



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технологии вяжущих веществ, бетонов
и строительной керамики»

Практикум
по дисциплине
«Вяжущие вещества»

«Гидравлические вяжущие вещества. Портландцемент»

Авторы
Шляхова Е.А.,
Чмель Г.В.,
Харитонов А.А.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

Методические указания для студентов, изучающих дисциплину «Вяжущие вещества», для выполнения лабораторной работы.

Авторы

к.т.н., доц. кафедры «Технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики»
Шляхова Е.А.

к.т.н., доц. кафедры «Технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики»
Чмель Г.В.

инженер кафедры «Технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики»
Харитонов А.А.





Оглавление

Введение	4
1 Технические требования	5
2 Подготовка портландцемента к испытаниям	7
3 Изучение основных показателей качества портландцемента	9
3.1 Определение марки цемента	9
3.2 Определение группы эффективности пропаривания	17
3.3 Определение насыпной плотности цемента	18
3.4 Определение истинной плотности цемента.....	20
3.5 Определение тонкости помола цемента.....	25
3.6 Определение нормальной густоты цементного теста	30
3.7 Определение сроков схватывания цемента.....	33
3.8 Определение равномерности изменения объема	35
3.9 Определение коэффициента водоотделения (объёмного)	38
4 Вывод о качестве цемента.....	40
5 Контрольные вопросы	41
Литература.....	42
ПРИЛОЖЕНИЕ А Марки портландцемента по прочности ..	43
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Распределение цементов по эффективности пропаривания	44

ВВЕДЕНИЕ

Портландцемент, как и другие цементы, относятся к гидравлическим вяжущим веществам. Портландцемент получают путем обжига до спекания тщательно подобранной сырьевой шихты, состоящей чаще всего из глины и известняка, с последующим тонким помолом полученного клинкера, гипса и добавок.

Требования, предъявляемые к портландцементам, регламентируются требованиями ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шакопортландцемент. Технические условия». Цементы применяют для производства строительных растворов и бетонов, из которых изготавливают различные изделия и конструкции, в том числе и железобетонные, а также при производстве строительных и ремонтных работ.

Методики испытаний, показателей качества портландцемента, соответствуют требованиям ГОСТ 310.1 – 310.6.

Настоящие методические указания являются руководством для проведения лабораторных работ по испытанию цемента и определению следующих показателей:

- предела прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек, изготовленных из раствора;
- истинной и насыпной плотности;
- тонкости помола цемента;
- нормальной густоты (водопотребности) цементного теста;
- сроков схватывания;
- водоотделения;
- равномерности изменения объема.

Целью данной лабораторной работы является изучение методик испытания и исследование основных показателей качества портландцемента.

1 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Портландцемент – порошкообразное гидравлическое вяжущее, получаемое тонким измельчением портландцементного клинкера, гипса и добавок.

Технические требования к портландцементу установлены ГОСТ 10178-85. Его качество оценивают по следующим показателям:

- марки по прочности 300, 400, 500, 550 и 600 (в зависимости от значений предела прочности при изгибе и предела прочности при сжатии, согласно ГОСТ-10178-85 табл. 2);
- истинная плотность (используется в расчетах состава бетона или строительного раствора);
- насыпная плотность (используется в расчетах состава бетона или строительного раствора);
- тонкость помола - должна быть такой, чтобы при просеивании пробы цемента сквозь сито с сеткой с ячейками размерами 0,08мм (сито №008) остаток на сите не превышал 15% массы просеиваемой пробы;
- нормальная густота цементного теста (используется при расчете состава бетона). Ориентировочно находится в диапазоне 26-28%;
- сроки схватывания: начало схватывания должно наступать не ранее 45 мин, а конец – не позднее 10 ч с момента затворения;
- равномерность изменения объема при твердении: цемент должен показывать равномерность изменения объема при испытании образцов кипячением в воде.

Условное обозначение цемента включает в себя:

- наименование типа цемента – портландцемент, шлакопортландцемент: допускается применять сокращенное обозначение наименования – соответственно ПЦ;
- марку цемента;
- обозначение максимального содержания добавок в портландцементе: Д0, Д5, Д20;
- обозначение стандарта – ГОСТ 10178-85.

Пример условного обозначения: портландцемент марки 400, с добавками до 20 %:

Портландцемент 400-Д20 ГОСТ 10178-85.

Допускается обозначение (за исключением случаев постав-



Гидравлические вяжущие вещества. Портландцемент

ки цемента на экспорт):

ПЦ 400-Д20 ГОСТ 10178-85.

Вид и содержание добавок приведен в ГОСТ 10178-85
табл.1.

2 ПОДГОТОВКА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА К ИСПЫТАНИЯМ

Пробу цемента, отобранную для испытаний, доставляют в лабораторию в плотно закрытой таре, защищающей цемент от увлажнения и загрязнения посторонними примесями. Пробы цемента до испытания хранят в сухом помещении.

Перед испытанием каждую пробу просеивают через сито с сеткой №09 по ГОСТ 6613-86. Остаток на сите взвешивают и отбрасывают. Массу остатка в процентах, а также его характеристику (наличие комков, кусков дерева, металла и пр.) заносят в рабочий журнал (табл. 2.1). После просеивания пробу цемента перемешивают.

Таблица 2.1 – Журнал приема проб цемента

№	Дата	Маркировка	Масса пробы, кг	Остаток на сите, %	Характеристика
1	2	3	4	5	6

Испытания следует проводить в помещениях с температурой воздуха $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажностью не менее 50 %. Температура воздуха и влажность должны ежедневно отмечаться в рабочем журнале (табл.2.2). Перед испытанием цемент, песок и воду выдерживают до принятия ими температуры помещения.



Гидравлические вяжущие вещества. Портландцемент

Таблица 2.2 – Журнал микроклиматических условий помещения при проведении испытаний

№	Дата	№ лаб.	Температура сух. термометра, °С	Температура влажн. термометра, °С	Относит. влажность	Примечания
1	2	3	4	5	6	7

Для приготовления и хранения образцов применяют обычную питьевую воду. Сосуд для отвешивания или отмеривания воды тарируют в смоченном состоянии.

Температура помещения влажного хранения образцов и воды в ваннах должна быть $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и ежедневно отмечаться в рабочем журнале.

Цемент и песок отвешивают с точностью до 1 г, воду отвешивают или отмеривают с точностью до 0,5 г или 0,5 мл.

Применение алюминиевых и цинковых форм, чаши, лопаток и т. п. не допускается.

3 ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

3.1 Определение марки цемента

Марку цемента определяют по совокупности показателей предела прочности при изгибе и предела прочности при сжатии образцов-балочек размерами 40x40x160 мм, изготовленных из цементно-песчаного раствора нормальной консистенции состава $C : П = 1 : 3$ (по массе, где C , $П$ – расход цемента и песка соответственно) и испытанных по методике ГОСТ 301.4-81.

Раствор изготавливают на основе нормального песка соответствующего ГОСТ 6139 – кварцевый природный песок с нормированным зерновым и химическим составом.

Порядок определения марки цемента:

- приготовление раствора (однородной смеси цемента, песка и воды) и оценка его консистенции;
- установление водоцементного отношения B/C раствора нормальной консистенции;
- изготовление образцов-балочек;
- хранение образцов-балочек до момента испытаний;
- испытание образцов-балочек: определение предела прочности при изгибе $R_{изг}$ и при сжатии $R_{сж}$;
- вывод о марке испытанного цемента и его активности R_c .

