



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Строительные материалы»

Практикум

к лабораторной работе по учебным
дисциплинам «Строительные материалы»,
«Материаловедение», «Архитектурно-
реставрационное материаловедение»,
«Архитектурное материаловедение»
для обучающихся по всем направлениям
подготовки

«Оценка качества портландцемента»

Авторы
Каклюгин А.В.,
Трищенко И.В.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания содержат общие сведения о портландцементе, описание стандартных методик определения марки портландцемента, его истинной и насыпной плотности, тонкости помола, нормальной густоты цементного теста, сроков схватывания и равномерности изменения объема при твердении, а также формы таблиц, предназначенных для заполнения в процессе выполнения работы. Включают технические требования к портландцементу, позволяющие сделать заключение о соответствии качества испытанного цемента требованиям ГОСТ 10178.

Предназначены для обучающихся по всем направлениям подготовки очной и заочной формы обучения при изучении дисциплин «Строительные материалы», «Материаловедение», «Архитектурно-реставрационное материаловедение», «Архитектурное материаловедение».

Авторы

к.т.н., доцент кафедры "СМ" Каклюгин А.В.,

к.т.н., доцент кафедры "СМ" Трищенко И.В.





Оглавление

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	4
2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА	6
2.1 Общие требования к проведению испытаний	6
2.2 Приготовление цементно-песчаного раствора нормальной консистенции.....	8
2.3 Изготовление и хранение образцов-балочек.....	10
2.4 Определение предела прочности при изгибе.....	11
2.5 Определение предела прочности при сжатии	12
3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ ПЛОТНОСТИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА.....	15
4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА.....	17
5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОНКОСТИ ПОМОЛА ЦЕМЕНТА ПО ОСТАТКУ НА КОНТРОЛЬНОМ СИТЕ	20
6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА	22
7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ СХВАТЫВАНИЯ ЦЕМЕНТА.....	25
8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА	27
9 ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАБОТЕ	29
10 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	30
БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ	31

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Портландцемент – порошкообразный строительный вяжущий материал, который обладает гидравлическими свойствами, состоит из портландцементного клинкера и, при необходимости, гипса и добавок. Портландцемент относится к группе общестроительных цементов, основным требованием к которым является обеспечение прочности и долговечности бетонов и растворов на их основе.

Портландцементный клинкер представляет собой зернистый материал (в виде горошка), полученный обжигом до спекания (при $t = 1300-1450$ °С) сырьевой смеси, состоящей в основном из карбоната кальция (различных видов известняков) и алюмосиликатов (глин, мергеля и др.) в соотношении 3:1.

В соответствии с требованиями ГОСТ 10178 заводы выпускают следующие типы цемента:

- **портландцемент** – ПЦ Д0 (без минеральных добавок);
- **портландцемент с добавками** – ПЦ Д5, ПЦ Д20 (с активными минеральными добавками не более соответственно 5 и 20 %);
- **шлакопортландцемент** – ШПЦ (с добавками гранулированного шлака 20-80 %).

Минеральные добавки, в том числе гранулированные шлаки – это материалы, вводимые в цемент с целью достижения определенных показателей качества и (или) экономии клинкера и топливно-энергетических ресурсов. Цементы с минеральными добавками в основном сохраняют те же свойства, что и бездобавочный портландцемент, но имеют меньшую стоимость. Их существенный недостаток – повышенная водопотребность и, как следствие, низкая морозостойкость цементного камня.

Различают **активные минеральные добавки**, которые в тонкоизмельченном состоянии проявляют **гидравлические** или **пуццоланические свойства**, и не обладающие такими свойствами добавки-наполнители.

Гидравлические свойства – способность добавки после затворения водой твердеть в воде и на воздухе. В качестве гидравлических добавок чаще всего используют:

- доменные гранулированные шлаки, получаемые при выплавке чугуна;
- электротермофосфорные шлаки, получаемые при производстве фосфора методом возгонки в электропечах.

Грануляцию шлака осуществляют на специальных гра-

Оценка качества портландцемента

нуляционных установках быстрым охлаждением шлакового расплава водой (размер гранул до 10 мм). Шлаки на 90-95 % состоят из оксидов кальция CaO , кремния SiO_2 и алюминия Al_2O_3 , т.е. по химическому составу они близки к портландцементному клинкеру, поэтому их вводят в большем количестве, чем другие активные минеральные добавки.

Пуццолановая добавка (пуццолана) – обладает способностью в присутствии гидроксида кальция $Ca(OH)_2$ проявлять гидравлические свойства за счет наличия в ее составе значительного количества активного кремнезема SiO_2 . В результате химического взаимодействия $Ca(OH)_2$, образующегося в процессе гидратации клинкерных минералов портландцемента, и SiO_2 в присутствии воды образуются низкоосновные гидросиликаты кальция.

В качестве пуццолановых добавок применяют горные породы вулканического (пемза, пепел, туф) и осадочного (диатомит, трепел, опока) происхождения, обожженную глину, топливные золы и др.

