной кислоты, мл |
| 1 | Неизменяемое водой | 0 – 0,32 |
| 2 | Устойчивое | 0,32 – 0,65 |
| 3 | Твердое аппаратное | 0,65 – 2,8 |
| 4 | Мягкое аппаратное | 2,8 – 6,5 |
| 5 | Неудовлетворительное | 6,5 и выше |

Результаты работы записывают в таблицу 15.2.

Таблица 15.2 – Результаты определения химической устойчивости стекол

|  |  |
| --- | --- |
| Объем раствора HCl, мл | Гидролитический класс |
|  |  |

**Контрольные вопросы:**

1. Что называется химической устойчивостью стекла?
2. От чего зависит химическая устойчивость стекол?
3. На какие две группы делят агрессивные среды по характеру действия их на стекло?
4. К какой группе агрессивных сред относится вода ил влажная атмосфера?
5. Как влияет химический состав стекла на его химическую устойчивость?
6. Прогнозирование химической устойчивости стекол
7. Наиболее легкоплавким борсвинцовосиликатным стеклом (температура плавления 484оС) является стекло следующего состава: 84% PbO, 11.5%B2O3 и 4.5% SiO2. Сколько нужно взять сурика (Pb3O4), борной кислоты и кварцевого песка для приготовления 10 г стекла указанного состава?

#

# Литература

1. Пришлецова Т. Д., Суворова А. А., Сычева Г. Н. Неорганические вяжущие материалы. Методические указания к лабораторным работам по химии для студентов строительного факультета. М. МГУП, 2003.
2. Сулименко Л. М. Технология минеральных вяжущих и материалов на их основе: Учебник для вузов. М. Высшая школа, 1983.
3. Бутт Ю. М.. Сычев М. М., Тимашев В. В. Химическая технология вяжущих материалов. М. Высшая школа, 1980.
4. Мчедлов-Петросян О. П. Химия неорганических строительных материалов. М. Стройиздат, 1988.
5. Рояк С. М., Рояк Г. С. Специальные цементы. М. Стройиздат, 1983.
6. Лугинина И.Г. Химия и химическая технология неорганических вяжущих материалов. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2004. Ч. 1 – 240 с.; Ч. 2 – 198 с.
7. Кудеярова Н.П Вяжущие для строительных автоклавных материалов (учебное пособие) - Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г Шухова, 2006.- 143 с
8. Классен В.К. Обжиг цементного клинкера. – Красноярск: Стройиздат, 1994. – 322 с.
9. Дешко Ю.И., Креймер И.В., Крыхтин Г.С. Измельчение материалов в цементной промышленности. – М.: Стройиздат, 1966. – 290 с.
10. Дешко Ю.И., и др. Наладка и теплотехнические испытания вращающихся печей. - М.: Стройиздат, 1966. – 242 с.
11. Проектирование цементных заводов (под ред.Зозули П.В., Никифорова Ю.В.). – С-П: Изд-во «Синтез»,– 1995. – 445 с.
12. Дуда В. Цемент. Ч.1- М.: Стройиздат, 1981. –464 с. 8. Вальберг Г.С. и др. Интенсификация производства цемента. – М.: Стройиз- дат, 1971. – 145 с.
13. Соколов П.Н. Технология асбестоцементных изделий. – М.: Госстройиздат, 1968. – 292 с.

#

# ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

**Принятые условные обозначения**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условное обозначение | Величина | Единица измерения |
| *ρ*, *ρm*, *ρ*н | Истинная, средняя, насыпная плотность | кг/м3 |
| П | Пористость | % об. |
| *W* | Влажность | % мас. |
| *W*м | Водопоглощение по массе | % мас. |
| *W*о | Водопоглощение по объему | % об. |
| *W*нм | Водонасыщение по массе | % мас. |
| *W*но | Водонасыщение по объему | % об. |
| Пмз | Пустотность межзерновая | % об. |
| *Р* | Разрушающая сила | Н |
| *S* | Площадь | м2 |
| *R*сж | Предел прочности при сжатии | МПа |
| *R*и | Предел прочности при изгибе | МПа |
| *m* | Масса | кг |
| *V* | Объем | м3 |
| *R*б | Средняя прочность бетона к определенному возрасту | МПа;(кгс/см2) |
| *R*ц | Активность цемента (фактическая прочность) | МПа;(кгс/см2) |
| *В* | Класс бетона | МПа |
| ОК (Ж) | Подвижность (жесткость) бетонной смеси | см (с) |
| НКЩ | Наибольшая крупность щебня | мм |
| Ц, Щ, П, В | Расход цемента, щебня (гравия), песка, воды | кг/м3 |
| Мкр | Модуль крупности песка | – |
| *А, А*1 | Коэффициенты качества заполнителей | – |
| В/Ц (Ц/В) | Водоцементное (цементноводное) отношение | – |
| *α* | Коэффициент раздвижки зерен | – |
| *ρ*бс | Средняя плотность уплотненной бетонной смеси | кг/м3 |
| *R*28*, Rn* | Прочность бетона в возрасте 28 и *n* суток | МПа;(кгс/см2) |
| Впр, Ппр, Щпр | Расход воды, песка и щебня в производственном составе | кг/м3 |
| *к* | Масштабный коэффициент, учитывающий отличие размеров ребра бетонного куба от эталонно- го (15 см) | – |
| *β* | Коэффициент выхода бетонной смеси | – |