Оборудование:

- чаша сферическая и лопатка;
- встряхивающий столик и форма-конус;
- штыковка;
- штангенциркуль (металлическая линейка);
- форма металлическая трех гнездовая с насадкой;
- вибрационная площадка;
- прибор для испытания на изгиб;
- пресс для определения предела прочности при сжатии;
- пластинки для передачи нагрузки;
- весы.

3.1.1 Приготовление цементно-песчаного раствора нормальной консистенции

Под нормальной понимают такую консистенцию растворной смеси, при которой она обладает необходимой удобоукладываемостью, оцениваемой в ходе испытаний на встряхивающем столике. Консистенцию раствора считают нормальной, если диаметр

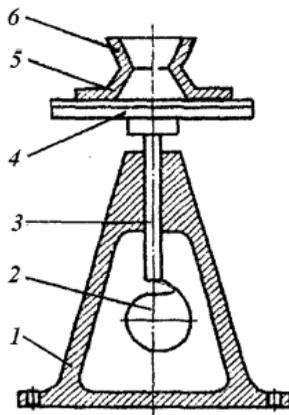
нижнего основания конуса (распływ конуса) составляет 106-115 мм. Его достижение обеспечивают подбором необходимого количества воды затворения и выражают водоцементным отношением *В/Ц*.

Методика выполнения испытания

Для приготовления цементно-песчаного раствора следует использовать специальную мешалку. Как исключение исходные компоненты раствора можно перемешивать вручную не менее 5 мин круглой лопаткой в сферической чаше.

При ручном перемешивании работы производят в следующем порядке:

- отвешивают 1500 г кварцевого песка, 500 г цемента и отмеряют 200 мл воды (водоцементное отношение $В/Ц = 0,40$);
- мокрой тканью протирают сферическую чашу, высыпают в нее песок, затем цемент, перемешивают их лопаткой в течение 1 мин;
- в центре сухой смеси делают лунку, вливают в нее отмеренное количество воды, дают воде впитаться в течение 0,5 мин и в течение 5 мин, с момента затворения водой, перемешивают смесь вручную;
- подготавливают встряхивающий столик: на диск столика устанавливают форму-конус (рисунок 3.1). Внутреннюю поверхность формы конуса и насадки, диск столика и штыковку протирают влажной тканью;



*1 – станина; 2 – кулачек; 3 – шток; 4 – диск столика;
5 – форма-конус; 6 – насадка*

Рисунок 3.1 – Форма-конус и встряхивающий столик



Гидравлические вяжущие вещества. Портландцемент

- форму-конус в два приема (слоями примерно равной толщины) заполняют раствором. Каждый слой уплотняют металлической штыковкой (нижний слой штыкуют 15 раз, верхний – 10 раз);
- во время укладки и уплотнения смеси форму следует прижимать рукой к диску. Снимают насадку, и избыток раствора удаляют ножом, заглаживая с нажимом раствор вровень с краями конуса, затем конус осторожно снимают в вертикальном направлении;
- конус раствора встряхивают на столике 30 раз в течение 30 ± 5 с;
- штангенциркулем или металлической линейкой измеряют диаметр нижнего основания конуса в двух взаимно перпендикулярных направлениях.
- если расплыв конуса менее 106 мм или раствор при встряхивании рассыпается, следует приготовить раствор заново с увеличенным количеством воды. Расплыв конуса при этом должен составить 106 - 108мм. Если расплыв конуса превышает 115 мм, испытание следует повторить с меньшим количеством воды до получения расплыва конуса 113-115 мм.

Обработка результатов

За результат принимают среднее арифметическое значение двух взаимно перпендикулярных замеров.

Водоцементное отношение В/Ц, при котором расплыв конуса составляет 106 – 115 мм, принимают для проведения дальнейших испытаний.

Результаты испытаний заносят в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты определения консистенции раствора.

№	Показатели	Результаты испытаний		
		1	2	3
1	Навеска цемента, г	500	500	500
2	Навеска песка, г	1500	1500	1500
3	Расход воды, мл	200		
4	Диаметр нижнего основания конуса (расплыв конуса), мм			
5	Водоцементное отношение В/Ц	0,40		

3.1.2 Изготовление и хранение образцов-балочек

а) Изготовление образцов-балочек производят в следующей последовательности:

- тщательно собранную и смазанную маслом форму закрепляют на виброплощадке, надевают на неё насадку;
- согласно п. 3.1.1 приготавливают раствор нормальной консистенции;
- форму по высоте наполняют приблизительно на 1 см раствором и включают виброплощадку. В течение первых 2 мин вибрации все три гнезда формы равномерно небольшими порциями заполняют раствором. По истечении 3 мин виброплощадку отключают.
- форму переносят на рабочий стол, избыток раствора удаляют ножом, заглаживая с нажимом раствор вровень с краями формы;
- Образцы маркируют.

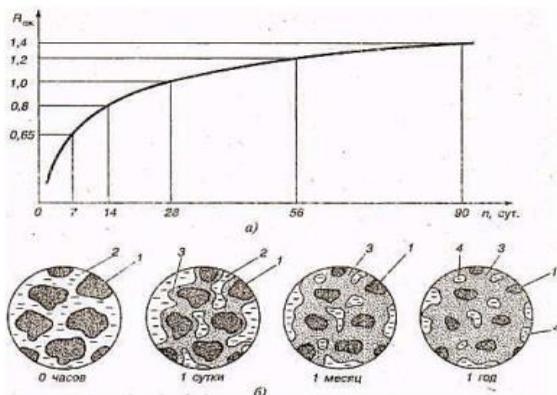
б) Образцы в формах хранят 24 ± 1 ч в ванне с гидравлическим затвором при относительной влажности воздуха не менее 90 %. Температура воды в ванне должна быть 20 ± 2 °С.

- затем образцы осторожно расформовывают и укладывают в ванны с питьевой водой в горизонтальном положении так, чтобы они не соприкасались друг с другом. Вода должна покрывать образцы не менее, чем на 2 см. Воду меняют через 14 сут. Температура ее при замене должна быть 20 ± 2 °С. В этих условиях образцы хранят до момента испытаний.

3.1.3 Определение предела прочности при изгибе

Процесс гидратации зерен портландцемента из-за малой их растворимости растягивается на длительное время (месяцы и годы) (рис. 3.2). Чтобы этот процесс мог протекать, необходимо постоянное присутствие воды в твердеющем материале. Однако нарастание прочности со временем замедляется. Поэтому качество цемента принято оценивать по прочности, набираемой им в первые 28 суток твердения.

Гидравлические вяжущие вещества. Портландцемент

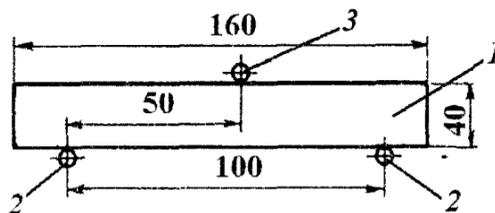


а) рост цемента ($R_{сж}$) во времени (n); б) схема взаимодействия зерен цемента с водой в различные сроки; 1 – зерна цемента; 2 – вода; 3 – гидратные новообразования; 4 – воздушные поры

Рисунок 3.2 – Твердение цемента

Испытания проводят в возрасте 28 сут в следующем порядке:

- образцы вынимают из воды и испытывают не позднее, чем через 30 мин. Непосредственно перед испытанием поверхность образцов следует вытереть;
- образцы-балочки поочередно устанавливают на опорные элементы прибора для испытания на изгиб так, чтобы грани, которые при изготовлении были горизонтальными, находились в вертикальном положении. Схема расположения образца на опорных элементах показана на рисунке 3.3.



