

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

## **Кафедра строительных материалов**

С. В. Анисимова

А. Е. Коршунов

А. А. Мольков

## **ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫЕ ЦЕМЕНТЫ**

**Учебно-методическое пособие  
студентам всех форм обучения  
по направлению 08.03.01 «Строительство»**

Нижний Новгород

ННГАСУ

2016 г.

УДК 691.542

Анисимова С.В., Коршунов А.Е., Мольков А.А. Общестроительные цементы. [Текст]: учебно-метод. пос. студентам всех форм обучения по направлению 08.03.01 «Строительство» - Нижний Новгород: ННГАСУ, 2016. – 38 с.

В учебно-методическом пособии приведены сведения о составе и технологии производства общестроительных цементов на основе портландцементного клинкера, описаны основные требования к ним, важнейшие характеристики их свойств и методы контроля.

Пособие может быть использовано студентами ННГАСУ при подготовке к лабораторным работам и аттестации по дисциплинам «Строительные материалы», «Материаловедение», «Вязущие вещества».

Рис. 9, табл. 12, библиограф. наим. 15

Рецензенты: д.т.н., профессор В.П. Сучков  
к.т.н., доцент А.В. Исаев

## Содержание

Введение .....	4
1 Технология производства цементов на основе портландцементного клинкера.....	5
1.1 Производство портландцементного клинкера.....	5
1.2 Получение цементов при помоле клинкера.....	7
1.3 Сведения об активных минеральных добавках .....	8
2 Классификация общестроительных цементов .....	10
3 Свойства общестроительных цементов .....	12
3.1 Технические характеристики цементов.....	12
3.2 Отбор и подготовка проб цемента .....	14
3.3 Определение тонкости помола цемента по остатку на сите .....	15
3.3 Приготовление цементного теста.....	16
3.3.1 Описание конструкции прибора Вика.....	18
3.3.2 Определение нормальной густоты цементного теста .....	19
3.3.3 Определение сроков схватывания цементного теста .....	20
3.4 Определение равномерности изменения объема цемента с использованием колец Ле Шателье .....	23
3.5 Приготовление стандартной растворной смеси .....	25
3.6 Изготовление образцов из цементного раствора.....	26
3.7 Испытание образцов-балочек .....	28
3.7.1 Определение предела прочности при изгибе .....	28
3.7.2 Определение предела прочности при сжатии .....	30
4 Установление класса цемента .....	31
Приложение А.....	33
Приложение Б .....	34
Приложение В.....	37
Список использованных источников .....	38

## **Введение**

**Цементы** – это порошкообразные минеральные гидравлические вяжущие вещества, способные при смешении с водой (затворении) за счёт химических взаимодействий, твердеть и длительное время сохранять прочность как в воде, так и на воздухе. При твердении вяжущее вещество может скреплять между собой частицы (зерна) песка, щебня, гравия и других заполнителей.

По назначению цементы подразделяют на общестроительные, применяемые при массовом строительстве, и специальные с более узкими специфическими задачами и областью применения.

К общестроительным цементам относятся, прежде всего, портландцемент и его разновидности, являющиеся главными материальными ресурсами современного строительства, назначением которых является обеспечение прочности и долговечности строительных изделий и конструкций. Цементы используются:

- в приготовлении товарных бетонов для монолитного домостроения;
- в производстве сборных железобетонных изделий (фундаментные блоки, плиты перекрытий, сваи, балки, лестничные марши и т.д.);
- при строительстве инженерных сооружений (фермы, шпалы, колодцы);
- при изготовлении искусственных каменных штучных строительных материалов (газобетонные и пенобетонные блоки, тротуарная плитка, шифер и т.д.);
- в сухих строительных смесях и строительных растворах.

Россия является одним из крупнейших производителей цемента в Европе. Основные требования к общестроительным цементам различных вещественных составов на основе портландцементного клинкера установлены в ГОСТ 31108-2003 «Общестроительные цементы. Технические условия» [1], согласованном с EN 197-1:2000 [2] (стандарт стран Европейского Союза). Это дает возможность выбора и применения цемента для проектирования и строительства в соответствии с современными европейскими нормами (см. Приложение Б). Параллельно действует и ранее принятый ГОСТ 10178-85 [3], также устанавливающий требования к свойствам разновидностей портландцемента и шлакопортландцемента.

## **1 Технология производства цементов на основе портландцементного клинкера**

Вид и свойства общестроительных цементов определяются технологией их изготовления, которая включает два основных технологических передела – производство портландцементного клинкера и его измельчение с введением целевых и активных минеральных добавок.

### **1.1 Производство портландцементного клинкера**

Основным сырьем для получения цементов служат известняковые (содержащие карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$ ) и глинистые горные породы, взятые в соотношении 75 : 25 масс. % соответственно для обеспечения необходимого химического состава вяжущих. С известняком или мелом в состав цемента вносятся соединения кальция, с глиной – оксиды кремния ( $\text{SiO}_2$ ), алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Кроме основных компонентов в сырьевую смесь, могут быть введены корректирующие добавки, обеспечивающие требуемый состав клинкера и его качество (железистые руды или пиритные огарки, маршаллит, опока, диатомит и др.). Для регулирования процессов обжига могут использоваться добавки-минерализаторы в количестве до 1,0 % (фтористый кальций  $\text{CaF}_2$ , кремнефтористые натрий  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  или магний  $\text{MgSiF}_6$ ). Все компоненты измельчают и тщательно смешивают.

В зависимости от способа подготовки сырьевых смесей различают мокрый, сухой и комбинированный способы производства клинкера.

При сухом способе сырье смешивают и готовят в виде тонкоизмельченного сухого порошка – шихты, поэтому перед помолом или в процессе помола сырьевые материалы высушивают.

При мокром способе производства цемента тонкое измельчение сырьевой смеси проводят в водной среде в виде суспензии – шлама с влажностью (30-50) %.

При комбинированном способе сырьевую смесь готовят сначала по мокрому способу в виде шлама, а затем обезвоживают на фильтрах до влажности (16-18) %,

дробят, высушивают и подают на обжиг в печь в виде полусухого порошка. Другой вариант комбинированного способа производства применим, когда сырье имеет относительно низкую влажность. В этом случае сырьевую муку получают по сухому способу, а затем ее увлажняют до (12-15) % и гранулируют, после чего направляют на обжиг.

Подготовленную сырьевую смесь подвергают обжигу во вращающихся печах при температурах до 1450 °С.

Продукт, получаемый обжигом до спекания (сплавления) сырьевой смеси надлежащего состава, называют **клинкером**. Клинкер представляет собой твердые камневидные зерна зеленовато-серого или темно-серого цвета размером (10-60) мм и содержит, главным образом, силикаты и алюминаты кальция.

Портландцементный клинкер состоит из четырех главных минералов, имеющих кристаллическую структуру (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Минералогический состав портландцементного клинкера

Минерал	Химическая формула	Обозначение	Содержание в клинкере, %
Трехкальциевый силикат (алит)	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	42...65
Двухкальциевый силикат (белит)	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	12...35
Трехкальциевый алюминат	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$	4...14
Четырехкальциевый алюмоферрит	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	10...18

Содержание клинкерных минералов и их соотношения определяют свойства портландцемента.

$\text{C}_3\text{S}$  (алит) является химически активным минералом, он оказывает решающее влияние на прочность и скорость твердения цемента. Взаимодействует с водой с большим тепловыделением. Алит обладает способностью быстро твердеть и набирать высокую прочность, поэтому его повышенное содержание обеспечивает получение из данного клинкера высокопрочного портландцемента.

$\text{C}_2\text{S}$  (белит), затворенный водой, в начальный период твердеет медленно выделяя очень мало теплоты. Продукт твердения в течение первого месяца обладает

невысокой прочностью, но затем на протяжении нескольких лет при благоприятных условиях прочность его неуклонно возрастает.

$C_3A$  (трехкальциевый алюминат) характеризуется высокой химической активностью. В первые сутки твердения он выделяет наибольшее количество теплоты при гидратации и быстро твердеет. Однако продукт его твердения имеет низкую прочность и малую стойкость против воздействия сернокислых соединений.

$C_4AF$  (четырекальциевый алюмоферрит) характеризуется умеренным тепловыделением, твердеет он значительно медленнее, чем алит, но быстрее, чем белит. Прочность продуктов его гидратации несколько ниже, чем у алита.

Согласно ГОСТ 31108-2003 суммарное содержание трехкальцевого и двухкальцевого силикатов ( $3CaO \cdot SiO_2 + 2CaO \cdot SiO_2$ ) в клинкере должно быть не менее 67 %.

## **1.2 Получение цементов при помоле клинкера**

Для получения цемента охлажденные гранулы клинкера измельчают с использованием целевых добавок. Классификация добавок и их роль в составе цементов приведена в ГОСТ 24640-91 [4].