Приложение 2

**Международная система физических величин (СИ)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Величина | Единица измерения | Обозначение | Соотношение между единицами СИ и единицами других систем |
| Длина | метр | м | 1 м = 102 см =103 мм |
| Масса | килограмм | кг | 1 кг = 103 г |
| Время | секунда | с | 1 с = 2,78·104 ч;1ч = 3600 с |
| Термодинамическая температура | Кельвин | К | 1К = t °С+273,15 |
| Площадь | квадратный метр | м2 | 1 м2 = 104 см2 = 10-4 га |
| Объем | кубический метр | м3 | 1 м3 = 103 л |
| Средняя плотность | килограмм на кубическийметр | кг/м3 | 1 кг/м3 = 103 г/см3 = 10-3 т/м3 |
| Скорость | метрв секунду | м/с | 1 м/с = 3,6 км/ч |
| Сила (вес) | Ньютон | Н | 1 Н = 105 дин = 0,102 кг;9,81Н = 1 кгс |
| Давление (механическое на- пряжение) | Ньютон на квадратный метр (Паскаль) | Н/м2 (Па) | 1Н/м2 = 1Па = 1,02·105кгс/см2; 1кгс/см2 = 9,8·104Па= 105Па = 0,1 МПа·1мм рт. ст. = 133,3 Па |
| Количество теплоты | Джоуль | Дж | 1Дж = 0,239 ккал; 1Кал = 4,2 Дж;1 ккал = 4,2·103Дж |
| Теплопроводность | Ватт на метр градус | Вт/(м·град) | 1 ккал/м·град = 1,163 Вт/м·град |

Приложение 3

**Молекулярные массы химических элементов, входящих в состав строительных материалов**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Алюминий | 26,98 | Кальций | 40,08 | Магний | 24,31 |
| Водород | 1,01 | Кислород | 16,00 | Сера | 32,06 |
| Железо | 55,85 | Кремний | 28,09 | Углерод | 12,01 |

Приложение 4

**Технические требования к цементу**

Таблица П 4.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение цемента | Гаранти- рованная марка(ГОСТ 10178) | Предел прочности, МПа (кгс/см2) |
| при изгибев возрасте, сут | при сжатии в возрасте, сут |
| 3 | 28 | 3 | 28 |
| ПЦ-Д0,ПЦ-Д5, ПЦ-Д20, ШПЦ | 300 | − | 4,4 (45) | − | 29,4(300) |
| 400 | − | 5,4 (55) | − | 39,2(400) |
| 500 | − | 5,9 (60) | − | 49,0(500) |
| 550 | − | 6,1 (62) | − | 53,9(550) |
| 600 | − | 6,4 (65) | − | 58,8(600) |
| ПЦ-Д20-Б | 400 | 3,9 (40) | 5,4 (55) | 24,5(250) | 39,2(400) |
| 500 | 4,4 (45) | 5,9 (60) | 27,5(280) | 49,0(500) |
| ШПЦ-Б | 400 | 3,4 (35) | 5,4 (55) | 21,5(220) | 39,2(400) |

Таблица П 4.2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Класс прочности цемента (ГОСТ 31108) | Прочность на сжатие, МПа, в возрасте | Начало схваты- вания, мин,не ранее | Равномер- ность изме- нения объема (расширение), мм, не более |
| 2 сут, не менее | 7 сут, не менее | 28 сут |
| не менее | не более |
| 22,5Н | – | 11 | 22,5 | 42,5 | 75 | 10 |
| 32,5Н | – | 16 | 32,5 | 52,5 |
| 32,5Б | 10 | – |
| 42,5Н | 10 | – | 42,5 | 62,5 | 60 |
| 42,5Б | 20 | – |
| 52,5Н | 20 | – | 52,5 | – | 45 |
| 52,5Б | 30 | – |

Приложение 5

**Технические требования к строительному гипсу (ГОСТ 125)**

Таблица П 5.1

|  |  |
| --- | --- |
| Марка вяжущего | Предел прочности образцов-балочек, МПа (кгс/см2)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 П 5.2

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

Таблица П 5.3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид вяжущего | Индекс степени помола | Остаток на сите с сеткой № 02,%, не более |
| Грубого помола | I | 23 |
| Среднего помола | II | 14 |
| Тонкого помола | III | 2 |