1 – образец-балочка; 2 – опорные элементы; 3 – нагружающий валик

Рисунок 3.3 – Схема расположения образца на опорных элементах

Обработка результатов

Предел прочности при изгибе отдельного образца $R_{изг}$ МПа (кгс/см²) рассчитывают по формуле:

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad (3.1)$$

где P – разрушающая (максимальная) нагрузка, установленная при испытании образца, Н (кгс);

l – расстояния между осями опор, мм (см);

b – ширина образца, мм (см);

h – высота образца посередине пролета, мм (см).

Рабочая формула с учетом размера образца:

$$R_{изг} = \frac{75P}{32}$$

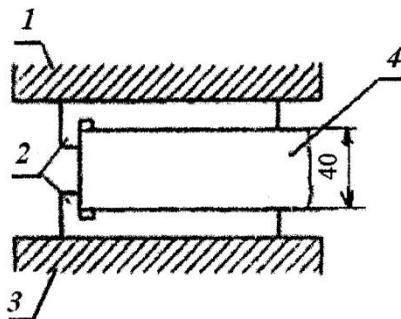
При использовании прибора для испытания на изгиб в момент разрушения образца фиксируют предел прочности при изгибе $R_{изг}$, МПа (кгс/см²).

За результат принимают среднее арифметическое значение предела прочности при изгибе, рассчитанное по двум наибольшим результатам испытания трех образцов.

3.1.4 Определение предела прочности при сжатии

Полученные после испытания на изгиб шесть половинок балочек испытывают на сжатие в следующем порядке:

– каждую половинку балочки поочередно помещают между двумя нажимными пластинками так, чтобы грани, которые при изготовлении были горизонтальными, находились в вертикальном положении, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой плоскости образца (рисунок 3.4). Размер пластинок 6,25x4,00 см, их рабочая площадь равна 25 см².



1 – верхняя плита прессы; 2 – пластинки; 3 – нижняя плита прессы;
4 – половинка образца-балочки

Рисунок 3.4 – Положение образца между нажимными пластинками

Обработка результатов

Предел прочности при сжатии образца $R_{сж}$, МПа (кгс/см²) рассчитывают по формуле:

$$R_{сж}^{28} = \frac{P}{S} \quad (3.2)$$

где P – разрушающая (максимальная) нагрузка, Н (кгс);
 S – рабочая площадь пластинки, мм²;
Результаты заносят в таблицу 3.2

Таблица 3.2 – Результаты испытания образцов в возрасте 28 сут.

Шифр образца	Предел прочности при изгибе $R_{изг}$, МПа (кгс/см ²)		Разрушающая нагрузка при сжатии P , Н (кгс);	Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа (кгс/см ²)		
	отдельного образца	среднее значение		отдельный образец	среднее значение	Марка цемента R_c
1						
2						
3						



Гидравлические вяжущие вещества. Портландцемент

Предел прочности при сжатии вычисляют как среднее арифметическое четырех наибольших результатов из шести испытанных образцов. Полученное значение предела прочности при сжатии называют **активностью цемента** R_d . Активность, округленная в меньшую сторону до номинального ряда (300, 400, 500, 550 и 600) называется **маркой цемента**, (ПРИЛОЖЕНИЕ А).

Если испытания произведены не в возрасте 28 сут, рассчитывают прогнозируемую величину активности цемента

$$R_{28} = \frac{R_n \lg 28}{\lg n}, \quad (3.3)$$

где R_n – прочность раствора в возрасте n суток, МПа (кгс/см²);
 R_{28} – прочность раствора в возрасте 28 суток, МПа (кгс/см²);
 n – возраст раствора, сут;

В расчетах используют следующие справочные значения:
 $\lg 28 = 1,4472$; $\lg 21 = 1,3222$; $\lg 14 = 1,1461$, $\lg 7 = 0,8451$.

Результаты испытания образцов в возрасте $n_{\text{сут}}$ заносят в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Результаты испытания образцов в возрасте $n_{\text{сут}}$.

Шифр образца	Предел прочности при изгибе $R_{изг}$ МПа (кгс/см ²)		Разрушающая нагрузка при сжатии P , Н (кгс);	Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ МПа (кгс/см ²)		
	отдельного образца	среднее значение		отдельный образец	среднее значение	Прогнозируемая величина активности цемента R_d
1	2	3	4	5	6	7
1						
2						
3						

По полученным результатам с использованием данных таблицы 3.2 следует сделать вывод: марка цемента – _____ по ГОСТ 10178-85.

3.2 Определение группы эффективности пропаривания

Эффективность применения того или иного цемента при тепловой обработке следует оценивать не только по относительной прочности, выраженной в процентах от марочной, но также и по абсолютному значению прочности и времени тепловой обработки, в течение которого эта прочность может быть получена.

Прочность бетона, с которой изделие может быть отпущено потребителю с завода, должна составлять, как правило, не менее 70% проектной. Поэтому в результате пропаривания должна быть получена эта прочность в минимально короткий срок без перерасхода цемента.

Таким образом, цементы, которые обеспечивают получение максимальной абсолютной прочности в минимально короткий срок тепловлажностной обработки, следует считать наиболее эффективными при производстве сборного железобетона заводского изготовления.

Для установления группы цемента по эффективности пропаривания необходимо пользоваться ГОСТ 310.4-81 и ГОСТ-10178-85.

Методика выполнения испытания

Образцы для определения прочности цемента при пропаривании изготавливают в соответствии с пп. 3.1.1 и 3.1.2. Для предохранения поверхности образца от попадания конденсата формы накрывают пластинами, выполненными из коррозионно-стойких материалов и не оказывающими давления на образцы. Формы с образцами помещают в пропарочную камеру, где выдерживают в течение 120 ± 10 мин при температуре 20 ± 3 °С (при отключенном подогреве).

Пропарку ведут по следующему режиму:

- равномерный подъем температуры до 85 ± 5 °С ... 180±10 мин;
- изотермический прогрев при температуре 85 ± 5 °С ... 360±10 мин;
- остывание образцов при отключенном подогреве ... 120±10 мин.

Затем открывают крышку камеры.

Через 24 ± 2 ч с момента изготовления образцы расформируют и сразу же испытывают в соответствии с п.3.1.3 и 3.1.4.

Результаты испытания образцов заносят в таблицу 3.4

Таблица 3.4 – Результаты испытания образцов после про-

паривания

Шифр образца	Предел прочности при изгибе $R_{изг}$ МПа (кгс/см ²)		Разрушающая нагрузка при сжатии P , Н (кгс);	Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ МПа (кгс/см ²)		
	отдельного образца	среднее значение		отдельный образец	среднее значение	Группа по эффективности пропаривания
1	2	3	4	5	6	7
1						
2						
3						

Группа по эффективности пропаривания назначают по данным из ГОСТ 10178-85 (ПРИЛОЖЕНИЕ Б).

3.3 Определение насыпной плотности цемента

Под насыпной плотностью, выраженной в г/см³ или кг/м³, понимают массу единицы объема материала в рыхлонасыпном (естественном) состоянии, объем которого включает в себя и межзерновую пустотность.

Насыпная плотность определяется при помощи конусной воронки или наклонной плоскости.