При оптимизации технологического процесса производства цемента на всех переделах получают **быстротвердеющий портландцемент** ПЦ Д20-Б и **быстротвердеющий шлакопортландцемент** ШПЦ-Б. Они отличаются от обычного портландцемента интенсивным набором прочности в первые трое суток твердения.

Основные технические свойства портландцемента:

- марка (в зависимости от значений предела прочности при сжатии и предела прочности на растяжение при изгибе стандартных образцов);
- нормальная густота цементного теста;
- сроки схватывания цементного теста нормальной густоты;
- тонкость (степень) помола;
- истинная и насыпная плотность;
- равномерность изменения объема при твердении.

Методы испытаний портландцемента приведены в ГОСТ 310.1 – ГОСТ 310.4. Общие требования к проведению испытаний следующие:

- воду следует взвешивать с точностью до 0,5 г или отмеривать с точностью до 0,5 мл;
- запрещается применять алюминиевые и цинковые формы, чаши, лопатки и т. п., т.к. цементное тесто имеет сильнощелочную среду ($pH=11-13$) и разрушает цинк и алюминий.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

2.1 Общие требования к проведению испытаний

Марку портландцемента определяют по совокупности показателей предела прочности при изгибе и предела прочности при сжатии образцов-балочек размерами $40 \times 40 \times 160$ мм, изготовленных из цементно-песчаного раствора нормальной консистенции состава $C : П = 1 : 3$ (по массе, где C – расход цемента, $П$ – расход песка) и испытанных в соответствии с ГОСТ 310.4.

Раствор следует готовить на стандартном моно- или полифракционном песке, соответствующем ГОСТ 6139 – кварцевом природном песке с нормированным зерновым и химическим составом.

Порядок определения марки цемента:

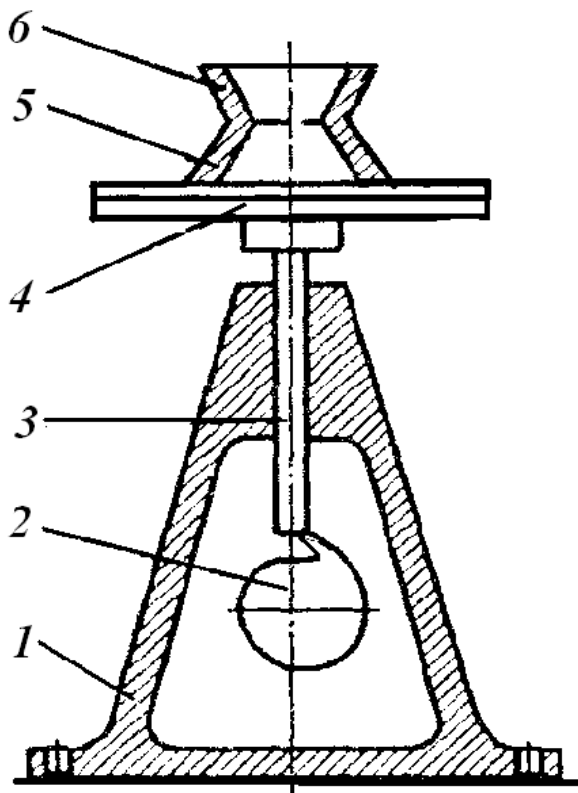
- приготовление раствора (однородной смеси цемента, песка и воды) нормальной консистенции;
- изготовление образцов-балочек;
- хранение образцов-балочек до момента испытаний;
- определение предела прочности при изгибе $R_{изг}$ и при сжатии $R_{сж}$;

- вывод о марке испытанного цемента и его активности R_c .

Аппаратура:

- мешалка для перемешивания цементного раствора;
- чаша сферическая и лопатка;
- встряхивающий столик и форма-конус (рисунок 1);
- штыковка;
- штангенциркуль (металлическая линейка);
- форма металлическая трехгнездовая с насадкой (рисунок 2);
- вибрационная площадка;
- прибор для испытания на изгиб образцов-балочек, обеспечивающий среднюю скорость нарастания нагрузки $(0,05 \pm 0,01)$ кН/с;
- пресс для определения предела прочности при сжатии с предельной нагрузкой до 500 кН;
- пластинки для передачи нагрузки (рисунок 3);
- весы лабораторные с точностью взвешивания до 1 г.