Для упрощения процессов помола и регулирования дисперсности (зернового состава) цемента без ухудшения его качества допускается введение специальных технологических добавок – интенсификаторов помола в количестве не более 1 %, в том числе органических поверхностно-активных веществ (ПАВ) при содержании не более 0,15 % от массы цемента.

Для регулирования процессов схватывания портландцементов используется гипс (сульфат кальция) в виде гипсового камня  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , требования к которому приведены в ГОСТ 4013-82 [5]. Это обязательная добавка вводится в количестве (1,5-4,0) % от массы цемента. Гипс управляет скоростью начального твердения, а именно, удлиняет время схватывания, т.е. начала перехода затворенного цемента из пластичного в камневидное состояние до 4-6 часов.

С целью экономии портландцементного клинкера как самого энергоемкого и дорогостоящего составляющего в составе цементов, когда это допустимо, его частично заменяют добавкой измельченного известняка или активными минеральными добавками (АМД).

Добавка измельченного известняка в цемент удешевляет вяжущее и может оказывать регулирующее воздействие на схватывание и скорость реакций гидратации.

АМД проявляют активность в процессах твердения цемента. Цементы с активными минеральными добавками получают совместным помолом портландцементного клинкера и АМД или тщательным смешиванием указанных компонентов после отдельного измельчения каждого из них. Содержание АМД в цементах нормируется. Введение конкретной АМД определяет основные строительные-технические свойства получаемых цементов.

### **1.3 Сведения об активных минеральных добавках**

В качестве АМД используют сырьевые материалы, химический состав которых сопоставим с составом портландцементного клинкера.

АМД подразделяются на основные и кислые (или гидравлические).

К основным относятся гранулированные доменные шлаки, получающиеся в качестве побочных продуктов при выплавке чугуна. Такие шлаки обладают аморфной стекловидной структурой с высоким запасом внутренней химической энергии, что обуславливает их способность взаимодействовать с водой и проявлять вяжущие свойства совместно с минералами портландцементного клинкера. При содержании шлаков свыше 36 %, цементы относятся к шлакопортландцементам. Требования к шлакам как к компонентам цементов приведены в ГОСТ 3476-74 [6].

Гидравлические АМД содержат в своем составе в увеличенных количествах аморфный кремнезем ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) и глинозем ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

Подобные сырьевые компоненты применяются как эффективные заменители части цементного клинкера. Они способны вступать в реакции взаимодействия с



гидроксидом кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , который выделяется во время твердения портландцемента. При этом образуются труднорастворимые гидросиликаты ( $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) и гидроалюминаты кальция ( $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) и, как следствие, повышается водостойкость цементного камня.

АМД бывают природными и искусственными.

К природным относятся так называемые пуццоланы – излившиеся обломочные горные породы (вулканические пеплы, туфы, пемзы, трассы), а также осадочные горные породы диатомиты, трепелы, опоки. Пуццолановой активностью обладают и глиежи или обожженные сланцы, представляющие собой глины, естественно обожженные в результате подземного горения угольных пластов.

В качестве искусственных АМД, как правило, используют побочные продукты и отходы промышленности. К ним относятся топливные золы и шлаки, образующиеся при сжигании топлива на теплоэлектростанциях (зола-уноса, золо-шлаки), а также искусственно обожженные глинистые материалы и кремнеземистые отходы каких-либо производств.

Так, состав и свойства золы-уноса тепловых электростанций, представляющей собой пылевидный продукт, пригодный для переработки в качестве АМД в цемент и бетоны, регламентируются по ГОСТ 25818-91 [7].

Микрокремнезем, являясь пылью газоочистки производства кремнийсодержащих сплавов, представляет собой частицы аморфного кремнезема размером около 0,1 мкм, обладает повышенной реакционной активностью в отношении цементов с увеличением их прочности.

При значительном содержании гидравлических добавок (свыше 21 %) цементы относятся к пуццолановым.

Вид и свойства цементов определяются технологией их получения, составом и качеством помола клинкера, видом и количеством добавок.

## 2 Классификация общестроительных цементов

2.1 В соответствии с ГОСТ 31108-2003, общестроительные цементы, классифицируются по вещественному составу, приведенному в таблице 2.1.

Типы цементов по ГОСТ 31108-2003:

ЦЕМ I — портландцемент;

ЦЕМ II — портландцемент с минеральными добавками;

ЦЕМ III — шлакопортландцемент;

ЦЕМ IV — пуццолановый цемент;

ЦЕМ V — композиционный цемент.

Цемент типа ЦЕМ I является портландцементом и не содержит активных минеральных добавок в качестве основных компонентов, но может иметь в составе до 5 % вспомогательных добавок.

Портландцементы с минеральными добавками ЦЕМ II имеют в составе АМД. В обозначениях цементов указывается начальная буква названия добавки:

Ш – доменный гранулированный шлак;

П – пуццолана;

З – зола уноса;

Г – глиежи;

МК – микрокремнезем;

И – известь;

К – при использовании более одной АМД (композиция).

По содержанию портландцементного клинкера и АМД цементы типов ЦЕМ II – ЦЕМ V подразделяют на подтипы А и В. Цементы одного типа подтипа А имеют более высокое содержание портландцементного клинкера, чем В.

ЦЕМ III – ЦЕМ V по сравнению с ЦЕМ II имеют повышенное содержание АМД при снижении содержания портландцементного клинкера, что и отражено в их названии.

Таблица 2.1 – Вещественный состав цемента (по ГОСТ 31108-2003)

Тип цемента	Наименование цемента	Сокращенное обозначение цемента	Вещественный состав цемента, % массы							
			Основные компоненты							Вспомогательные компоненты
			Портландцементный клинкер	Доменный или электротермический гранулированный шлак	Пуццолан	Зола-уноса	Глиеж или обожженный сланец	Микрокремнезем	Известняк	
Кл	Ш	П	З	Г	МК	И				
ЦЕМ I	Портландцемент	ЦЕМ I	95-100	—	—	—	—	—	—	0-5
ЦЕМ II	Портландцемент с минеральными добавками: шлаком	ЦЕМ II/A-Ш	80-94	6-20	—	—	—	—	—	0-5
		ЦЕМ II/B-Ш	65-79	21-35	—	—	—	—	—	0-5
	пуццоланом	ЦЕМ II/A-П	80-94	—	6-20	—	—	—	—	0-5
	золой - уноса	ЦЕМ II/A-З	80-94	—	—	6-20	—	—	—	0-5
	глиежем или обожженным сланцем	ЦЕМ II/A-Г	80-94	—	—	—	6-20	—	—	0-5
	микрокремнеземом	ЦЕМ II/A-МК	90-94	—	—	—	—	6-10	—	0-5
	известняком	ЦЕМ II/A-И	80-94	—	—	—	—	—	6-20	0-5
	композиционный портландцемент	ЦЕМ II/A-К	80-94	6-20					—	—
ЦЕМ III	Шлакопортландцемент	ЦЕМ III/A	35-64	36-65	—	—	—	—	—	0-5
ЦЕМ IV	Пуццолановый цемент	ЦЕМ IV/A	65-79	—	21-35				—	0-5
ЦЕМ V	Композиционный цемент	ЦЕМ V/A	40-78	11-30	11-30	—	—	—	—	0-5

Примечание - В таблице приведен вещественный состав портландцемента со шлаком подтипов А и В; для остальных цемента типа ЦЕМ II и цемента типов ЦЕМ III–ЦЕМ V приведен вещественный состав подтипа А.

По прочности выделены четыре класса цемента: 22,5; 32,5; 42,5 и 52,5. Цифры класса обозначают минимальную (гарантированную) прочность цементного камня на сжатие в мегапаскалях (МПа) в возрасте 28-суточного твердения. По прочности на сжатие, достигаемой в возрасте 2 (7) суток, (по скорости твердения) каждый класс цемента, кроме класса 22,5, подразделяют на два подкласса: Н (нормальнотвердеющий) и Б (быстротвердеющий), см. таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Классы прочности цемента

Класс прочности цемента	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте			
	2 сут, не менее	7 сут, не менее	28 сут	
			не менее	не более
22,5Н	—	11	22,5	42,5
32,5Н	—	16	32,5	52,5
32,5Б	10	—		
42,5Н	10	—	42,5	62,5
42,5Б	20	—		
52,5Н	20	—	52,5	—
52,5Б	30	—		

### 3 Свойства общестроительных цемента

#### 3.1 Технические характеристики цемента

Свойства цемента удобно рассматривать по группам: свойства исходного вяжущего (порошкообразного материала), свойства цементного теста и цементных растворных смесей, свойства цементного раствора.

Основные свойства цемента как порошкообразного вяжущего:

- химический и минеральный состав клинкера;
- количественное содержание инертных и активных минеральных добавок;
- тонкость помола;
- удельная поверхность;
- истинная плотность;
- насыпная плотность.

При смешении цемента с водой (затворении) образуется однородная пластичная смесь, называемая цементным тестом (цемент + вода = цементное тесто).