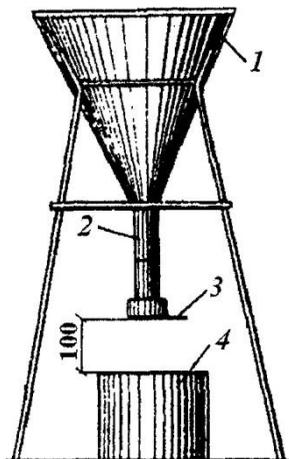
Оборудование:

- весы;
- сосуд мерный цилиндрический металлический вместимостью 1 л;
- стандартная воронка (рисунок 3.5);
- линейка металлическая.

Методика выполнения испытания

Испытания выполняют в следующей последовательности:

- устанавливают на стол воронку, закрывают задвижку, воронку заполняют цементом;



1 – воронка; 2 – трубка; 3 – задвижка; 4 – мерный сосуд

Рисунок 3.5 – Стандартная воронка

- открывают задвижку и заполняют мерный сосуд цементом с небольшим избытком – до образования над верхом сосуда конуса, задвижку закрывают;
 - металлической линейкой осторожно, без уплотнения цемента снимают излишек вровень с краями сосуда;
 - сосуд с цементом взвешивают – определяют массу m_1 .
- Определение насыпной плотности цемента производят два раза, при этом каждый раз берут новую порцию цемента.

Обработка результатов

Насыпную плотность цемента $\rho_{нц}$, г/см³ (кг/м³), вычисляют по формуле:

$$\rho_{нц} = \frac{m_1 - m_c}{V} \quad (3.4)$$

где m_c – масса мерного сосуда, г;
 m_1 – масса мерного сосуда с цементом, г;
 V – объем сосуда, см³.

Результаты испытаний и вычислений заносят в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты испытаний насыпной плотности цемента

Наименование показателей	Результаты	
	1	2
Масса мерного сосуда m_c , г		
Масса мерного сосуда с цементом m_i , г		
Объем сосуда V , см ³		
Насыпная плотность цемента $\rho_{нц}$, г/см ³		
Среднее значение $\rho_{нц}$, г/см ³		
Насыпная плотность цемента $\rho_{нц}$, кг/м ³		

3.4 Определение истинной плотности цемента

Определение истинной плотности цемента производят по методике ГОСТ 310.2-76

За истинную плотность вяжущих принимают массу единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии, выраженную в г/см³. Определение истинной плотности цемента может производиться по нескольким методикам с использованием разных приборов.

3.4.1 Определение истинной плотности цемента с использованием прибора Ле-Шателье

Методика определения истинной плотности цемента предполагает измерение массы и объема материала засыпанного в колбу Ле-Шателье. Особенностью испытаний цемента является то, что прибор Ле-Шателье заполняют не водой, а обезвоженным керосином, во избежание возможности реакции.

Оборудование и реактивы:

- весы технические;
- прибор Ле-Шателье (рисунок 3.6);
- стеклянная воронка;
- эксикатор;
- обезвоженный керосин;
- стеклянный или фарфоровый стакан со стеклянной палочкой.

Методика выполнения испытания

Испытания выполняют в следующей последовательности:

а) подготовка к испытанию:

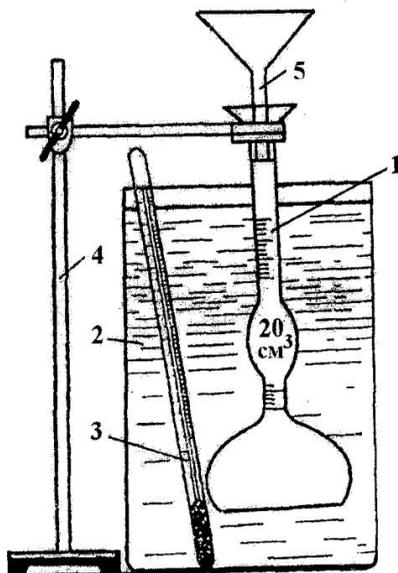
– отвешиваем навески цемента по 180-200 г и сушим до постоянной массы при температуре 100 ± 5 °С и охлаждаем до комнатной температуры в эксикаторе;

– прибор закрепляют в штативе и помещают в стеклянный сосуд с водой так, чтобы его градуированная часть была погружена в воду (рис. 3.6). Температура воды должна соответствовать температуре, при которой производилась градуировка прибора;

б) проведение испытания:

– колбу наполняют керосином до нижней нулевой черты (по нижнему мениску). После этого свободную от керосина часть колбы, выше нулевой черты, тщательно протирают фильтровальной бумагой;

– пробу подготовленного материала засыпают в фарфоровый или стеклянный стакан. Помещают в него стеклянную палочку и определяют массу стакана с цементом и палочкой m_1 ;



1 – прибор Ле-Шателье; 2 – стеклянный сосуд (эксикатор) с водой; 3 – термометр; 4 – штатив; 5 – воронка

Рисунок 3.6 – Система определения истинной плотности

Гидравлические вяжущие вещества. Портландцемент

- далее навеска цемента массой около 65 г с точностью до 0,01 г с помощью стеклянной палочки равномерными наибольшими порциями пересыпается в колбу с керосином через воронку прибора до тех пор, пока уровень жидкости в колбе не установится в пределах верхней градуированной части прибора. В случае если цемент застрянет в узкой части прибора, его осторожно проталкивают вниз провололочкой;
- после этого колбу с содержимым вынимают из воды, наклоняют, и в таком положении проворачивают в течение 10 мин на гладком резиновом коврик для удаления пузырьков воздуха;
- затем колбу переводят в вертикальное положение и снова погружают в воду не менее чем на 10 мин, после чего производят отсчет уровня жидкости в приборе;
- оставшаяся после испытания часть навески цемента взвешивается m_2 с точностью до 0,01 г.

Определение насыпной плотности цемента производят два раза, при этом каждый раз берут новую навеску цемента.

Обработка результатов

Плотность цемента вычисляют с точностью до 0,01 г/см³ как среднее арифметическое значение результатов двух определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,02 г/см³. Если расхождение в результатах превышает 0,02 г/см³, эксперимент повторяют до выполнения данного условия.

Истинную плотность цемента $\rho_{\text{иц}}$, г/см³, вычисляют по формуле:

$$\rho_{\text{иц}} = \frac{m}{V} = \frac{m_1 - m_2}{V} \quad (3.5)$$

где m_1 – масса стакана с цементом и палочкой до испытания, г;
 m_2 – масса стакана с цементом и палочкой после испытания, г;

V – объем вытесненной жидкости, см³.

Результаты испытаний и вычислений заносят в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты определений истинной плотности цемента

Показатели	Результаты	
	1	2
Масса стакана с цементом и палочкой до испытания m_1 , г		
Масса стакана с цементом и палочкой после испытания m_2 , г		
Масса цемента в колбе m , г		
Объем вытесненной жидкости V , см ³		
Истинная плотность $\rho_{иц}$ г/см ³		
Среднее значение истинной плотности $\rho_{иц}$ г/см ³		

3.4.2 Определение истинной плотности цемента в пикнометре

В исследовательских работах при небольшом количестве материала и при необходимости получения более точных результатов истинная плотность порошкообразных материалов определяется пикнометрическим методом.

Пикнометр представляет собой стеклянную колбу с узкой шейкой (рис. 3.7), на которой нанесена метка в виде черты, имеющей сверху уширение. Объем пикнометра до черты составляет около 25 мл. Пикнометр закрывается притертой стеклянной пробкой.