Оценка качества портландцемента



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

Рисунок 1 – Форма-конус и встряхивающий столик

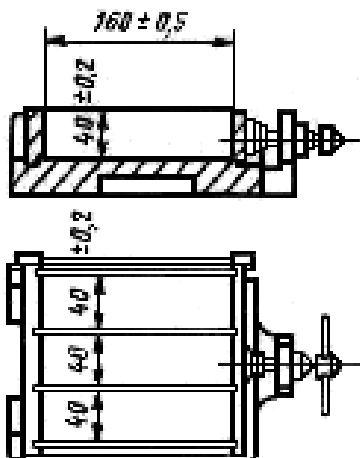


Рисунок 2 – Форма

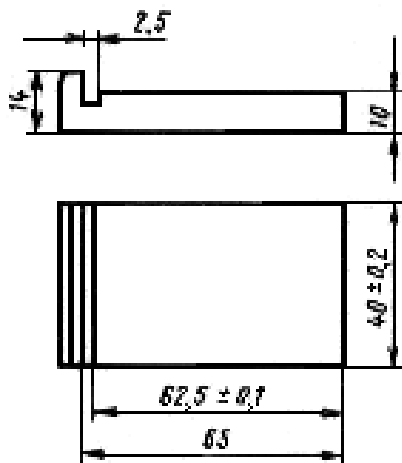


Рисунок 3 – Нажимная пластина

2.2 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. Ее достигают подбором необходимого количества воды затворения и выражают водоцементным отношением B/C .

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

При ручном перемешивании работы проводят в следующем порядке:

- отвешивают 1500 г стандартного песка, 500 г цемента, отмеряют 200 мл воды (водоцементное отношение $B/C = 0,40$);
- мокрой тканью протирают сферическую чашу, высыпают в нее песок и 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

Оценка качества портландцемента

и в течение 5 мин перемешивают смесь вручную;

- подготавливают встряхивающий столик: на диск столика устанавливают форму-конус, внутреннюю поверхность формы-конуса и насадки, диск столика и штыковку протирают влажной тканью;

- форму-конус заполняют раствором в два приема слоями примерно равной толщины. 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. 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. За результат принимают среднее арифметическое значение.

Консистенцию раствора считают **нормальной**, если диаметр нижнего основания конуса (расплыв конуса) составляет 106 – 115 мм.

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 – 108 мм. Если расплыв конуса превышает 115 мм, испытание следует повторить с меньшим количеством воды до получения расплыва конуса 113 – 115 мм.

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

Результаты испытаний заносят в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты определения консистенции раствора

Показатели	Результаты испытаний		
	1	2	3
Расход песка, г	1500	1500	1500
Расход цемента C , г	500	500	500
Расход воды B , г	200		
Диаметр нижнего основания конуса (расплав конуса), мм			
Водоцементное отношение B/C , обеспечивающее получение раствора нормальной консистенции			

2.3 Изготовление и хранение образцов-балочек

Изготовление образцов-балочек проводят в следующей последовательности:

- тщательно собранную и смазанную маслом форму закрепляют на виброплощадке, надевают на нее насадку;
- согласно 2.2 приготавливают раствор нормальной консистенции;
- форму по высоте приблизительно на 1 см наполняют раствором и включают виброплощадку. Общее время виброуплотнения раствора – 3 мин. В течение первых двух минут гнезда формы равномерно небольшими порциями заполняют раствором. В течение третьей минуты выполняют виброуплотнение без добавления раствора. Затем виброплощадку отключают. Форму переносят на рабочий стол, избыток раствора удаляют ножом, заглаживая с нажимом раствор вровень с краями формы. Образцы маркируют.

Хранение образцов-балочек. 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 об-

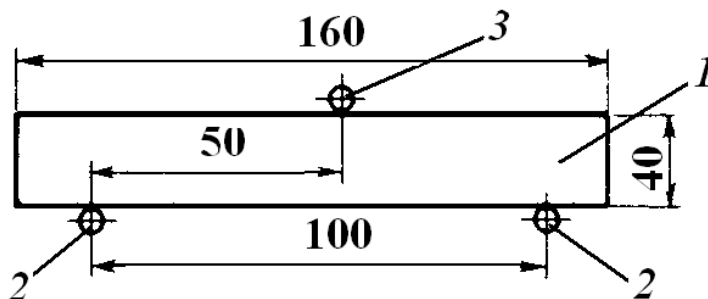
разцы хранят до момента испытаний.

2.4 Определение предела прочности при изгибе

Испытания проводят в возрасте 28 сут.

Образцы-балочки вынимают из воды и испытывают не позднее, чем через 30 мин. Непосредственно перед испытанием их поверхность 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 4.



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

Рисунок 4 – Схема определения предела прочности при изгибе

Предел прочности при изгибе отдельного образца $R_{изг}$, МПа, рассчитывают по формуле

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (1)$$

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

l – расстояние между осями опор, мм;

b – ширина образца, мм;

h – высота образца посередине пролета, мм.

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

Предел прочности при изгибе определяют как среднее арифметическое значение двух наибольших результатов испытаний.