Основные характеристики цементного теста:

- нормальная густота цементного теста;
- сроки схватывания цементного теста нормальной густоты;
- ложное схватывание;
- теплота гидратации (тепловыделение);
- равномерность изменения объема при твердении.

Основные свойства цемента как вяжущего проявляются при скреплении между собой частиц других веществ - заполнителей.

Для определения класса (или марки) цемента готовится растворная смесь (по п. 3.5), состоящая из цемента, мелкого заполнителя (кварцевого песка) и воды.

Основные характеристики растворной смеси:

- водоцементное отношение (В/Ц);
- консистенция растворной смеси.

При смешивании цемента с водой при участии минералов, входящих в его состав, одновременно происходят реакции гидролиза (разложение водой) и реакции гидратации (присоединение воды) с образованием новых соединений. Процесс твердения протекает длительное время. Поэтому качество цементов принято оценивать по свойствам в определенный срок твердения (28 суток).

Строительно-технические свойства затвердевшей растворной смеси определяются при приготовлении и испытании стандартных образцов-балочек. После затвердевания растворная смесь называется цементным раствором.

Основные свойства цементного раствора:

- прочность при изгибе;
- прочность на сжатие.

Далее рассмотрены некоторые свойства и методы их определения, нормируемые в соответствии с действующим стандартом на общестроительные цементы по ГОСТ 30744-2001 [8] с использованием полифракционного песка,

соответствующего ГОСТ 6139-2003 [9], что согласовано с европейскими стандартами EN 196-1-2005, EN 196-3-2005, EN 196-6-2010 [10,11,12].

### **3.2 Отбор и подготовка проб цемента**

Отбор проб цемента при производственном контроле осуществляют в соответствии с технической документацией производителя. Цемент отгружают и принимают партиями. Партией называют определенное количество однородного материала, поступившее на склад или производство, или отпущенное со склада единовременно. Отбор проб производится по ГОСТ 30515-97 [13]. Средняя проба получается за счет смешивания отдельных проб, взятых в определенных выбранных местах. Масса средней пробы должна превышать не менее чем в 4 раза массу пробы, необходимую для проведения всех видов лабораторных испытаний, как правило, это составляет 20 кг. Из мешков, мягких контейнеров или другой тары пробу берут с глубины не менее 15 см, пользуясь специальными пробоотборниками. При поставках цемента специальным автотранспортом, отбор проб производится из отверстий для заполнения транспортной емкости.

Отобранные пробы тщательно смешивают, квартуют (делят на четыре части взаимно перпендикулярными линиями). Из каждой четверти отбирают некоторое количество цемента и составляют объединенную пробу, затем её разделяют на две равные части. Одну из этих частей подвергают испытаниям для установления или подтверждения показателей качества. Другую часть смешанной пробы помещают в сухую плотнозакрывающуюся тару и хранят в сухом помещении на случай повторных испытаний в течение гарантийного срока хранения. Пробы цемента до испытания хранят в сухом помещении при относительной влажности воздуха не более 50 %. Перед испытанием каждую пробу цемента просеивают через сито с сеткой № 09 по ГОСТ 6613-86.

### 3.3 Определение тонкости помола цемента по остатку на сите

Важнейшей характеристикой цемента является его степень измельчения. Цементный порошок представляет собой смесь частиц различного размера от долей микрометра до (100-150) мкм. Средний размер частиц цемента составляет (15-20) мкм. В результате помола понижается размер цементных зерен, возрастает их суммарная поверхность, следовательно, увеличивается возможность контактов для взаимодействия цемента с водой, возрастает скорость реакций твердения. Чем тоньше цемент измельчен, тем выше его качество, тем большей вяжущей способностью он обладает, тем быстрее нарастает прочность цементного камня.

Тонкость помола цемента определяют ситовым анализом по ГОСТ 30744-2001. Для просеивания используются сита с сеткой № 009, допускается применение сита с сеткой № 008 (т.е. размер отверстий сита 0,08x0,08 мм). Сито представляет собой цилиндрическую обойму диаметром (150-200) мм и высотой (40-100) мм, в которой на расстоянии около 10 мм от нижнего края натянута и плотно зажата контрольная сетка. Сито имеет подситную тарелку и крышку.

При использовании прибора для механического просеивания берут навеску цемента ( $m_1$ ) 50 г, при ручном просеивании навеску массой 10 г (взвешивание производят с погрешностью не более 0,01 г). Навеску высыпают на сито, установленное на подситной тарелке. Сито закрывают крышкой и просеивают. Операцию просеивания считают законченной, если при контрольном просеивании сквозь сито проходит не более 0,01 г цемента. Контрольное просеивание выполняют вручную при снятой подситной тарелке на бумагу в течение 1 мин.

Остаток на сите взвешивают ( $m_2$ ). Тонкость помола определяется:

$$П = \frac{m_2}{m_1} \cdot 100, \% \quad (3.1)$$

Испытания проводятся дважды, за тонкость помола принимают среднеарифметическое значение результатов двух определений, расхождение между которыми не должно быть более 1 % среднеарифметического значения. Если расхождение более 1 %, проводят третье определение и за тонкость помола

принимают среднеарифметическое значение результатов трех определений. Результат вычисления округляют до 0,1 %.

В соответствии с ГОСТ 31108-2003 тонкость помола общестроительных цементов не нормируется, однако является важным показателем. Требования к портландцементу, портландцементу с минеральными добавками и к шлакопортландцементу, изложенные в действующем ГОСТ 10178-85, устанавливают допустимый остаток на сите № 008 не более 15 %.

### **3.3 Приготовление цементного теста**

В зависимости от состава цемента, тонкости помола и вида добавок требуется различное количество воды для получения цементного теста определенной пластичности. Установление соотношения между содержанием воды и цемента (В/Ц), обеспечивающего так называемую нормальную густоту цементного теста (НГЦТ), является важнейшим испытанием цемента. Это соотношение В/Ц должно быть соблюдено при последующих испытаниях.

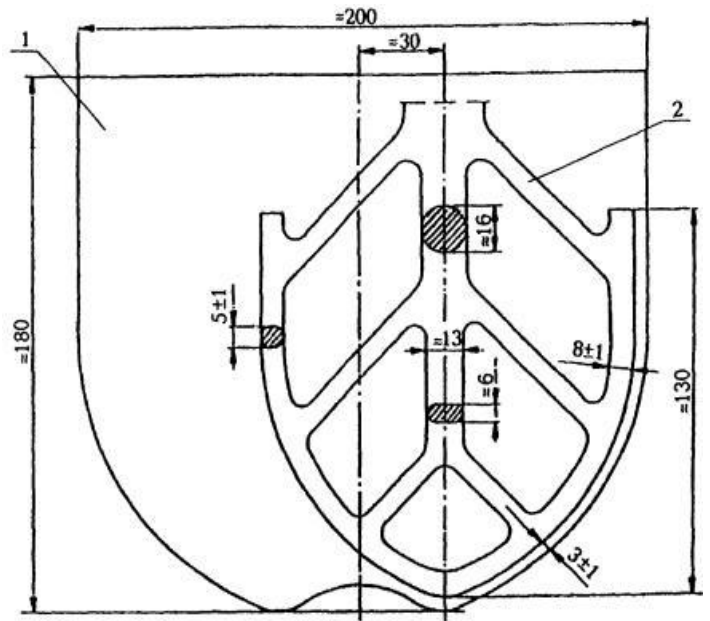
Приготовление цементного теста производят в помещении при температуре  $(20 \pm 2)$  °С и относительной влажности воздуха не менее 65 % в смесителе. Внешний вид смесителя и размеры его чаши с лопастью приведены на рисунке 3.1.

Смеситель имеет приспособление, позволяющее закреплять чашу вместимостью около 5 л неподвижно на станине и изменять положение чаши по высоте относительно лопасти для регулирования зазора между ними. Чаша и лопасть используются в паре и должны быть индивидуально подогнаны друг к другу. При работе смесителя вращение лопасти вокруг собственной оси и планетарное перемещение ее по периметру чаши должны осуществляться в противоположных направлениях со скоростью, указанной в таблице 3.1.





Внешний вид смесителя АЛС-5



Чаша и лопасть смесителя  
для приготовления цементного теста:  
1 – чаша; 2 – лопасть.

Рисунок 3.1 – Лабораторный смеситель с чашей затворения

Таблица 3.1 – Рабочие скорости смесителя при испытаниях цемента

Ступень скорости	Скорость вращения лопасти смесителя, об/мин	
	вокруг собственной оси	при планетарном перемещении относительно оси чаши
Малая	$140 \pm 5$	$62 \pm 5$
Большая	$285 \pm 10$	$125 \pm 10$

С использованием мерного цилиндра отмеряют воду в количестве, предположительно необходимом для получения цементного теста нормальной густоты, и выливают в чашу смесителя, предварительно протертую влажной тканью.