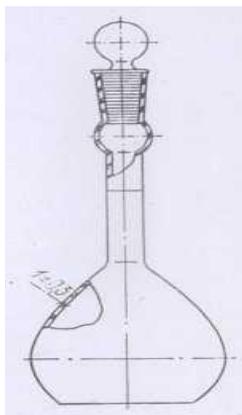


Рисунок 3.7 – Пикнометр

Гидравлические вяжущие вещества. Портландцемент

Оборудование и реактивы:

- весы технические;
- пикнометр (с объемом 25мл);
- стеклянная воронка;
- обезвоженный керосин;
- стеклянный или фарфоровый стакан со стеклянной палочкой.

Методика выполнения испытания*а) подготовка к испытанию:*

- отвешиваем навески цемента по 180-200 г и сушим до постоянной массы при температуре $100 \pm 5^\circ\text{C}$, затем охлаждаем до комнатной температуры в эксикаторе;
- далее отвешиваем навески цемента массой $m_1 \sim 25$ г с точностью взвешивания до 0,005 г в стеклянных бюксах;

б) проведение испытания:

- сухой и чистый пикнометр наполняют керосином примерно до метки, закрывают пробкой и помещают в водяную баню, имеющую температуру 15°C и оставляют в воде на 20 - 40 мин для уравнивания температуры;
- после этого пикнометр вытирают досуха, устанавливают уровень керосина точно по метке и взвешивают $m_{(п+ж)}$ на аналитических весах с точностью до 0,005 г;
- затем часть жидкости, примерно две трети, сливают;
- далее при помощи специального совочка (стеклянной палочки) постепенно пересыпают в пикнометр навеску массой 5 – 10 г цемента (контролируя процесс на весах);
- затем пикнометр охлаждают в той же бане, дополняют жидкостью до метки, насухо вытирают и вновь взвешивают $m_{(п+ж+ц)}$ с точностью до 0,005 г;
- так же взвешиваем бюксу m_2 с остатком цемента с точностью до 0,005 г;

Определение истинной плотности цемента производят два раза, при этом каждый раз берут новую бюксу с навеской цемента.

Обработка результатов

Истинная плотность цемента, определенная пикнометрическим способом, вычисляется как среднее арифметическое значение результатов двух испытаний, отличающихся друг от друга не более чем на $0,005$ г/см³.

Истинная плотность цемента вычисляется по формуле:

$$\rho_{иц} = \frac{m_{ц}}{m_{ц} + m_{(п+ж)} + m_{(п+ж+ц)}} \times \rho_{ж} \quad (3.6)$$

где $m_{ц}$ – масса навески цемента, г;
 $m_{(п+ж)}$ – масса пикнометра с жидкостью, г;
 $m_{(п+ж+ц)}$ – масса пикнометра с жидкостью и цементом, г;
 $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, ;
 Результаты испытаний и вычислений заносят в таблицу 3.7.
 Таблица 3.7 – Результаты определений истинной плотности цемента пикнометрическим способом

Показатели	Результаты	
	1	2
Масса бюксы с цементом до испытания m_{1} , г		
Масса бюксы с цементом после испытания m_{2} , г		
Масса цемента в пикнометре $m_{ц}$, г		
Масса пикнометра с жидкостью $m_{(п+ж)}$, г		
Масса пикнометра с жидкостью и цементом $m_{(п+ж+ц)}$, г		
Плотность жидкости $\rho_{ж}$, г/см ³		
Истинная плотность $\rho_{иц}$, г/см ³		
Среднее значение истинной плотности $\rho_{иц}$, г/см ³		

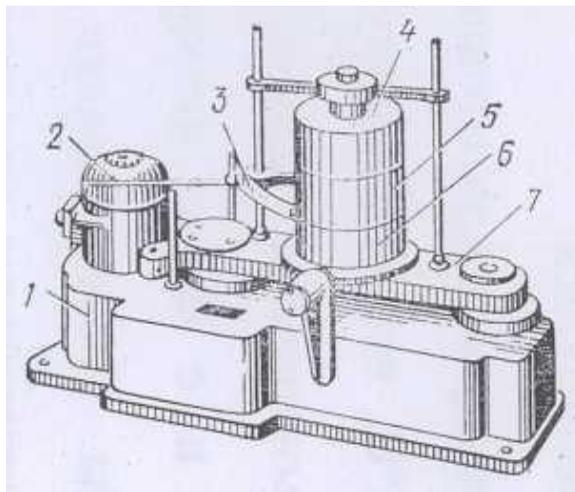
3.5 Определение тонкости помола цемента

Оценка тонкости помола или степени дисперсности может производиться различными методами – ситовым анализом, микроскопическим, определением удельной поверхности и др.

3.5.1 Определение тонкости помола цемента ситовым анализом (по остатку на сите)

Под тонкостью помола понимают характеристику дисперсности цемента. Тонкость помола определяют с использованием метода ситового анализа. Его выполняют при помощи специального прибора для механического просеивания цемента (рисунок 3.8) или при его отсутствии – вручную. Тонкость помола выражают массовой долей остатка цемента на контрольном сите. Остаток на сите № 008, не должен превышать 15 % от общей массы навески.

Испытания проводят по методике ГОСТ 310.2-76.



1 – станина; 2 – электродвигатель; 3 – кулачки; 4,5,6 – крышка, набор сит и поддон соответственно; 7 – шатунно-эксцентриковый механизм

Рисунок 3.8 – Прибор для механического просеивания цемента

Оборудование:

- сито с сеткой № 008 (размер отверстий в свету 0,08 мм);
- прибор для механического просеивания цемента;
- весы электронные.

Методика выполнения испытания

Пробу цемента в течение 2 ч высушивают в сушильном шкафу при температуре 105-110°C и охлаждают в эксикаторе.

Испытания проводят в следующей последовательности:

- отвешивают 50 г цемента и высыпают на сито;
- сито закрывают крышкой и устанавливают его в прибор для механического просеивания;
- включают прибор и в течение 5 – 7 мин осуществляют механическое просеивание;
- выключают прибор, осторожно снимают доньшко и высыпают из него прошедший через сито цемент, прочищают сетку с нижней стороны мягкой кистью, вставляют доньшко и продолжают просеивание;
- проводят контрольное просеивание. Операцию просеивания считают законченной, если при просеивании сквозь сито

проходит не более 0,05 г цемента. Контрольное просеивание выполняют вручную при снятом доннышке на бумагу в течение 1 мин;

– определяют массу остатка цемента на сите с сеткой № 008 $m_{ост}$ в граммах.

Обработка результатов

Тонкость помола цемента $T_{ц}$ рассчитывают в процентах:

$$T_{ц} = \frac{m_{ост}}{m} \quad (3.7)$$

где $m_{ост}$ – масса остатка на сите №008, г;

m – масса навески, г;

Результаты испытаний и вычислений заносят в таблицу 3.8.

Таблица 3.8 – Результаты определений тонкости помола цемента

Показатели	Значения	
	1	2
Масса навески m , г	50	
Масса остатка на сите №008 $m_{ост}$, г		
Тонкость помола i -ой пробы, %		
Тонкость помола $T_{ц}$, %		

3.5.2 Определение тонкости помола цемента методом определения удельной поверхности

Данное испытание проводится при помощи прибора ПСХ-2 (рис. 3.9).