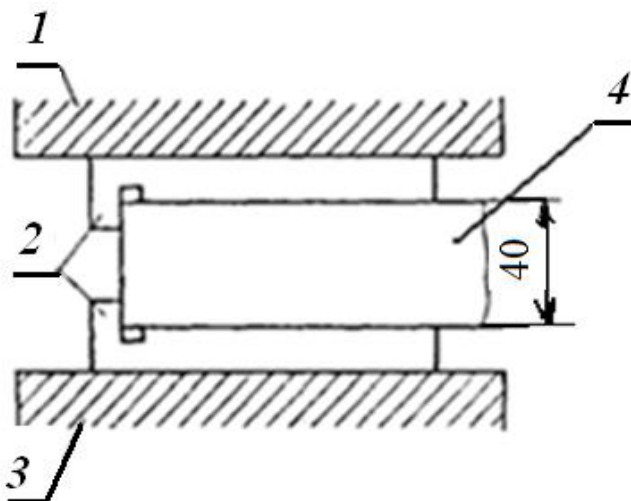
Результаты испытаний и вычислений заносят в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты испытания образцов в возрасте $n =$ ___ сут

№ образца	Предел прочности при изгибе, МПа		Разрушающая нагрузка при сжатии, Н	Предел прочности при сжатии, МПа		
	Отдельный образец	Среднее значение		Отдельный образец	Среднее значение	Прогнозируемая величина активности цемента $R_{ц}$
1						
2						
3						

2.5 Определение предела прочности при сжатии

Полученные при испытании на изгиб половинки образцов-балочек испытывают на сжатие. Каждую половинку балочки помещают между двумя пластинками так, чтобы грани, которые при изготовлении были горизонтальными, находились в вертикальном положении, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой плоскости образца (рисунок 5).



1 – верхняя плита пресса; 2 – пластинки размерами 6,25×4,0 см;
3 – нижняя плита пресса; 4 – половинка образца-балочки

Рисунок 5 – Схема определения предела прочности при сжатии

Предел прочности при сжатии отдельного образца $R_{сж}$, МПа, рассчитывают по формуле

$$R_{сж} = \frac{P}{S}, \quad (2)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;

S – рабочая площадь пластинки, мм². $S = 2500$ мм².

Средняя скорость нарастания нагрузки должна быть $(2,0 \pm 0,5)$ МПа/с.

Предел прочности при сжатии вычисляют как среднее арифметическое четырех наибольших результатов испытания шести образцов. Полученное среднее значение предела прочности при сжатии половинок образцов-балочек в возрасте 28 сут называют активностью цемента R_u .

Если при выполнении настоящей лабораторной работы испытания проводят ранее 28 сут., необходимо определить величину

Оценка качества портландцемента

ну прогнозируемой активности цемента. Для вычислений допускается использование эмпирической формулы

$$R_{28} = \frac{R_n \lg 28}{\lg n}, \quad (3)$$

где R_n – прочность раствора в возрасте n суток, МПа;

R_{28} – то же, в возрасте 28 сут, МПа;

n – возраст раствора, сут.

Формула (3) применима только для портландцемента средних марок без добавок или с минимальным содержанием гидравлической добавки и дает удовлетворительные результаты, начиная с $n > 3$.

В расчетах используют следующие справочные значения:
 $\lg 28 = 1,4472$; $\lg 21 = 1,3222$; $\lg 14 = 1,1461$, $\lg 7 = 0,845$.

Результаты испытаний и вычислений заносят в таблицу 2.

Марку портландцемента устанавливают в соответствии с таблицей 3 по средним значениям пределов прочности при сжатии и при изгибе образцов-балочек в возрасте 28 сут., полученных в результате испытаний.

Таблица 3 – 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	—	4,4 (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)

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ ПЛОТНОСТИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

Истинную плотность цемента определяют по методике, имеющей некоторые отличия от методики, изученной в лабораторной работе «Методы определения физических свойств строительных материалов».

Аппаратура и вспомогательные материалы:

- весы лабораторные технические с точностью взвешивания 0,01 г;
- прибор Ле-Шателье;
- обезвоженный керосин.

Проведение испытаний. Истинную плотность цемента определяют по методике ГОСТ 310.2.

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

Прибор Ле-Шателье наполняют обезвоженным керосином до любой черты в нижней части градуированной шкалы. Свободную от керосина часть прибора тщательно протирают тампоном из фильтровальной бумаги. Затем прибор закрепляют в штативе и термостатируют в стеклянном сосуде с водой при температуре, соответствующей температуре, при которой произведена градуировка его шкалы. По нижнему мениску определяют первоначальный уровень керосина.

От высушенной и охлажденной пробы отвешивают 65 г цемента, ложечкой через воронку небольшими равномерными порциями полностью высыпают его в прибор.

Для удаления пузырьков воздуха прибор с содержимым вынимают из сосуда с водой, поворачивают его в наклонном положении в течение 10 мин на гладком резиновом коврике и снова помещают в сосуд с водой не менее чем на 10 мин. Затем фиксируют уровень жидкости в приборе.

Разность значений уровня керосина в верхней части шкалы и уровня керосина до начала испытаний соответствует объему, занимаемому цементом V_2 , см³.

Истинную плотность цемента $\rho_{иц}$, г/см³, рассчитывают с точностью до 0,01 г/см³ по формуле

Оценка качества портландцемента

$$\rho_{иц} = \frac{m}{V_a}, \quad (4)$$

где m – навеска цемента, г;

V_a – объем керосина, вытесненного цементом, см³.