Взвешивают 500 г цемента с погрешностью не более 1 г. Осторожно в течение (5-10) с высыплют взвешенный цемент в чашу с водой и включают перемешивание в смесителе с малой скоростью. Время окончания высыпания цемента в воду считают началом затворения. Для контроля длительности испытаний включают секундомер. Через 90 с перемешивание в смесителе останавливают на 15 с и снимают скребком тесто, налипшее на стенках чаши, сдвигая его в середину чаши. Затем продолжают

перемешивание с той же скоростью в течение 90 с. Суммарное время перемешивания должно составлять 3 мин, не считая времени остановки. Приготовленное цементное тесто подвергают испытаниям на приборе Вика́.

### 3.3.1 Описание конструкции прибора Вика́

Прибор Вика́ (рисунок 3.2) состоит из цилиндрического металлического стержня, который свободно перемещается в обойме станины в вертикальном направлении и может фиксироваться на требуемой высоте с помощью стопорного устройства. На стержне имеется указатель для отсчета перемещения его относительно шкалы с ценой деления 1 мм. Общая масса перемещающейся части прибора Вика́ должна быть  $(300 \pm 1)$  г и сохраняется при взаимной перестановке пестика и игл либо с помощью дополнительного пригруза, закрепляемого в верхнем конце стержня прибора.

В комплект прибора входят: стальной стержень-пестик (длиной не менее 45 мм и диаметром 10 мм), стальная игла (длиной не менее 45 мм), стальная игла длиной 30 мм (с насадкой круглой формы с наклонным каналом для выхода воздуха) и кольцо из нержавеющей стали или пластмассы высотой  $(40,0 \pm 0,2)$  мм, диаметром  $(75 \pm 10)$  мм размещаемое на стеклянной пластинке.

Перед началом испытаний проверяют, свободно ли опускается стержень прибора Вика́. Для установления достоверности показаний прибора, пестик или иглу опускают до соприкосновения с поверхностью стеклянной пластинки, на которой расположено кольцо с цементным тестом. При этом положении указатель-стрелку на шкале переводят на нулевую отметку.

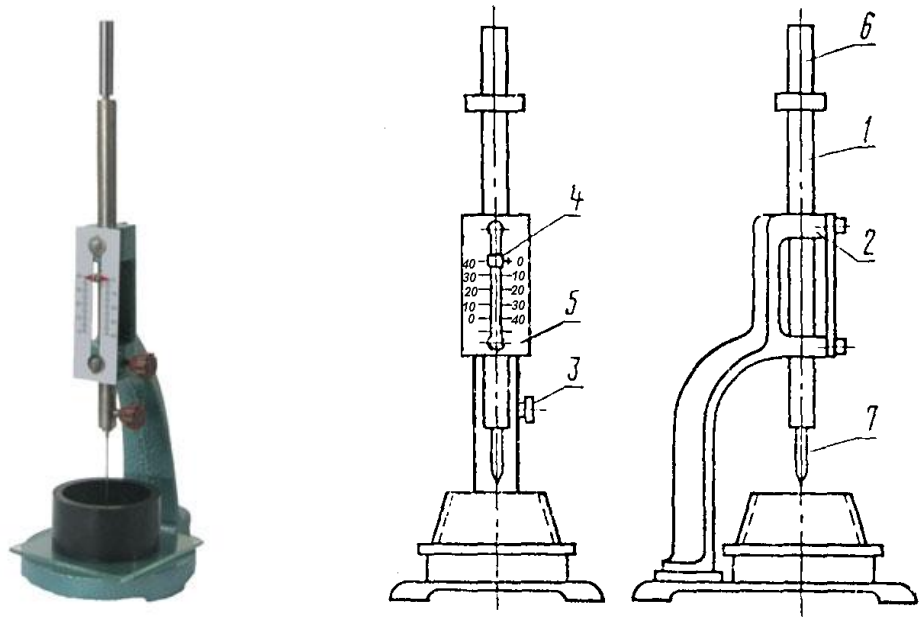


Рисунок 3.2 – Прибор Вика

1 – Цилиндрический металлический стержень; 2 – обойма станины; 3 – зажимный винт; 4 – указатель-стрелка; 5 – шкала; 6 – пестик; 7 – игла

### 3.3.2 Определение нормальной плотности цементного теста

Нормальную плотность цементного теста определяют следующим образом.

Приготовленное цементное тесто быстро за один прием переносят в кольцо прибора Вика, размещенное на стеклянной пластинке. Заполнение кольца тестом производят с избытком, но без уплотнения или вибрации. Избыток цементного теста срезают ножом, протертым влажной тканью, вровень с краями кольца до получения ровной поверхности. Кольцо и пластинку перед началом опыта смазывают тонким слоем машинного масла.

На приборе Вика устанавливают пестик. Кольцо с цементным тестом размещают на приборе Вика так, чтобы пестик находился в середине кольца. Спустя 4 мин после затворения цемента водой пестик прибора приводят в соприкосновение с поверхностью теста и закрепляют стержень зажимным винтом. Через (1-2) с быстро отвинчивают зажимной винт, стержень освобождается, и пестик свободно погружается в тесто. Одновременно засекают время погружения. Через 30 с производят отсчет погружения пестика в цементное тесто по шкале прибора.

Нормальной густотой цементного теста считают такую консистенцию, при которой пестик прибора, погруженный в заполненное цементным тестом кольцо, не доходит на (5-7) мм до пластинки, на которой установлено кольцо.

Если глубина погружения пестика окажется меньше или больше указанной, испытания повторяют, соответственно увеличивая или уменьшая количество воды затворения до погружения пестика на требуемую глубину. Результаты испытаний и количество воды фиксируются для каждого опыта.

За нормальную густоту цементного теста (НГЦТ) принимают количество воды (В) затворения в процентах от массы цемента (Ц), при котором достигается нормированная консистенция цементного теста.

$$\text{НГЦТ} = \frac{В}{Ц} \cdot 100, \% \quad (3.2)$$

Результат вычисления округляют до 0,25 %. Показатель НГЦТ для различных видов цементов находится в пределах (20-30) %, для шлакопортландцементов и пуццолановых цементов может достигать 40 %.

### **3.3.3 Определение сроков схватывания цементного теста**

Для определения начала схватывания цемента готовят тесто нормальной густоты, заполняют им кольцо прибора Вика, в нижний конец стержня прибора вставляют длинную иглу (рисунок 3.3) и проверяют готовность прибора к проведению испытания (нулевая отметка).

Иглу опускают до соприкосновения с поверхностью цементного теста в кольце и в этом положении закрепляют стержень стопорным устройством. Через (1-2) с освобождают стержень, предоставляя игле свободно погружаться в цементное тесто. В начале испытания, пока цементное тесто находится в пластичном состоянии, во избежание сильного удара иглы о пластинку допускается слегка ее задерживать при погружении в тесто для исключения повреждения иглы. Как только цементное тесто загустеет настолько, что опасность повреждения иглы

будет исключена, игле дают свободно опускаться. Через 30 с после освобождения стержня фиксируют по шкале прибора глубину погружения иглы в цементное тесто. Иглу погружают в цементное тесто через каждые 10 мин, передвигая кольцо после каждого погружения таким образом, чтобы каждое последующее погружение иглы находилось на расстоянии не менее 10 мм от мест предыдущих погружений и от края кольца. После каждого погружения иглу очищают.

Началом схватывания считают время от начала затворения цемента до момента, когда игла при проникновении в цементное тесто не доходит до пластинки на  $(4 \pm 1)$  мм. Результат определения записывают с округлением до 5 мин.

Требования по времени начала схватывания к общестроительным цементам различных классов, нормируемые в ГОСТ 31108-2003, представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Начало схватывания общестроительных цементов

Класс прочности цемента	Начало схватывания, мин, не ранее
22,5Н	75
32,5Н	
32,5Б	
42,5Н	60
42,5Б	
52,5Н	45
52,5Б	

Для определения конца схватывания цементного теста длинную иглу в приборе Вика заменяют на короткую иглу с кольцеобразной насадкой (рисунок 3.3). Кольцо с цементным тестом, использованное для определения начала схватывания, переворачивают таким образом, чтобы определение конца схватывания проводить на поверхности, контактировавшей с пластинкой. Иглу осторожно опускают до соприкосновения с поверхностью цементного теста, погружение иглы выполняют с интервалом 30 мин. При приближении конца схватывания интервалы времени между погружениями могут быть сокращены до 5 минут.