Прибор ПСХ-2 предназначен для определения тонкости помола порошкообразных материалов по величине их удельной поверхности.

Принцип действия прибора основан на зависимости воздухопроницаемости слоя порошка от величины его удельной поверхности.

Удельной поверхностью называется поверхность, которой обладает 1 г зерен материала. Средний размер зерен порошка связан с его удельной поверхностью соотношением:

$$D = \frac{60000}{\rho_{ц} + S_{уд}}; \quad (3.8)$$

где D – средний размер частиц порошка, мк;
 $\rho_{ц}$ – истинная плотность порошка, г/см³;
 $S_{уд}$ – удельная поверхность порошка, см²/г.

Оборудование:

- прибор ПСХ-2;
- весы электронные;
- секундомер.

Методика выполнения испытания

- на дно кюветы (6) укладывают кружок, вырезанный из фильтровальной бумаги средней плотности;
- навеску цемента массой m 8 – 10 г (по руководству к эксплуатации прибора) с точностью взвешивания до 0,01 г с помощью специальной лопатки осторожно пересыпают в кювету, легким постукиванием разравнивают слой цемента и накрывают сверху вторым кружком фильтровальной бумаги;
- плунжер (5) погружают в кювету, нажатием руки уплотняют слой материала и производят измерение высоты слоя испытуемого цемента по миллиметровой шкале (7);
- затем плунжер извлекают, открывают клапан (2) и в системе прибора с помощью груши (4) создают разрежение под слоем цемента. Это разрежение должно быть таким, чтобы жидкость в манометре (1) поднялась до уровня верхней колбочки;
- после кран быстро закрывают. Уровень жидкости в манометре начинает снижаться, что свидетельствует о прохождении воздуха через слой цемента;
- необходимо измерять время прохождения мениска жидкости в манометре между двумя рисками на приборе (при быстром оседании столба жидкости – между рисками 3-4, при медленном – между рисками 1-2). Измерения времени t для одной навески цемента производятся 3 раза;
- температура воздуха, при выполнении испытания также фиксируется.

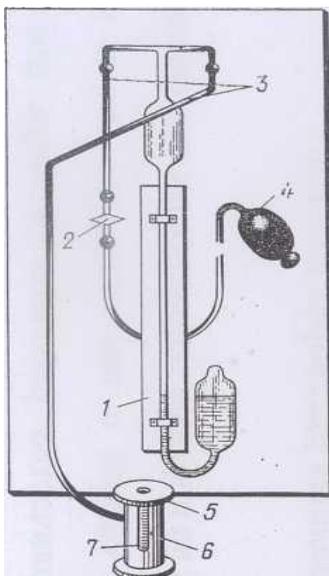


Рисунок 3.9 – Прибор ПСХ-2

Обработка результатов

Вычисление удельной поверхности цемента производится по формуле:

$$S_{\text{уд}} = k \frac{M\sqrt{\tau}}{m} \quad (3.9)$$

где k – постоянная прибора для той пары рисков, между которыми наблюдалось падение столба жидкости;

τ – время прохождения жидкости между рисками, с;

m – масса навески цемента, г;

M – величина, определяемая по таблице в инструкции к прибору (даётся преподавателем).

Удельная поверхность вычисляется как среднее арифметическое значение результатов трех определений (с разными навесками). Результаты определений и вычислений вносят в таблицу 3.9.

Таблица 3.9 – Результаты определений удельной поверхности цемента

№ опыта		1	2	3
Навеска цемента m , г				
Постоянная прибора k , между рисками	1 – 2			
	3 – 4			
Температура воздуха T , °С				
Высота слоя h , см				
Величина M				
Падения столба жидкости t , с	1.			
	2.			
	3.			
	ср.			
Удельная поверхность $S_{уд}$, см ² /г				
Среднее значение $S_{уд}$, см ² /г				
Истинная плотность порошка, г/см ³				
Средний размер частиц порошка D , мк				

3.6 Определение нормальной густоты цементного теста

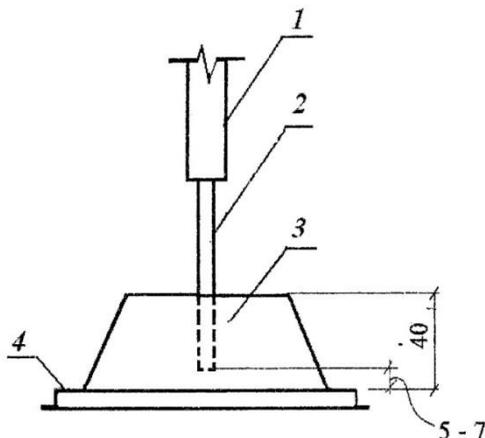
Цементное тесто – однородная пластичная смесь цемента с водой. Его консистенция в зависимости от расхода воды может быть равной. Оценку консистенции цементного теста принято производить по нормальной густоте при использовании прибора Вика.

За нормальную густоту цементного теста принимают такую его консистенцию, при которой пестик прибора Вика, погруженный в кольцо с тестом на 5 – 7 мм не доходит до пластинки, на которой установлено кольцо. Положение пестика прибора Вика до и после его погружения в цементное тесто нормальной густоты показано на рисунке 3.10.

Нормальную густоту цементного теста выражают водоцементным отношением B/C , при котором достигается нормированная консистенция цементного теста.

Нормальную густоту цементного теста характеризуют количеством воды затворения B , выраженным в процентах массы цемента C .

Испытания проводят по ГОСТ 310.3-76.



*1 – цилиндрический металлический стержень; 2 – пестик;
3 – кольцо с цементным тестом; 4 – стеклянная пластинка*

Рисунок 3.10 – Схема испытания по оценке нормальной густоты цементного теста

Оборудование:

- прибор Вика с иглой и пестиком;
- кольцо к прибору Вика;
- сферическая металлическая чаша с лопаткой для перемешивания;
- мерный цилиндр (0,5 л);
- весы электронные;
- секундомер.

Методика выполнения испытания

Последовательность испытаний при ручном приготовлении теста:

а) подготовка прибора Вика:

- закрепление пестика в нижней части стержня и установка иглы в верхней части (масса подвижной части прибора должна быть неизменной и составлять 300 г);
- проверка свободного падения подвижного стержня

Гидравлические вяжущие вещества. Портландцемент

прибора, чистоты пестика, положения стрелки (должна стоять на нуле при соприкосновении пестика со стеклянной пластинкой), смазка кольца и пластинки тонким слоем машинного масла.

б) приготовление цементного теста:

– отвешивают 400 г цемента, высыпают в чашу, предварительно протертую влажной тканью;

– затем делают в цементе углубление, в которое вливают в один прием воду в количестве, необходимом (ориентировочно 96-112 см³) для получения цементного теста нормальной густоты (нормальная густота портландцемента находится в пределах 24 – 28%);

– углубление засыпают цементом и через 30 с после затворения водой сначала осторожно перемешивают, а затем энергично растирают тесто лопаткой;

– продолжительность перемешивания и растирания – 5 мин с момента затворения.

в) определение глубины погружения пестика:

– быстро в один прием заполняют кольцо цементным тестом, пять-шесть раз встряхивают его, постукивая пластинку о твердое основание;

– поверхность теста выравнивают вровень с краями кольца, срезая избыток теста ножом, протертым влажной тканью;

– немедленно пестик прибора Вика доводят до соприкосновения с поверхностью теста в центре кольца, закрепляют стержень стопорным устройством, затем быстро освобождают его;

– через 30 с по шкале прибора Вика определяют глубину погружения пестика в цементное тесто или расстояние, на которое пестик не доходит до стеклянной пластинки;

– если расстояние от пестика до стеклянной пластинки больше или меньше, чем 5 – 7 мм, изменяют количество воды затворения и повторяют испытания, добиваясь погружения пестика на требуемую глубину.

Результаты испытаний заносят в таблицу 3.10.

Таблица 3.10 – Результаты определения нормальной густоты цемента

№	Показатели		Результаты испытаний				
			1	2	3	4	5
1	Навеска цемента, г						
2	Расход воды	мл					
3		%					
4	Расстояние от пестика до стеклянной пластинки, мм						
5	Водоцементное отношение В/Ц						
6	Нормальная густота НГ, %						

3.7 Определение сроков схватывания цемента

Схватывание – необратимый процесс потери подвижности цементным тестом вследствие взаимодействия цемента с водой.

Сроки схватывания характеризуют период, в течение которого цементное тесто сохраняет пластичность. Выделяют: начало и конец схватывания.

Испытания проводят по методике ГОСТ 310.3-76 на цементном тесте нормальной густоты.

За начало схватывания цементного теста принимают время от момента затворения до момента, когда игла прибора Вика не доходит до пластинки на 2 – 4 мм. Начало схватывания цемента должно наступать не ранее 45 мин.

За конец схватывания цементного теста принимают время до момента, когда игла погружается в тесто не более чем на (1 – 2) мм. Конец схватывания цемента должен наступать не позднее 10 ч от начала затворения его водой.

Оборудование:

- прибор Вика с иглой и пестиком;
- кольцо к прибору Вика;
- сферическая металлическая чаша с лопаткой для перемешивания;
- мерный цилиндр (0,5 л);
- весы электронные;
- секундомер.

Методика выполнения испытания

Последовательность испытания сроков схватывания цементного теста:

- иглу прибора Вика закрепляют в нижней части стержня, а пестик в верхней;
- проверяют свободное падение подвижного стержня прибора, чистоту иглы и отсутствие на ней искривлений, нулевое положение стрелки прибора Вика;
- смазывают кольцо и пластинку тонким слоем машинного масла;
- приготавливают цементное тесто согласно п.3.6(б) при расходе воды, соответствующем нормальной густоте (согласно установленной в таблице 3.10);
- укладывают цементное тесто в кольцо прибора Вика,
- установленное на стеклянной пластинке, слегка встряхивают пять-шесть раз для удаления пузырьков воздуха и избыток теста удаляют ножом, поверхность выравнивают;
- кольцо с цементным тестом устанавливают на столик прибора Вика, доводят иглу до соприкосновения с поверхностью теста и закрепляют стержень винтом;
- быстро отвинчивают зажимной винт, чтобы игла могла свободно погрузиться в тесто, и фиксируют глубину погружения иглы;
- иглу погружают в тесто каждые 10 мин. Место погружения иглы в тесто меняют, передвигая кольцо, а иглу каждый раз протирают влажной тряпкой;
- во время проведения испытания прибор должен находиться в затемненном месте, вдали от нагревательных приборов.

Обработка результатов

В ходе испытаний фиксируют время наступления начала схватывания в минутах и конца схватывания в часах и минутах.

Время сроков схватывания округляют, начало схватывания – до 5 мин, конец схватывания – до 15 мин.

Результаты определения сроков схватывания цементного теста:

- навеска цемента – _____ г;
- количество воды затворения для приготовления теста нормальной густоты – _____% _____мл;
- время затворения цемента водой – _____ч _____мин;
- игла прибора Вика не дошла до дна на 2 – 4 мм в _____ч _____мин, т.е. начало схватывания наступило через _____ч _____мин;

– игла прибора Вика погружается в тесто не более чем на 1 – 2 мм в ____ ч ____ мин, т.е. конец схватывания наступил через ____ ч ____ мин.

3.8 Определение равномерности изменения объема

Равномерность изменения объема цемента – его свойство в процессе твердения образовывать цементный камень, деформация которого не превышает значений, установленных нормативным документом.

Процесс твердения цементного теста сопровождается различными по виду и величине изменениями его объема. Это связано как с деформациями усадки, так и с местным увеличением объема твердеющей системы. *Равномерность изменения объема цемента* непосредственно зависит от особенностей вещественного состава цементного клинкера.

Равномерность изменения объема определяют путем оценки внешнего вида лепешек, изготовленных из цементного теста нормальной густоты подвергнутых кипячению.

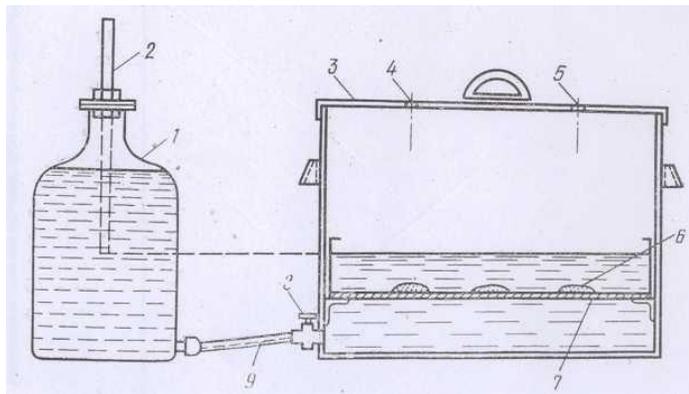
Оборудование:

- сферическая металлическая чашка с лопаткой для перемешивания;
- мерный цилиндр (0,5 л);
- весы и часы;
- бачок для испытания кипячением (рисунок 3.11);
- ванна с гидравлическим затвором;
- стеклянные пластины.

Методика выполнения испытания

- готовят тесто нормальной густоты согласно п 3.6;
- отвешивают две навески теста массой 75 г каждая, формируют из них шарики, помещают их на стеклянную пластинку, предварительно протертую машинным маслом. Постукивают стеклянной пластинкой о твердое основание до тех пор, пока из шариков образуются лепешки диаметром 7 – 8 см и толщиной в середине около 1 см;
- лепешки заглаживают смоченным водой ножом от наружных краев к центру до образования острых краев и гладкой закругленной поверхности;
- хранят лепешки в течение 24 ± 2 ч с момента изготовления в ванне с гидравлическим затвором;
- проводят испытания кипячением: лепешки вынимают из ванны, снимают с пластинок и помещают в бачок с водой на решетку. Воду в бачке доводят до кипения, которое поддержива-

ют в течение 3 ч. Лепешки охлаждают, извлекают из воды и осматривают.



1 – сосуд с водой и регулятором уровня воды в бачке; 2 – подвижная трубка; 3 – крышка; 4 – отверстие для выхода пара; 5 – отверстие для термометра; 6 – образцы-лепешки; 7 – этажерка; 8 – кран; 9 – резиновая трубка

Рисунок 3.11 – Бачок для испытания образцов-лепешек кипячением

Обработка результатов

Цемент соответствует требованиям стандарта в отношении равномерности изменения объема, если не отмечено увеличение объема лепешек и на их лицевой стороне не обнаружено:

- ✓ радиальных, доходящих до краев, трещин или сетки мелких трещин, видимых невооруженным глазом или в лупу;
- ✓ каких-либо искривлений.

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

Допускается в первые сутки после испытаний появление трещин усыхания, не доходящих до краев лепешек, при условии сохранения звонкого звука при постукивании лепешек одна о другую. Внешний вид лепешек, выдержавших испытания на равномерность изменения объема, приведен на рисунке 3.12, не выдержавших испытания – на рисунке 3.13.

В случае, когда образцы-лепешки не выдержали испытания

3.9 Определение коэффициента водоотделения (объёмного)

Водоотделение цемента – это количество воды, отделившейся при расслоении цементного теста вследствие осаждения частиц цемента.

Водоотделение цемента определяют путем оценки осаждения частиц цемента в объеме. Испытание проводят согласно методике ГОСТ 310.6-85. В основном данный показатель контролируют в цементах для строительных и дорожных растворов, тампонажных цементах.

Оборудование:

- фарфоровый стакан вместимостью 1 дм³;
- металлический шпатель;
- весы квадрантные ВЛКТ-2 кг-М;
- градуированный стеклянный цилиндр вместимостью 500 см³ по ГОСТ 1770-74.

Методика выполнения испытания

- отвешивают 350 г цемента и 350 г воды. Воду выливают в фарфоровый стакан, затем в стакан в течение 1 мин высыпают навеску цемента, непрерывно перемешивая содержимое металлическим шпателем;
- полученное цементное тесто перемешивают еще 4 мин и осторожно переливают в градуированный цилиндр;
- цилиндр с цементным тестом ставят на стол и тотчас же отсчитывают объем цементного теста;
- в течение всего времени испытаний цилиндр должен стоять неподвижно и не подвергаться толчкам и встряхиванию.
- объем осевшего цементного теста (в мл) отмечают через 2 ч после первого отсчета и через каждые 30 мин при дальнейших наблюдениях;
- при совпадении двух последних отсчетов дальнейшее наблюдение прекращают, а содержимое цилиндра выливают.

Обработка результатов

Коэффициент водоотделения (объемный) (K_B) в процентах вычисляют по формуле:

$$K_B = \frac{a-b}{a} \times 100 \quad (3.10)$$

где a – первоначальный объем цементного теста, см³;
 b – объем осевшего цементного теста, см³.

Производят два параллельных определения. Водоотделение

Гидравлические вяжущие вещества. Портландцемент

определяют как среднее из двух определений. Отклонение в результатах параллельных определений не должно превышать 1 %.

Результаты испытаний заносят в таблицу 3.11.

Таблица 3.11 – Результаты определения водоотделения цемента

№ опыта	Первоначальный объем цементного теста a , см ³	Объем осевшего цементного теста b , см ³	Коэффициент водоотделения (объемный) (K_b), %	Среднее значение K_b , %
1				
2				

В заключение проделанных лабораторных работ делается вывод о качестве портландцемента.

4 ВЫВОД О КАЧЕСТВЕ ЦЕМЕНТА

По полученным результатам проведенных испытаний цемента в соответствии с методиками ГОСТ 310.1-310.6 следует сделать вывод о качестве цемента:

- марка цемента _____ по ГОСТ 10178-85;
 - активность цемента _____ МПа;
 - насыпная плотность цемента $\rho_{нц}$ = _____ кг/м³;
 - истинная плотность цемента $\rho_{иц}$ = _____ г/см³;
 - по тонкости помола цемент _____ требованиям ГОСТ 10178;
 - удельная поверхность цемента $S_{уд}$ = _____ см²/г при среднем размере частиц цемента D = _____ мк;
 - нормальная густота цементного теста НГ = _____ %;
 - сроки схватывания цемента:
 - начало – _____ ч _____ мин,
 - конец – _____ ч _____ мин
 - по наличию свободных СаО и MgO цемент _____
- ГОСТ 310.3-76;
- коэффициент водоотделения (объемный) K_v = _____ %.

На основе полученных данных составляют паспорт качества (ПРИЛОЖЕНИЕ В).

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Назовите основные свойства, по которым оценивают качество портландцемента. Дайте их краткую характеристику.
- 2 Назовите нормативные документы, которые устанавливают требования к показателям качества портландцемента, и методик их определений.
- 3 Условное обозначение цемента.
- 4 Опишите методику приготовления цементно-песчанного раствора нормальной консистенции.
- 5 Опишите методику изготовления образцов для определения марки цемента и условия их хранения.
- 6 Методика определения предела прочности при изгибе балочек-образцов (схема, расчетная формула и обработка результатов).
- 7 Методика определения предела прочности при сжатии балочек-образцов (схема, расчетная формула и обработка результатов).
- 8 Дайте определение активности цемента. Как её определяют?
- 9 Опишите методику определения насыпной плотности.
- 10 Приведите методику определения истинной плотности цемента.
- 11 Как определяют тонкость помола цемента ситовым анализом?
- 12 Методика определения тонкости помола цемента методом определения удельной поверхности.
- 13 Дайте определение нормальной густоты цементного теста и методику её определения.
- 14 Что характеризуют сроки схватывания, и методика их определения?
- 15 Перечислите критерии, по которым устанавливают соответствие цемента установленным требованиям по равномерности изменения объема.
- 16 Методика определения водоотделения.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия»
2. ГОСТ 30515-97 «Цементы. Общие технические условия»
3. ГОСТ 310.1-76 «Цементы. Методы испытаний. Общие положения»
4. ГОСТ 310.2-76 «Цементы. Методы Определения тонкости помола»
5. ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема»
6. ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии»
7. ГОСТ 310.6-85 «Цементы. Метод определения водоотделения»
8. Л.Н. Попов. Лабораторный контроль строительных материалов и изделий: М.:Стройиздат, 1986.- 349 с.
9. К.Н. Попов, М.Б. Каддо. Строительные материалы и изделия. -М.: Высш.шк., 2001 – 367 с.
10. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение. – М.: Высш.шк., 2002 – 701 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

МАРКИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА ПО ПРОЧНОСТИ

Обозначение цемента	Гарантированная марка	Предел прочности, МПа (кгс/см ²), не менее			
		При изгибе в возрасте, сут		При сжатии в возрасте, сут	
		3	28	3	28
ПЦ-Д0, ПЦ-Д5, ПЦ-Д20, ШПЦ	300	-	4,5 (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)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕМЕНТОВ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОПАРИВАНИЯ

Группа по эффективности пропаривания	Тип цемента	Предел прочности при сжатии после пропаривания, МПа (кгс/см ²), для цемента марок			
		300	400	500	550-600
1	пц	Более 23 (230)	Более 27 (270)	Более 32 (320)	Более 38 (380)
	шпц	Более 21 (210)	Более 25 (250)	Более 30 (300)	—
2	пц	От 20 до 23 (от 200 до 230)	От 24 до 27 (от 240 до 270)	От 28 до 32 (от 280 до 320)	От 33 до 38 (от 330 до 380)
	шпц	От 18 до 21 (от 180 до 210)	От 22 до 25 (от 220 до 250)	От 26 до 30 (от 260 до 300)	—
3	пц	Менее 20 (200)	Менее 24 (240)	Менее 28 (280)	Менее 33 (330)
	шпц	Менее 18 (180)	Менее 22 (220)	Менее 26 (260)	—

Примечание. Для портландцемента и шлакопортландцемента режим пропаривания принят одинаковым в соответствии с ГОСТ 310.4: общая продолжительность 12—13 ч при температуре 80°C (в отличие от СНиП 82-02, где для шлакопортландцемента принят режим пропаривания общей продолжительностью 16—18 ч при температуре 90-95 °С).