Испытания проводят два раза. Среднее значение истинной плотности цемента вычисляют 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.

Результаты испытаний и вычислений заносят в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты определения истинной плотности цемента

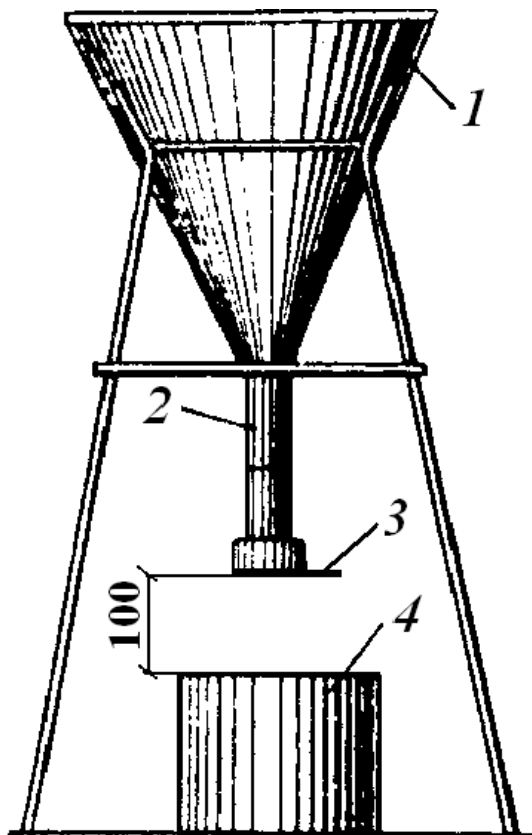
Показатели	Номера определений	
	1	2
Масса цемента m , г	65	65
Объем керосина, вытесненного цементом, V_a , см ³		
Истинная плотность $\rho_{иц}$, г/см ³		
Среднее значение истинной плотности $\bar{\rho}_{иц}$, г/см ³		
Среднее значение истинной плотности $\bar{\rho}_{иц}$, кг/м ³		

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

Насыпную плотность выражают отношением массы цемента к занимаемому им объему в рыхлом состоянии. Объем цемента включает в себя объем межзерновых пустот.

Аппаратура:

- весы;
- сосуд мерный цилиндрический металлический вместимостью 1 л;
- стандартная воронка (рисунок 6);
- линейка металлическая.



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

Рисунок 6 – Стандартная воронка

Проведение испытаний. Испытания выполняют в следующей последовательности:

- устанавливают на стол воронку, закрывают задвижку, воронку заполняют цементом;
- взвешивают мерный сосуд (определяют массу сосуда m_c , кг), устанавливают его под воронку. Расстояние от задвижки до краев сосуда – 100 мм;
- открывают задвижку и заполняют мерный сосуд цементом с небольшим избытком – до образования над верхом сосуда конуса, задвижку закрывают;
- металлической линейкой осторожно, не допуская уплотнения, снимают излишек цемента вровень с краями сосуда;
- сосуд с цементом взвешивают – определяют массу m_1 , кг.

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

$$\rho_{нц} = \frac{m_1 - m_c}{V}, \quad (2)$$

где m_c – масса мерного сосуда, кг;

m_1 – масса мерного сосуда с цементом, кг;

V – объем сосуда, м³.

Насыпную плотность цемента определяют два раза, при этом каждый раз берут новую порцию цемента.

Результаты испытаний и вычислений заносят в таблицу 5.

Оценка качества портландцемента

Таблица 5 – Результаты определения насыпной плотности

Наименование показателей	Результаты определений	
	1	2
Масса мерного сосуда m_c , кг		
Масса мерного сосуда с цементом m_1 , кг		
Объем мерного сосуда V , л	1	
Насыпная плотность цемента $\rho_{нц}$, кг/л		
Среднее значение насыпной плотности $\bar{\rho}_{нц}$, кг/л		
Среднее значение насыпной плотности $\bar{\rho}_{нц}$, кг/м ³		

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОНКОСТИ ПОМОЛА ЦЕМЕНТА ПО ОСТАТКУ НА КОНТРОЛЬНОМ СИТЕ

Тонкость помола характеризует степень дисперсности цемента. Тонкость помола определяют с использованием метода ситового анализа. Его выполняют вручную или при помощи специального прибора для механического просеивания цемента. Тонкость помола выражают массовой долей остатка цемента на контрольном сите.

Испытания проводят по методике ГОСТ 310.2.

Аппаратура:

- сито с квадратными ячейками размерами 0,08 мм;
- прибор для механического просеивания;
- весы лабораторные с точностью взвешивания до 0,05

г.

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

Испытания осуществляют в следующей последовательности:

- отвешивают 50 г цемента и высыплют на сито;
- сито закрывают крышкой и устанавливают в прибор для механического просеивания;
- включают прибор и в течение 5 – 7 мин осуществляют механическое просеивание;
- выключают прибор, осторожно снимают доньшко и высыплют из него прошедший через сито цемент, прочищают сетку с нижней стороны мягкой кистью, вставляют доньшко и продолжают просеивание;
- проводят контрольное просеивание. Просеивание считают законченным, если при просеивании сквозь сито проходит не более 0,05 г цемента. Контрольное просеивание выполняют вручную при снятом доньшке на бумагу в течение 1 мин;
- определяют массу остатка цемента на сите $m_{ост}$, г.