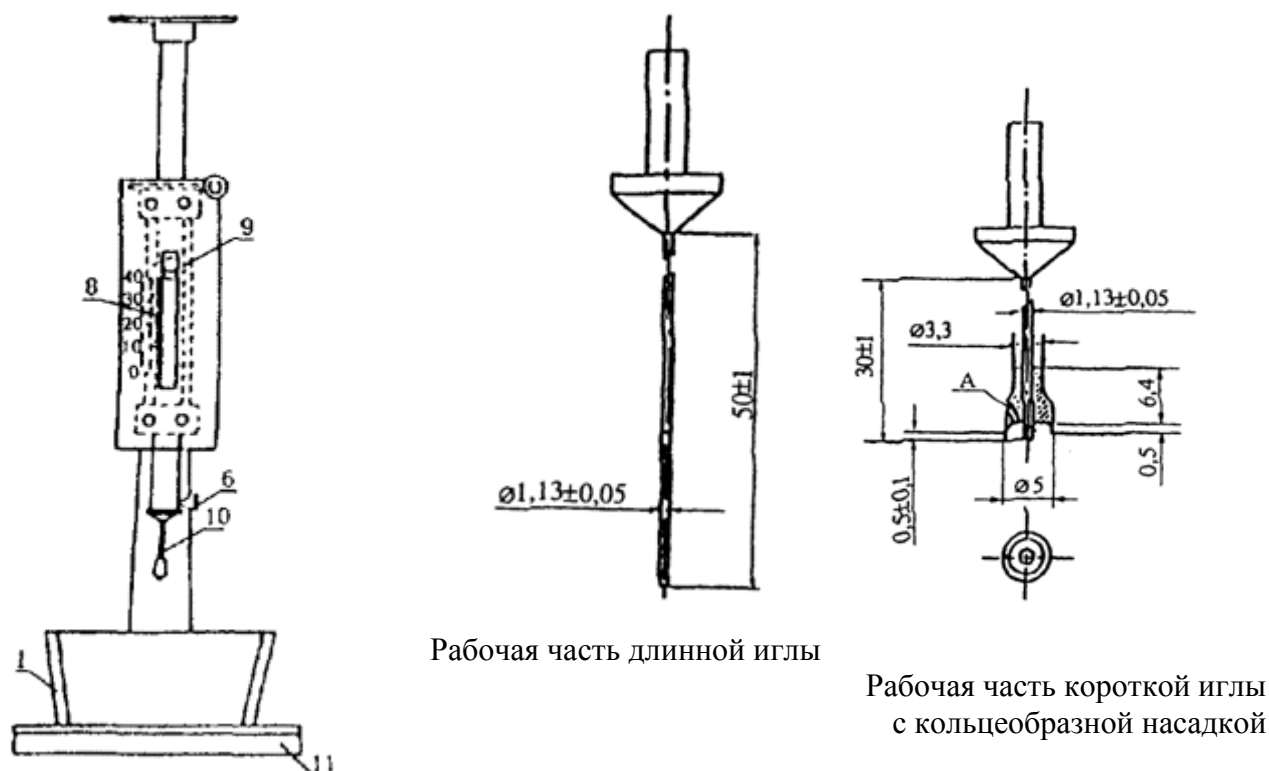


Рисунок 3.3 – Прибор Вика для определения сроков схватывания

Концом схватывания считают время от начала затворения цемента до момента, когда игла проникает в цементное тесто не более чем на 0,5 мм, что соответствует положению иглы, при котором кольцеобразная насадка впервые не оставляет отпечатка на поверхности цементного теста. Результат определения записывают с округлением до 15 мин. Конец схватывания общестроительных цементов по ГОСТ 31108-2003 не нормируется.

В соответствии с ГОСТ 10178-85 начало схватывания портландцемента, портландцемента с минеральными добавками и шлакопортландцемента должно наступать не ранее 45 мин, а конец – не позднее 10 ч от начала затворения.

Испытания цементов, выпускающихся по ГОСТ 10178-85, проводятся по сходным методам, установленным в ГОСТ 310.3-76 [14].

### 3.4 Определение равномерности изменения объема цемента с использованием колец Ле Шателье

Процесс твердения цемента сопровождается изменением объема твердеющей системы. При отклонениях в составе сырьевой смеси или в технологии производства в цементном клинкере может содержаться избыточное количество оксида кальция  $\text{CaO}$  (более 1 %) и оксида магния  $\text{MgO}$  (более 5 %). При затворении таких цементов водой может происходить длительное (медленное) гашение указанных компонентов, что вызывает неравномерное увеличение объема твердеющего цемента и приводит к деформациям и растрескиванию цементного камня. Для выявления такой опасности проводят испытание цементного теста нормальной густоты при ускорении его твердения кипячением в воде, оценивая величину расширения образцов в кольцах Ле Шателье (рисунок 3.4).

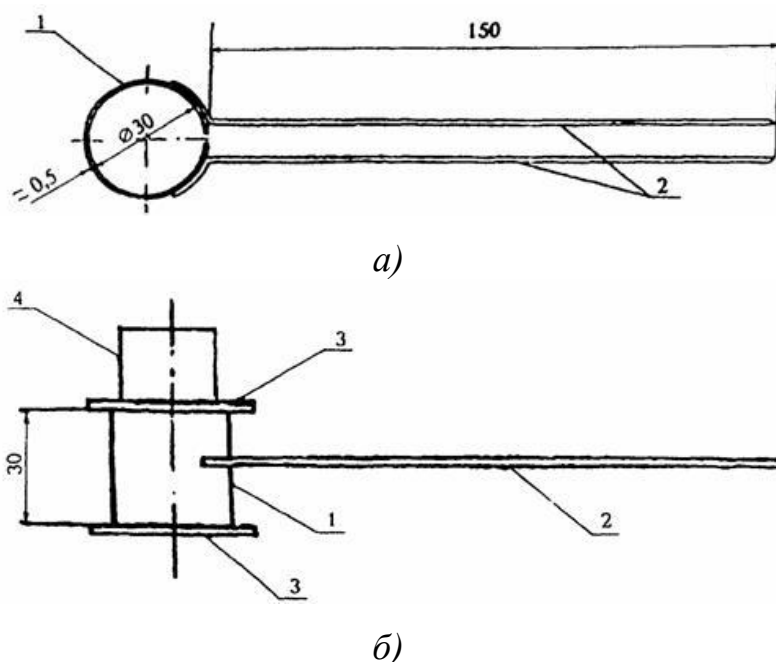


Рисунок 3.4 - Конструкция и размеры кольца Ле Шателье:

*a* – вид сверху, *б* – вид сбоку:

1 – кольцо с прорезью, 2 – индикаторная игла,

3 – стеклянные пластинки, 4 – пригруз

Готовят цементное тесто нормальной густоты. Кольца Ле Шателье, выполненные из латуни, и стеклянные пластинки перед началом испытания смазывают тонким слоем машинного масла. Кольца устанавливают на пластинки и

наполняют в один прием цементным тестом с избытком, но без уплотнения или вибрации. Для одного испытания заполняют два кольца из одного замеса цементного теста. Избыток цементного теста срезают ножом, протертым влажной тканью, вровень с краями кольца. Затем кольца накрывают сверху пластинками, на которые устанавливают пригруз, и помещают в камеру влажного хранения, где выдерживают в течение 24 ч.

По истечении суток после предварительного твердения кольца извлекают из камеры, измеряют штангенциркулем расстояние между концами индикаторных игл с погрешностью не более 0,5 мм (начальное измерение), освобождают от пластинок и пригруза и помещают в бачок для кипячения индикаторными иглами вверх. Воду в бачке доводят до кипения за  $(30 \pm 5)$  мин и выдерживают кольца в кипящей воде в течение  $(180 \pm 5)$  мин. Уровень воды в бачке должен быть выше размещенных на подставке колец на 4 – 6 см в течение всего времени кипячения.

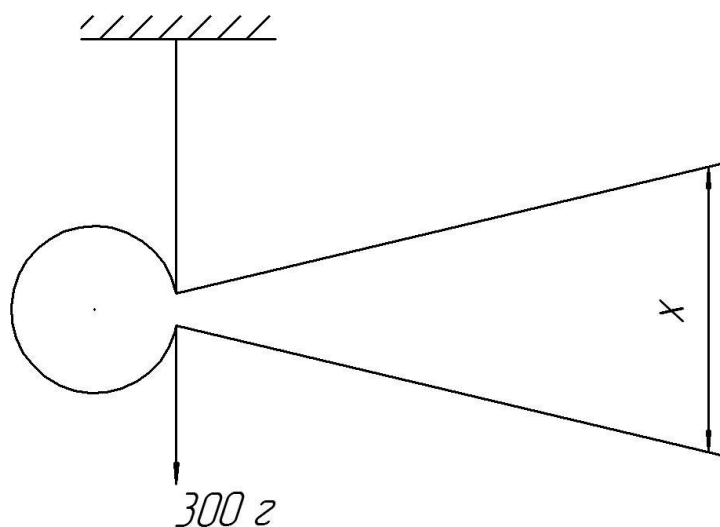


Рисунок 3.5 – Схема измерения расстояния между иглами кольца Ле Шателье

После окончания кипячения кольца извлекают из воды, дают им остыть до температуры помещения, после чего измеряют расстояние между раздвинутыми концами индикаторных игл (конечное измерение), см. рисунок 3.5.

Вычисляют разность между значениями конечного и начального измерений для каждого кольца. За расширение образцов в кольце Ле Шателье принимают



среднеарифметическое значение результатов двух определений. Результат вычисления округляют до 0,5 мм.

Полученный показатель «разность между значениями конечного и начального измерений» является количественной характеристикой равномерности изменения объема (расширения) для всех видов общестроительных цементов и не должен превышать 10 мм.

Контроль равномерности изменения объема при твердении цементов, выпускаемых по ГОСТ 10178-85, производится по методике ГОСТ 310.3-76, путём изготовления образцов – лепешек из цементного теста нормальной густоты с последующим ускорением их твердения кипячением и осмотром. Такой метод позволяет дать только качественную оценку состояния цементного камня при твердении.

### **3.5 Приготовление стандартной растворной смеси**

Рациональное применение цемента возможно только при оценке прочностных свойств материалов и изделий на его основе. В соответствии с ГОСТ 30744-2001 образцы для испытаний на прочность готовят из стандартной растворной смеси, т.е. из смеси цемента, стандартного полифракционного песка (по ГОСТ 6139-2003), взятых в соотношении 1 : 3 по массе, и воды при соблюдении водоцементного отношения  $V/C=0,5$ . Требования к зерновому составу полифракционного кварцевого песка отражены в приложении В.

Стандартную растворную смесь готовят в лабораторном смесителе согласно нормам на каждый замес:

450 г цемента, 1350 г стандартного полифракционного песка, 225 г воды.

Песок высыпают в дозирующее устройство смесителя. В предварительно протертую влажной тканью чашу смесителя выливают воду и добавляют цемент, после чего смеситель включают на малую скорость. Дальнейшая процедура приготовления растворной смеси приведена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Режим приготовления стандартной растворной смеси

Наименование и последовательность операций	Скорость вращения лопасти	Продолжительность операции, с ( $\pm 1$ )
Перемешивание цемента с водой	Малая	30
Дозирование песка	»	30
Перемешивание растворной смеси	Большая	30
Остановка (в том числе сбор растворной смеси со стенок чаши в середину)	-	90 (первые 15)
Перемешивание растворной смеси	Большая	60

Для характеристики свойств цементов, выпускаемых по ГОСТ 10178-85, предусмотрено приготовление цементного раствора с использованием лопастной или бегунковой мешалки по ГОСТ 310.4-81 [15]. Контроль приготовленной растворной смеси производится по расплыву конуса на встряхивающем столике. При этом обязательно подбирается водоцементное отношение (В/Ц) для получения цементного раствора стандартной консистенции (расплыв конуса 106-115 мм), которое принимают для дальнейших испытаний. Ориентировочно водоцементное отношение (В/Ц) находится в пределах 0,40 – 0,45.

### 3.6 Изготовление образцов из цементного раствора

Из полученной стандартной растворной смеси готовятся 3 образца-балочки размером 160x40x40 мм. Балочки формуют в металлической разборной форме, внешний вид которой приведен на рисунке 3.6. Перед изготовлением образцов внутреннюю поверхность стенок формы и опорной плиты смазывают тонким слоем машинного масла. На подготовленную форму устанавливают насадку, далее форму устанавливают на платформу встряхивающего стола и закрепляют зажимами. От приготовленной растворной смеси из чаши смесителя лопаткой отбирают поочередно три порции растворной смеси массой около 300 г каждая и заполняют первым слоем отсека формы. Растворную смесь выравнивают лопаткой для первого слоя (рисунок 3.7), которую в вертикальном положении помещают плечиками на стенки насадки и перемещают по одному разу туда и обратно вдоль каждого отсека

формы. Затем включают встряхивающий стол и уплотняют первый слой растворной смеси за рабочий цикл из 60 ударов.

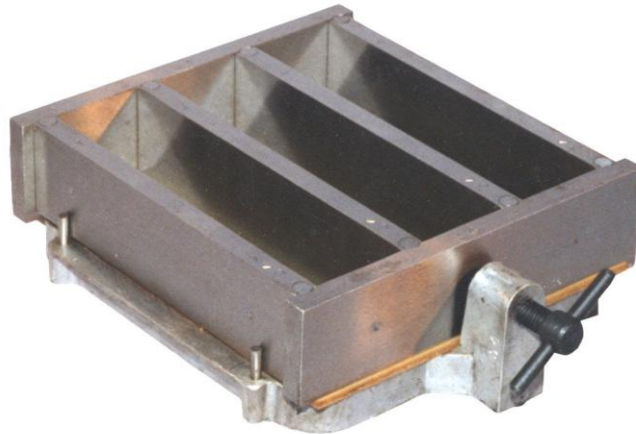


Рисунок 3.6 – Форма для изготовления образцов-балочек

После уплотнения первого слоя отсеки формы равномерно заполняют оставшейся в чаше растворной смесью и выравнивают её лопаткой для второго слоя (рисунок 3.7), перемещая её аналогично выравниванию первого слоя. Снова включают встряхивающий стол и уплотняют второй слой цементного раствора за рабочий цикл из 60 ударов.

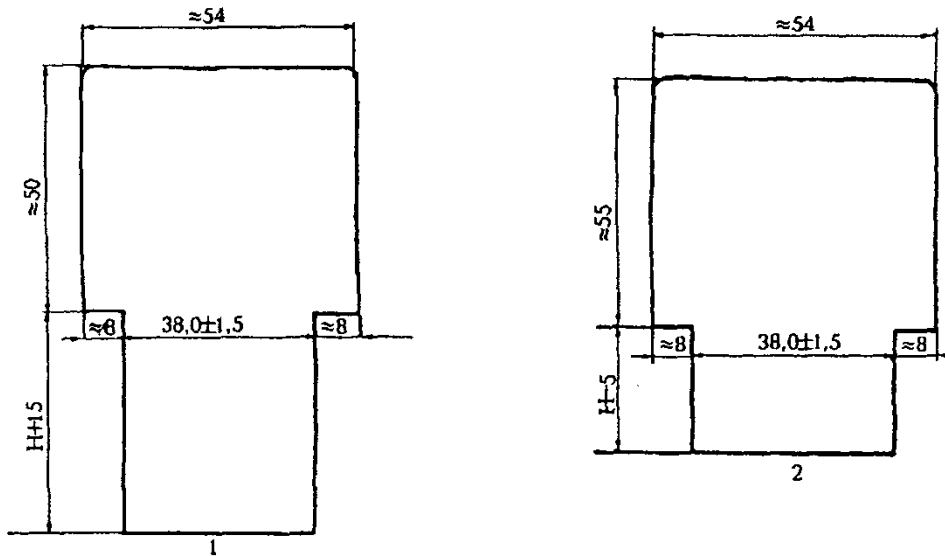


Рисунок 3.7 – Приспособления для укладки цементного раствора в форму  
1 – Лопатка для первого слоя; 2 – лопатка для второго слоя.

По окончании уплотнения форму снимают с встряхивающего стола, с формы снимают насадку и ребром металлической линейки, расположенной

перпендикулярно к поверхности образцов, удаляют излишек растворной смеси пилообразными движениями вдоль формы по одному разу туда и обратно. Затем выравнивают поверхность образцов той же линейкой, наклоненной почти до горизонтального положения, и производят их маркировку.

Формы накрывают стеклянными пластинками, слегка смазанными машинным маслом, и помещают в камеру влажного хранения. Через 24 ч с момента изготовления образцы осторожно без повреждений вынимают из формы. Затем их укладывают на решетки в ванну с водой в горизонтальном положении заглаженной поверхностью вверх так, чтобы они не соприкасались друг с другом, а уровень воды был выше образцов не менее чем на 2 см. Температура воды при хранении образцов  $(20 \pm 1)$  °С. Через каждые 14 сут половину объема воды в ванне меняют на свежую воду.

### **3.7 Испытание образцов-балочек**

По истечении срока хранения в зависимости от установленных требований и вида цемента (через 2, 7 или 28 суток) образцы-балочки испытывают. Непосредственно перед испытанием с поверхности образцов удаляют капли воды влажной тканью.

#### **3.7.1 Определение предела прочности при изгибе**

Испытание образцов-балочек на изгиб производят на соответствующем испытательном оборудовании, например, на машине МИИ-100.

Образец устанавливают на опорные элементы прибора (расстояние между нижними опорами 100 мм) таким образом, чтобы его грани, горизонтальные при изготовлении, находились в вертикальном положении, а поверхность с маркировкой была обращена к испытателю (рисунок 3.8). Средняя скорость нарастания нагрузки на образец должна быть  $(50 \pm 10)$  Н/с. Предел прочности при изгибе  $R_{изг}$  (МПа) фиксируется счетчиком прибора. Результат испытаний вычисляют как среднее

арифметическое значения из двух наибольших результатов испытаний трех образцов. Результат вычисления округляют до 0,1 МПа.