Тонкость помола цемента T_u , % по массе, рассчитывают по формуле

$$T_u = \frac{m_{ост}}{m} 100, \quad (3)$$

Оценка качества портландцемента

где $m_{ост}$ – масса остатка цемента на сите, г;

m – масса просеиваемого цемента, г.

Результаты испытаний и вычислений заносят в таблицу 6.

Таблица 6 - Результаты определения тонкости помола

Показатели	Значения
Масса просеиваемого цемента m , г	50
Масса остатка цемента на сите № 008 $m_{ост}$, г	
Тонкость помола T_y , %	
Нормируемое значение остатка на сите № 008, %, не более	15

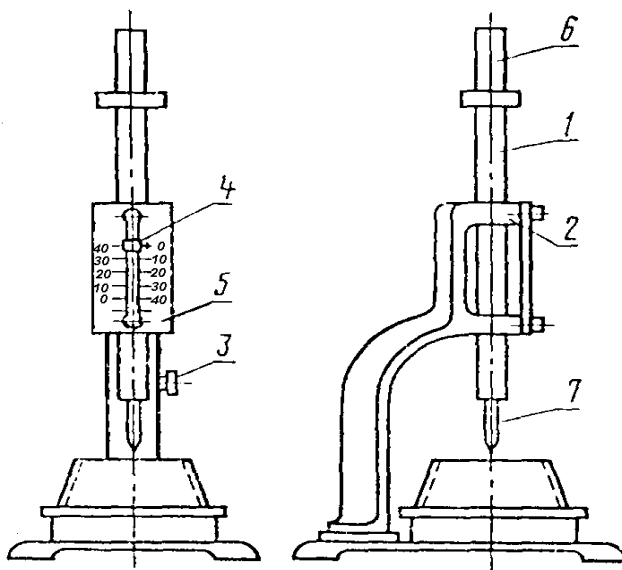
6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА

Цементное тесто – однородная пластичная смесь цемента с водой. Его консистенция в зависимости от расхода воды может быть разной. Нормальную густоту цементного теста выражают водоцементным отношением B/C , при котором достигается нормированная консистенция цементного теста.

Испытания проводят по ГОСТ 310.3.

Аппаратура:

- прибор Вика с иглой и пестиком (рисунок 7);
- кольцо к прибору Вика;
- весы лабораторные с точностью взвешивания 1 г.



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

Рисунок 7 – Прибор Вика

Оценка качества портландцемента

Проведение испытаний. При приготовлении цементного теста вручную испытания проводят в следующей последовательности:

– подготовка прибора Вика. Пестик закрепляют в нижней части стержня и устанавливают иглу в верхней его части (масса подвижной части прибора должна составлять 300 г). Проверяют свободное падение стержня, чистоте пестика, положение стрелки (должна стоять на нуле при соприкосновении пестика со стеклянной пластинкой). Смазывают кольцо и пластинку машинным маслом;

– приготовление цементного теста. 400 г цемента высыпают в чашу, предварительно протертую влажной тканью. В цементе делают углубление, в которое вливают в один прием воду в количестве, необходимом (ориентировочно) для получения цементного теста нормальной густоты. 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;

– 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 доводят до соприкосновения с поверхностью теста в центре кольца и закрепляют стержень стопорным устройством. Быстро освобождают его. Через 30 с по шкале прибора определяют глубину погружения пестика в цементное тесто или расстояние, на которое он не доходит до пластинки.

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 (рисунок 8).

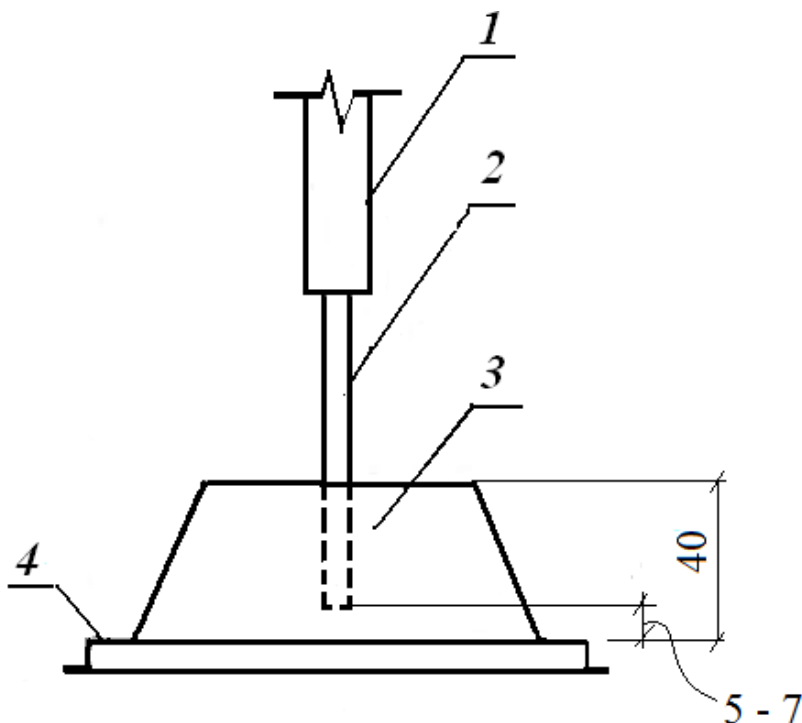
Если расстояние от пестика до стеклянной пластинки больше или меньше, чем 5 – 7 мм, изменяют количество воды затворения и повторяют испытания, добиваясь погружения пестика на требуемую глубину.

Результаты испытаний заносят в таблицу 7.

Оценка качества портландцемента

Таблица 7 – Результаты определения нормальной густоты цементного теста

Показатели	Результаты испытаний		
	1	2	3
Расход цемента C , г	400	400	400
Расход воды B , г			
Расстояние от пестика до стеклянной пластинки, мм			
Нормальная густота цементного теста, %			



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

Рисунок 8 – Положение пестика прибора Вика после погружения в цементное тесто нормальной густоты

7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ СХВАТЫВАНИЯ ЦЕМЕНТА

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

Сроки схватывания – промежуток времени, в течение которого цементное тесто теряет пластичность и переходит в твердое состояние. Выделяют: начало и конец схватывания.

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

Аппаратура:

- аппаратура для определения нормальной густоты цементного теста согласно б.

Проведение испытаний:

- 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; смазывают кольцо и пластинку тонким слоем машинного масла;

- приготавливают цементное тесто нормальной густоты;

- укладывают цементное тесто в кольцо прибора Вика, установленное на стеклянной пластинке; слегка встряхивают пять – шесть раз для удаления пузырьков воздуха; избыток теста удаляют ножом, поверхность выравнивают;

- кольцо с цементным тестом устанавливают на столик прибора, доводят иглу до соприкосновения с поверхностью теста и закрепляют стержень винтом; быстро отвинчивают зажимной винт, чтобы игла могла свободно погрузиться в тесто; 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.

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

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 портландцемента должно наступать не ранее 45 мин от момента затворения.

За **конец схватывания цементного теста** принимают

Оценка качества портландцемента

время от момента затворения до момента, когда игла прибора Вика погружается в тесто не более чем на 1 – 2 мм.

Конец схватывания портландцемента должен наступать не позднее 10 ч от момента затворения.

8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА

Равномерность изменения объема цементного теста

– способность при твердении формировать цементный камень без деформаций, развитие которых может быть вызвано гидратацией свободных оксидов кальция CaO и магния MgO . Взаимодействие этих оксидов с водой протекает с увеличением объема гидратов (расширением). Поэтому в местах их расположения объем цементного камня увеличивается, что вызывает его коробление или растрескивание. Отмеченное является следствием избыточного содержания в клинкере свободного оксида кальция CaO (более 1 %) и свободного оксида магния MgO (более 5 %).

Равномерность изменения объема определяют по ГОСТ 310.3 испытанием образцов-лепешек, изготовленных из цементного теста нормальной густоты.

Аппаратура:

- бачок для испытания кипячением;
- ванна с гидравлическим затвором;
- аппаратура для приготовления цементного теста нормальной густоты по 6.

Проведение испытаний

- готовят тесто нормальной густоты;
- отвешивают две навески теста массой 75 г каждая, формируют из них шарики, помещают их на стеклянную пластинку, протертую машинным маслом. Постукивают стеклянной пластинкой о твердое основание до образования лепешки диаметром 7 – 8 см и толщиной в середине около 1 см. Поверхность лепешки заглаживают ножом, смоченным водой, от наружных краев к центру до образования острых краев и гладкой закругленной поверхности;

– хранят лепешки в течение (24 ± 2) ч в ванне с гидравлическим затвором;

– проводят испытания кипячением (что интенсифицирует процессы гашения CaO и MgO и ускоряет испытания): лепешки вынимают из ванны, снимают с пластинок и помещают в бачок с водой на решетку. Воду в бачке доводят до кипения, которое поддерживают в течение 3 ч;

– лепешки в бачке охлаждают, извлекают из воды и осматривают.

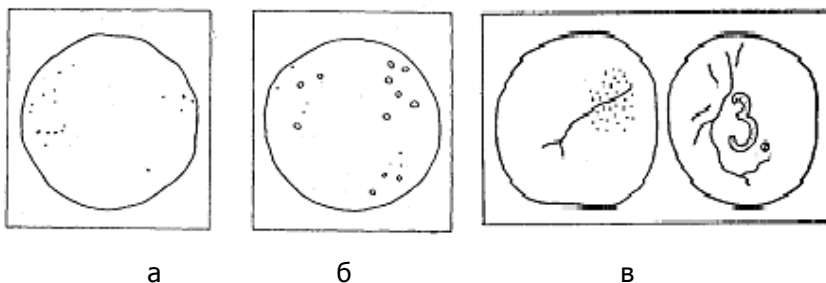
Цемент соответствует требованиям стандарта в отношении равномерности изменения объема, если не отмечено увеличение

Оценка качества портландцемента

объема лепешек и на их лицевой стороне не обнаружено:

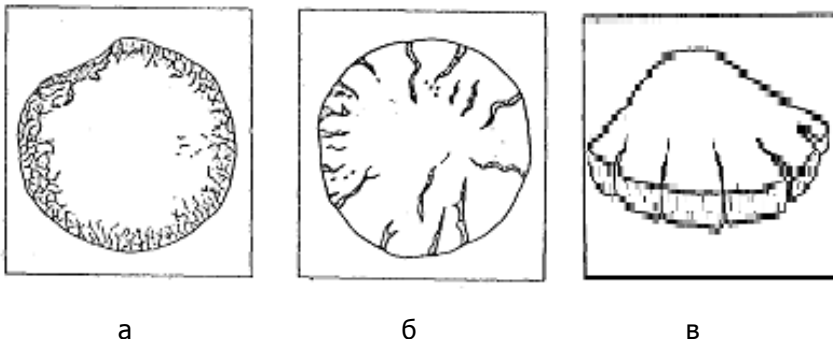
- радиальных, доходящих до краев, трещин или сетки мелких трещин, видимых невооруженным глазом или в лупу;
- каких-либо искривлений (их размеры не должны превышать 2 мм на краю или в середине лепешки).

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 лицевой поверхности лепешек, выдержавших испытание на равномерность изменения объема, приведен на рисунке 9. В данном случае считают, что цемент по равномерности изменения объема соответствует требованиям ГОСТ 10178. Внешний вид лепешек, не выдержавших испытание, представлен на рисунке 10. В этом случае цемент признают не соответствующим требованиям ГОСТ 10178.



а, б – отсутствие дефектов лицевой поверхности; в – трещины усыхания

Рисунок 9 – Лепешки, выдержавшие испытания на равномерность изменения объема



а – разрушение; б – радиальные трещины; в – искривление

Рисунок 10 – Лепешки, не выдержавшие испытания на равномерность изменения объема

9 ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАБОТЕ

- марка цемента _____ ;
 - активность цемента _____ МПа;
 - истинная плотность цемента $\rho_{иц} =$ _____ кг/л;
 - насыпная плотность цемента $\rho_{нц} =$ _____ кг/л;
 - по тонкости помола цемент _____
- требованиям ГОСТ 10178;
- нормальная густота цементного теста _____ %.

10 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Что такое портландцемент и портландцементный клинкер?

2 Какие типы портландцемента выпускают российские цементные заводы? С какой целью в состав цемента вводят минеральные добавки?

3 Охарактеризуйте гидравлические свойства активных минеральных добавок в цементах. Какие материалы применяют в этих целях?

4 Что такое пуццоланические свойства? Какие материалы используют в качестве пуццолановых добавок?

5 Назовите основные свойства, по которым оценивают качество портландцемента. Дайте их краткую характеристику.

6 Опишите порядок изготовления образцов для определения марки цемента и условия их хранения.

7 Опишите порядок определения предела прочности при изгибе (схема испытаний, обработка результатов).

8 Как определяют предел прочности при сжатии (схема испытаний, расчетная формула, обработка результатов)?

9 Дайте определение активности цемента. Как ее устанавливают?

10 Приведите методику определения истинной плотности цемента. Опишите методику определения насыпной плотности.

11 Как определяют тонкость помола цемента?

12 Дайте определение нормальной густоты цементного теста и опишите порядок ее определения.

13 Что характеризуют сроки схватывания цемента, как их устанавливают?

14 Поясните, чем обусловлена неравномерность изменения объема при твердении цемента. Перечислите критерии, по которым устанавливают соответствие цемента установленным требованиям по равномерности изменения объема.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

1 ГОСТ 310.1-76 Цементы. Методы испытаний. Общие положения.

2 ГОСТ 310.2-76 Цементы. Методы определения тонкости помола.

3 ГОСТ 310.3-76 Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема.

4 ГОСТ 310.4-81 Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии.

5 ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.

6 Каклюгин А.В., Трищенко И.В. Лабораторный практикум по учебным дисциплинам «Строительные материалы» и «Дорожное материаловедение и технология дорожно-строительных материалов». Часть 1. – Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2014.

7 Лабораторные определения свойств строительных материалов: учеб. пособие/ В.В. Белов [и др.]. – М.: АСВ, 2008.

8 Оценка качества строительных материалов: учеб. пособие/ К.Н. Попов [и др.]. – М.: АСВ, 2004.

9 Попов Л.Н., Попов Н.Л. Лабораторные работы по дисциплине «Строительные материалы и изделия»: учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2003.