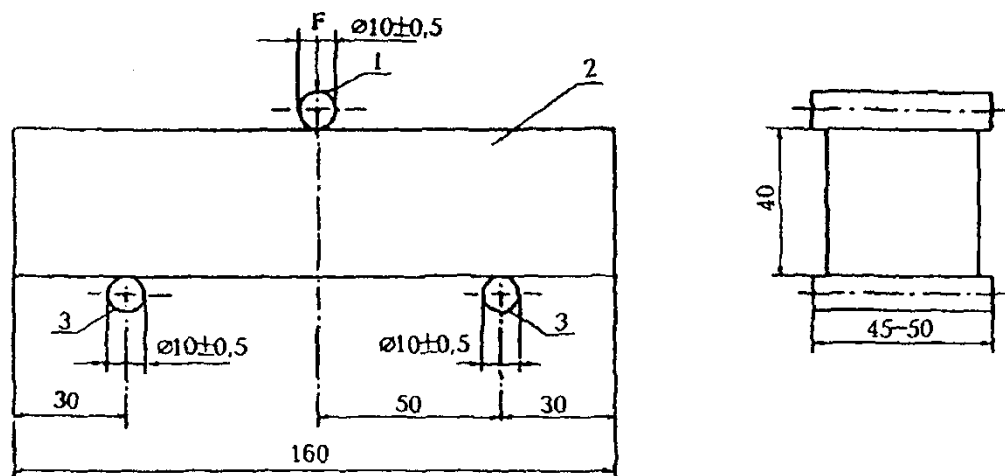


Рисунок 3.8 – Схема расположения образца-балочки при испытании на изгиб  
1 – Нагрузочный элемент; 2 – образец-балочка; 3 – опора

При испытании с использованием другого оборудования предел прочности при изгибе рассчитывается по формуле

$$R_{\text{изг}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{F \cdot l}{b \cdot h^2}, \text{ МПа}, \quad (3.3)$$

где  $F$  – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, Н;

$l$  – расстояние между осями опор, мм,  $l = 100$  мм;

$b$  – ширина образца, мм;

$h$  – высота образца посередине пролета, мм.

Результаты по определению прочности при изгибе для общестроительных цементов, выпускающихся по ГОСТ 31108-2003, не принимаются во внимание при установлении классов прочности.

Для цементов, выпускающихся по ГОСТ 10178-85, среднее значение прочности при изгибе обязательно учитывается при присвоении марки цемента по прочности (приложение Г).

### 3.7.2 Определение предела прочности при сжатии

Полученные после испытаний на изгиб шесть половинок образцов-балочек сразу же испытывают на сжатие. Испытания проводят на гидравлическом прессе, например, МС-100. Половинку образца-балочки помещают между нажимными пластинками таким образом, чтобы его грани, горизонтальные при изготовлении, находились в вертикальном положении, а поверхность с маркировкой была обращена к испытателю (рисунок 3.9). Применение пластинок вызвано сложностью учета расчетной площади сечения образца-половинки после испытаний на изгиб. Пластины для передачи нагрузки изготавливают из стали. Их размер 40х62,5 мм, рабочая площадь пластинок составляет 2500 мм<sup>2</sup>.

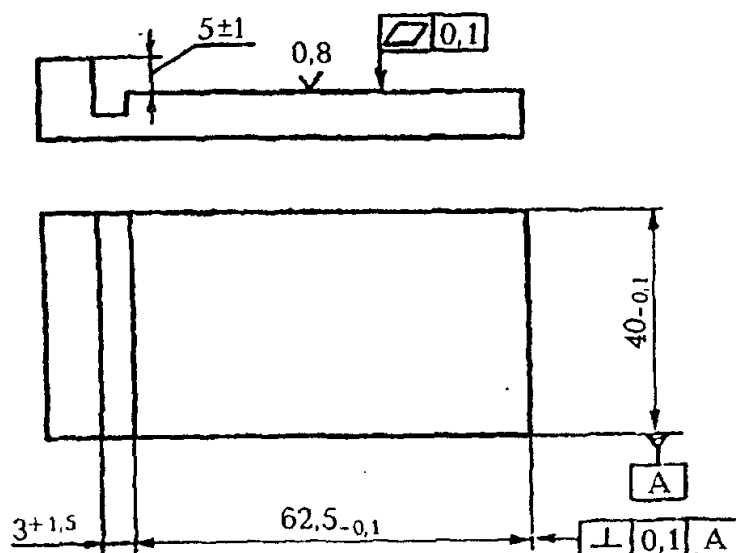


Рисунок 3.9 – Нажимная пластинка для передачи нагрузки на половинку образца-балочки

Образец, помещенный между пластинками, центрируют на опорной плите прессы. Нагрузку увеличивают со скоростью  $(2400 \pm 200)$  Н/с до разрушения образца.

Прочность на сжатие  $R_{сж}$  (МПа) отдельной половинки образца-балочки вычисляют по формуле

$$R_{сж} = \frac{F}{S}, \text{ МПа}, \quad (3.4)$$

где  $F$  – разрушающая нагрузка, Н;

$S$  – площадь рабочей поверхности нажимной пластинки, мм<sup>2</sup>.  $S=2500$  мм<sup>2</sup>.

За прочность на сжатие принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний шести половинок образцов-балочек. Результат вычисления округляют до 0,1 МПа. Если один из шести результатов отличается более чем на 10 % от среднеарифметического значения, этот результат следует исключить и рассчитывать среднеарифметическое значение для оставшихся пяти результатов. Если еще один результат отличается более чем на 10 % от среднеарифметического значения оставшихся пяти результатов, испытания считают выполненными неудовлетворительно, в этом случае все результаты признают недействительными.

Результаты по определению прочности при сжатии для общестроительных цементов, выпускающихся по ГОСТ 31108-2003, учитываются при установлении классов прочности, а для цементов, выпускающихся по ГОСТ 10178-85, при присвоении марки цемента по прочности (приложение Г).

#### 4 Установление класса цемента

Полученные в ходе испытаний цемента результаты сравнивают с техническими требованиями ГОСТ 31108-2003 (представлены в таблице 4.1), отраженными в паспорте (в документе о качестве) на партию цемента, и дается заключение о его соответствии.

Таблица 4.1 – Требования к физико-механическим свойствам цементов, выпускаемых по ГОСТ 31108-2003

Класс прочности цемента	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте				Начало схватывания, мин, не ранее	Равномерность изменения 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	—				

На основании данных о вещественном составе цементов с учетом результатов испытаний основных свойств им дается условное обозначение (приложение А).

Условное обозначение цементов должно состоять из:

- наименования цемента (по таблице 2.1);
- сокращенного обозначения цемента, включающего обозначение типа и подтипа цемента и вида добавки (по таблице 2.1);
- класса прочности (по таблице 4.1);
- обозначения подкласса, учитывающего скорость твердения цемента (по таблице 4.1);
- обозначения действующего стандарта (ГОСТ 31108-2003).

Для цементов, выпускающихся в соответствии с ГОСТ 10178-85 наименование складывается из ключевых букв ПЦ (портландцемент) или ШПЦ (шлакопортландцемент). Содержание активной минеральной добавки в портландцементе и ее количество обозначено индексом Д0, Д5, Д20 без указания вида. Введение в цемент при его помоле специальных пластифицирующих или гидрофобизирующих поверхностно-активных добавок соответственно обозначается в его названии как ПЛ или ГФ. Для цементов, имеющих нормированный состав клинкера, в названии указывается буква Н. Цементы, имеющие способность к быстрому твердению, обозначаются буквой Б.

Марка цемента устанавливается с учетом требований, изложенных в таблице (приложение Г) и выражается значением предела прочности при сжатии образцов в 28-суточном возрасте твердения, выраженном в килограмм-силах на квадратный сантиметр (кгс/см<sup>2</sup>).



## Приложение А

### Примеры условных обозначений цементов по ГОСТ 31108-2003

– *Портландцемент класса 42,5 быстротвердеющий:*

Портландцемент ЦЕМ I 42,5Б ГОСТ 31108-2003;

– *Портландцемент со шлаком (Ш) от 21 % до 35 %, класса прочности 32,5, нормальноотвердеющий:*

Портландцемент со шлаком ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н ГОСТ 31108-2003;

– *Портландцемент с известняком (И) от 6 % до 20 %, класса прочности 32,5, нормальноотвердеющий:*

Портландцемент с известняком ЦЕМ II/А-И 32,5Н ГОСТ 31108-2003;

– *Композиционный портландцемент с суммарным содержанием доменного гранулированного шлака (Ш), золы-уноса (З) и известняка (И) от 6 % до 20 %, класса прочности 32,5, быстротвердеющий:*

Композиционный портландцемент ЦЕМ II/А-К(Ш-З-И) 32,5Б ГОСТ 31108-2003;

– *Шлакопортландцемент с содержанием доменного гранулированного шлака от 36 % до 65%, класса прочности 32,5, нормальноотвердеющий:*

Шлакопортландцемент ЦЕМ III/А 32,5Н ГОСТ 31108-2003;

– *Пуццолановый цемент с суммарным содержанием пуццоланы (П), золы-уноса (З) и микрокремнезема (МК) от 21 % до 35 %, класса прочности 32,5, нормальноотвердеющий:*

Пуццолановый цемент ЦЕМ IV/А (П-З-МК) 32,5Н ГОСТ 31108-2003;

– *Композиционный цемент с содержанием доменного гранулированного шлака (Ш) от 11 % до 30 % и золы-уноса (З) от 11 % до 30 %, класса прочности 32,5, нормальноотвердеющий:*

Композиционный цемент ЦЕМ V/А(Ш-З) 32,5Н ГОСТ 31108-2003.

## Приложение Б

### Рекомендации по применению общестроительных цементов

При выборе цемента для проведения конкретных строительных работ или для производства строительных материалов следует учесть следующее:

- класс прочности цемента (должен быть согласован с требуемыми прочностными характеристиками изделий, раствора или бетона);
- условия затворения и твердения вяжущего;
- требования технологии производства изделий на основе цемента;
- особенности доставки, хранения и срок годности цемента;
- условия эксплуатации конструкций с использованием цементных материалов.

В настоящее время цементными заводами России производятся цементы в соответствии с ГОСТ 10178-85 и ГОСТ 31108-2003. Данные о соответствии основных марок и классов общестроительных цементов приведены в таблице Б.1

Таблица Б.1 – Ориентировочное соответствие общестроительных цементов, производимых по ГОСТ 31108-2003 и ГОСТ 10178-85

ГОСТ 31108-2003	ГОСТ 10178-85
ЦЕМ I 42,5Н	ПЦ 500-Д0
ЦЕМ I 32,5Б	ПЦ 400-Д0
ЦЕМ I 32,5Н	ПЦ 400-Д0
ЦЕМ II/A-III 42,5Н	ПЦ 500-Д20
ЦЕМ II/A-III 32,5Б	ПЦ 400-Д20
ЦЕМ II/A-III 32,5Н	ПЦ 400-Д20
ЦЕМ II/B-III 32,5Н	ШПЦ 400
ЦЕМ II/A-К (III-II) 42,5Н	ПЦ 500-Д20
ЦЕМ II/A-К (III-II) 32,5Н	ПЦ 400-Д20

Цементы класса прочности 32,5 рекомендуется использовать для изготовления бетонов класса В15-В30 (марки М200-М400), а цементы класса прочности 42,5 – для изготовления бетонов класса В15-В40 (марки М200-М550).

В таблице Б.2 представлены основные виды цементов, выпускающихся в России, и рекомендации по их использованию.

Таблица Б.2 – Рекомендации по применению общестроительных цементов

Вид цемента	Область применения
1	2
ЦЕМ I 52,5Н ЦЕМ I 42,5Н ПЦ 500-Д0-Н	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для бетонов (в т.ч. для сборных и предварительно напряженных конструкций)</li> <li>• Для наружных частей монолитного бетона массивных сооружений</li> <li>• Для тонкостенных монолитных сооружений</li> </ul>
ЦЕМ I 32,5Б	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для бетонов с ранней распалубкой и строительных растворов</li> </ul>
ЦЕМ I 32,5Н	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для бетонов и строительных растворов</li> <li>• Для монолитного бетона массивных сооружений</li> </ul>
ЦЕМ II/A-Ш 42,5Н	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для наружных частей монолитного бетона массивных сооружений</li> <li>• Для тонкостенных монолитных сооружений</li> <li>• Для всех бетонных и железобетонных сборных и монолитных конструкций (в том числе для гидротехнических сооружений в пресной воде)</li> </ul>
ЦЕМ II/A-Ш 32,5Б	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для бетонов с ранней распалубкой и строительных растворов</li> <li>• Для монолитного бетона массивных сооружений</li> <li>• Для всех бетонных и железобетонных сборных и монолитных конструкций (в том числе для гидротехнических сооружений в пресной воде)</li> </ul>
ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для бетонов и строительных растворов</li> <li>• Для монолитного бетона массивных сооружений</li> <li>• Для всех бетонных и железобетонных сборных и монолитных конструкций (в том числе для гидротехнических сооружений в пресной воде)</li> </ul>
ЦЕМ II/B-Ш 32,5Н ЦЕМ III/A 32,5Н ШПЦ 400	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для бетонных и железобетонных сборных изделий, подвергаемых пропарке, монолитных «массивных» бетонных и железобетонных надземных, подземных и подводных конструкций при действии пресных и минеральных вод</li> <li>• Для сооружений, подвергающихся попеременному высыханию и увлажнению</li> <li>• Для строительных растворов</li> </ul>

## Продолжение таблицы Б.2

1	2
ЦЕМ II/A-K (Ш-П)42,5Н	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для наружных частей монолитного бетона массивных сооружений</li> <li>• Для тонкостенных монолитных сооружений</li> <li>• Для всех бетонных и железобетонных сборных и монолитных конструкций (в том числе для гидротехнических сооружений в пресной воде)</li> </ul>
ЦЕМ II/A-K (Ш-П)32,5Б	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для бетонов с ранней распалубкой и строительных растворов</li> <li>• Для всех бетонных и железобетонных сборных и монолитных конструкций (в том числе для гидротехнических сооружений в пресной воде)</li> </ul>
ЦЕМ II/A-П 42,5Н	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для производства сборного железобетона, фундаментов, балок, плит перекрытий, стеновых панелей</li> </ul>
ЦЕМ II/A-П 32,5Н	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для сооружения разнообразных конструкций из бетона (в том числе армированного) и фундаментов небольших строений.</li> <li>• Для создания пеноблоков и ячеистых блоков.</li> <li>• Для строительных растворов.</li> </ul>
ЦЕМ IV/A 32,5 Н	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для монолитных и сборных бетонов и железобетонов.</li> <li>• Для подземных и подводных конструкций.</li> <li>• Для надземных конструкций, находящихся в условиях повышенной влажности.</li> </ul>

## Приложение В

Таблица В.1 – Основные характеристики песка для испытаний цемента (ГОСТ 6139-2003)

Наименование показателя	Значение показателя
Содержание оксида кремния SiO <sub>2</sub> , не менее, %	98
Влажность, не более, %	0,2
Потеря массы при прокаливании, не более, %	0,5
Содержание глинистых и илистых примесей, не более, %	1

Таблица В.2 – Требования к зерновому составу песка (ГОСТ 6139-2003)

Вид песка	Полный остаток на контрольных ситах с размером стороны ячейки, мм						
	2,00	1,60	1,00	0,90	0,50	0,16	0,08
Полифракционный	-	2-12 %	28-38%	-	62-72%	82-92%	98-100%

## Приложение Г

Таблица Г.1 – Требования к физико-механическим свойствам цементов, выпускаемых по ГОСТ 10178-85

Обозначение вида цемента	Гарантированная марка	Предел прочности, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )			
		при изгибе в возрасте, сут		при сжатии в возрасте, сут	
		3	28	3	28
ПЦ-Д0, 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)

Примеры условного обозначения цементов по ГОСТ 10178-85:

– портландцемент марки 400, с добавками до 20 %, быстротвердеющий, пластифицированный:

*ПЦ 400-Д20-Б - ПЛ ГОСТ 10178-85*

– портландцемент марки 500, с добавками до 5 %, нормализованного состава:

*ПЦ 500-Д5-Н ГОСТ 10178-85*

**Список использованных источников**

- 1 ГОСТ 31108-2003 Цементы общестроительные. Технические условия.
- 2 EN 197-1:2000 Цементы. Часть 1: Состав, технические требования и критерии соответствия обычных цементов (Cement — Part 1: Composition, specifications and conforming criteria for common cements).
- 3 ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.
- 4 ГОСТ 24640-91 Добавки для цемента. Классификация.
- 5 ГОСТ 4013-82. Камень гипсовый и гипсоангидритовый для производства вяжущих материалов. Технические условия.
- 6 ГОСТ 3476-74 Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цементов.
- 7 ГОСТ 25818-91 Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия.
- 8 ГОСТ 30744-2001 Цемент. Методы испытаний с использованием полифракционного песка.
- 9 ГОСТ 6139-2003 Песок для испытаний цемента. Технические условия.
- 10 EN 196-1:2005 Методы испытаний цемента. Определение прочности (Methods of testing cement — Determination of strength).
- 11 EN 196-3:2005 Методы испытаний цемента. Определение сроков схватывания (Methods of testing cement — Determination of setting time and soundness).
- 12 EN 196-6:2010 Методы испытаний цемента. Определение тонкости помола (Methods of testing cement — Determination of fineness).
- 13 ГОСТ 30515-97 Цементы. Общие технические условия.
- 14 ГОСТ 310.3-76 Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема.
- 15 ГОСТ 310.4-81 Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии.