

УДК 691.542:006.32

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИРОВЫХ СТАНДАРТОВ НА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

К.В. Степанов, А.А. Трандофиров, В.К. Друхольский, Е.А. Кожникова

С целью унификации правил проектирования сооружений и гармонизации российских и иностранных строительных стандартов изучены нормативные документы – стандарты на материалы и методы их испытаний. Изучены российские, европейские, китайские и американские стандарты на портландцемент и проведено сравнение требований к физико-механическим свойствам цемента.

Ключевые слова: цемент; портландцемент; класс прочности; прочность на сжатие; прочность на изгиб; время схватывания.

COMPARATIVE ANALYSIS OF WORLD STANDARDS FOR PORTLAND CEMENT

K. V. Stepanov, A. A. Trandofirov, V. K. Drukhol'sky, E. A. Kozhnikova

For the purpose of standardization of rules of design of constructions and harmonization of the Russian and foreign construction standards normative documents – standards on materials and methods of their tests are studied. This work is devoted to the study of Russian, European, Chinese and American standards for Portland cement and compared the requirements for physical and mechanical properties of the cement.

Keywords: cement; Portland cement; Class strength; compressive strength; flexural strength; setting time.

Одним из важных аспектов повышения качества и безопасности производимой продукции является стандартизация. Стандартизация – деятельность, которая устанавливает правила использования и характеристики продукции в целях их добровольного многократного применения для достижения упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и для повышения конкурентоспособности, а также работ или услуг [1].

К документам по стандартизации в соответствии с федеральным законом от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ относятся:

- 1) документы национальной системы стандартизации;
- 2) общероссийские классификаторы;
- 3) стандарты организаций, в том числе технические условия;
- 4) своды правил;
- 5) документы по стандартизации, которые устанавливают обязательные требования в отношении объектов стандартизации, предусмотренных статьей 6 настоящего Федерального закона [2].

Правильно организованный процесс стандартизации способствует развитию во всех сферах деятельности. Строительная отрасль оказывает огромное влияние на развитие практически всех

отраслей экономики, как непроектируемых, так и проектируемых [3]. Любая страна уделяет особое внимание тому, чтобы ее продукция была востребована и конкурентоспособна. Для решения этой проблемы необходимо провести гармонизацию нормативных документов [4].

Согласование стандартов различных стран необходимо для торгово-рыночных отношений, т. к. создается единая база, которой доверяют строители и проектировщики разных стран.

Строительные материалы – это категория, которая подлежит строгой стандартизации. Ведь она является основой современного строительства. Знание основных параметров, их особенностей и правильное применение – залог надежности, безопасности и экономичности зданий и сооружений [5]. Одним из основных строительных материалов является цемент, который служит основой для бетонов различной марки [6].

Более сотни стран в настоящее время имеют национальные стандарты на цемент. В основном, страны, производящие цемент, используют свой государственный стандарт, а количество производимого вяжущего оценивается более чем в 100 млн т в год. К таким странам относятся: Россия, США, Германия, Турция, Бразилия и др. страны. Безусловным лидером по производству цемента

Таблица 1 – Требования к физико-механическим свойствам цементов

Класс прочности цемента	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте				Начало схватывания, мин, не ранее	Равномерность изменения объема (расширение), мм, не более
	3 сут. не менее	7 сут. не менее	28 суток			
			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	-				

Таблица 2 – Предельные значения результатов испытаний

Показатель	Класс прочности цемента						
	22,5Н	32,5Н	32,5Б	42,5Н	42,5Б	52,5Н	52,5Б
Прочность на сжатие, МПа, не менее в возрасте							
2 суток	-	-	8,0	8,0	18,0	18,0	28,0
7 суток	9,0	14,0	-	-	-	-	-
28 суток	20,0	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0

является Китай – около 1,5 млрд т в год [7]. Другие страны, которые производят относительно малые объемы вяжущего, также имеют свои стандарты на цемент. Но в то же время, многие страны, особенно Латинской Америки и Африки, используют в качестве национальных стандарты других стран, в основном, это стандарт США ASTM C 150 и европейский стандарт EN 197-1–2015.

Цель работы – сравнительный анализ государственных стандартов на цемент. Поскольку в одной статье невозможно рассмотреть все мировые стандарты, проанализируем российский, европейский, американский и китайский стандарты. Сравнение стандартов проводили на основании классификации цементов по требованиям к их физико-механическим свойствам и выделении сходства и различия данных нормативных документов.

ГОСТ 31108–2003 Цементы общестроительные. Технические условия введен в действие с 1 сентября 2004 г. в качестве государственного стандарта Российской Федерации постановлением Госстроя России от 21 июня 2003 г. N 93. До 1 октября действовал СНиП 10-01–94 [8].

Данный стандарт распространяется только на общестроительные цементы, которые изготовлены на основе порландцементного клинкера. Не применяется к цементам, к которым предъявляются специальные требования.

Данный стандарт включает в себя пять типов цементов:

ЦЕМ □ – порландцемент. Данный цемент имеет наибольшую скорость затвердевания. На

вторые сутки прочность приближается к 50 % от проектной. В составе имеет не более 5 % минеральных добавок;

ЦЕМ □ – порландцемент, который содержит 6–35 % минеральных добавок. Подтип А – добавки не превышают 20 %, подтип В – добавки составляют 21–35 %. Количество добавок напрямую влияют на скорость затвердевания (чем больше добавок – тем меньше скорость твердения);

ЦЕМ □ – шлакопорландцемент. В своем составе содержит доменный гранулированный шлак 36–65 %;

ЦЕМ □ – пуццолановый цемент. Содержит микрокремнезем, золу-уноса и пуццоланы в пределах 21–35 %.

ЦЕМ □ – композиционный цемент. Содержание золы-уноса и доменного гранулированного шлака варьируется в диапазоне 11–30 % каждого.

ГОСТ 31108–2003 различает четыре класса рядовых цементов: 22,5; 32,5; 42,5; 52,5.

В таблице 1 приведены основные требования, указанные в настоящем стандарте. Как мы видим, в первой колонке, помимо класса прочности, цемент имеет две характеристики срока затвердевания. Это “Н” – нормально твердеющий (до 50 % прочности на 7 день) и “Б” – быстро твердеющий (до 50 % прочности на второй день). Различия очень сильно заметны на цементях высокого класса прочности. Они достигают 50 % в возрасте 2-х суток. ЦЕМ □, □ с небольшим количеством добавок являются быстро твердеющими цементами, а ЦЕМ □, □, □ – нормально твердеющими.

Таблица 3 – Механические и физические требования

Класс прочности цемента	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте			Начало схватывания, мин, не ранее	Равномерность изменения объема (расширение), мм, не более
	ранний срок твердения		стандартный срок твердения		
	2 суток	7 суток			
32,5L	-	≥12,0	≥32,5	≤52,5	≥75
32,5N	-	≥16,0			
32,5R	≥10,0	-			
42,5L	-	≥16,0	≥42,5	≤62,5	≥60
42,5N	≥10,0	-			
42,5R	≥20,0	-			
52,5L	≥10,0	-	≥52,5	-	≥45
52,5N	≥20,0	-			
52,5R	≥30,0	-			

Таблица 4 – Граничные результаты

Показатель	Класс прочности цемента								
	32,5L	32,5N	32,5R	42,5L	42,5N	42,5R	52,5L	52,5N	52,5R
Прочность на сжатие, МПа, не менее в возрасте									
2 суток	-	-	8,0	-	8,0	18,0	8,0	18,0	28,0
7 суток	10,0	14,0	-	14,0	-	-	-	-	-
28 суток	30,0			40,0			50,0		

Данные таблицы 1 показывают, что требования по прочности не указаны для цементов возрастом 7 дней для классов 32,5; 42,5; 52,5 т. к. их принято считать рекомендуемыми (необязательными). Это, скорее всего, сделано из-за того, что цемент в первые два дня достигает относительно высокой прочности.

Настоящим стандартом предусмотрены и все единичные результаты испытаний, которые не должны быть меньше предельных значений, которые указаны в таблице 2. Физико-механические показатели цементов определяют по ГОСТ 30744. Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка.

С 1 марта 2017 г. вступил в силу ГОСТ 31108–2016, который аналогичен по техническим требованиям европейскому стандарту на цемент.

EN 197-1–2015. Цемент. Часть 1. Состав, технические требования и критерии соответствия общестроительных цементов. Вступил в силу с 01 января 2016 г. в качестве стандарта Европейского Союза. Постановление Госстандарта РБ № 31 от 11.06.2015 [5]. До этого в качестве основного стандарта был EN 197-1–2011.

Так же как и российский ГОСТ на цемент, он содержит пять типов цементов, с такой же аббревиатурой, что позволяет провести между ними прямое сравнение.

Основное отличие заключается в том, что в настоящем стандарте различают три класса ря-

довых цементов, а именно: класс 32,5; класс 42,5; класс 52,5, что дает, как нам кажется, менее точную классификацию по сравнению с российским стандартом, который, в свою очередь, имеет четыре класса цементов. В тоже время, европейский стандарт на цемент подразделяется на три подкласса: “L” – медленно твердеющий, “N” – нормально твердеющий, “R” – быстро твердеющий. Такие типы цементов, как СЕМ □, □, □, □ имеют нормально и быстро твердеющие классы прочности, СЕМ □ имеет все 3 подкласса.

Все физико-механические требования, предъявляемые к настоящему стандарту, приведены в таблице 3.

Таблица 4 нужна для подтверждения того, что граничные результаты выдержаны единичными результатами.

Анализ двух стандартов на цемент показывает, они весьма схожи по величине прочности на протяжении всего срока твердения вяжущего. Различия заключаются лишь в количестве классов прочности цементов и сроков твердения. Можно с уверенностью сказать, что требования, предъявляемые в данных стандартах к цементу, одинаковы.

GB 175–2007. Портландцемент общего назначения. Данный Государственный стандарт пришел на смену GB175–1999 GB1344–1999, GB12958–1999 [9]. Он вступил в действие в 01 января 2008 г.

GB 175–2007 в первую очередь, ориентирован на европейский аналог EN 197-1–2015, но имеет

Таблица 5 – Физико-механические требования к цементам

Тип	Уровень прочности	Прочность на сжатие		Прочность на изгибе		Начало схватывания, мин, не менее	Конец схватывания, мин, не позднее
		3 дня	28 дней	3 дня	28 дней		
Портландцемент P \square , P \square	42,5	$\geq 17,0$	$\geq 42,5$	$\geq 3,5$	$\geq 6,5$	45	390
	42,5R	$\geq 22,0$		$\geq 4,0$			
	52,5	$\geq 23,0$	$\geq 52,5$	$\geq 4,0$	$\geq 7,0$		
	52,5R	$\geq 27,0$		$\geq 5,0$			
	62,5	$\geq 28,0$	$\geq 62,5$	$\geq 5,0$	$\geq 8,0$		
62,5R	$\geq 32,0$	$\geq 5,5$					
Обыкновенный портландцемент PO	42,5	$\geq 17,0$	$\geq 42,5$	$\geq 3,5$	$\geq 6,5$	45	600
	42,5R	$\geq 22,0$		$\geq 4,0$			
	52,5R	$\geq 27,0$	$\geq 5,0$	$\geq 7,0$			
Шлако-портландцемент, портландцемент из вулканического пепла, портландцемент из измельченного угольного шлака, составной портландцемент PS, PP, PF, PC	32,5	$\geq 10,0$	$\geq 32,5$	$\geq 2,5$	$\geq 5,5$		
	32,5R	$\geq 15,0$		$\geq 3,5$			
	42,5	$\geq 15,0$	$\geq 42,5$	$\geq 3,5$	$\geq 6,5$		
	42,5R	$\geq 19,0$		$\geq 4,0$			
	52,5	$\geq 21,0$	$\geq 52,5$	$\geq 4,0$	$\geq 7,0$		
52,5R	$\geq 23,0$	$\geq 4,5$					

Таблица 6 – Требования к физическим и механическим свойствам цемента

Показатель	Тип цемента									
	I	IA	II	IIA	II(MH)	II(MH)A	III	IIIA	IV	V
Прочность на сжатие, МПа										
1 сутки	-	-	-	-	-	-	12,0	10,0	-	-
3 суток	12,0	10,0	10,0	8,0	10,0	8,0	24,0	9,0	-	8,0
7 суток	19,0	16,0	17,0	14,0	17,0	14,0	-	-	7,0	15,0
28 суток	-	-	-	-	-	-	-	-	17,0	21,0
Сроки схватывания, мин:										
не менее	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
не более	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375

ряд существенных отличий. Во-первых, это количество типов цементов:

- P \square – портландцемент не содержит никаких добавок, кроме гипса;
- P \square – портландцемент с содержанием до 5 % известняка;
- PO – портландцемент обычный, с содержанием 80–95 % суммы клинкера и гипса, 5–10 % гранулированного доменного шлака;
- PS – шлакопортландцемент с различным содержанием шлака. PSA – 20–50 % шлака, PSB – содержание шлака 50–70 %;
- PP – цемент с содержанием 20–40 % активных добавок вулканического происхождения;
- PF – цемент с содержанием 20–40 % топливного шлака;
- PC – составной цемент с содержанием 20–50 % активных и инертных минеральных добавок.

Во-вторых, начальная прочность определяется не двухсуточным возрастом, а трехсуточным. В-третьих, обязательным требованием является прочность на растяжение на изгиб. В-четвертых, минимальное время схватывания для всех типов цемента составляет не менее 45 минут.

Все физические и механические свойства, а также требования указаны в таблице 5.

Данные таблицы 5 показывают, что портландцементы типа P \square и P \square (бездобавочные и малодобавочные, соответственно) имеют класс прочности выше 42,5 и достигают 62,5. Такого значения прочности нет ни в одном из рассматриваемых стандартов. Также положительным отличием является требование на прочность изгиб. Конечно, этот фактор не является основным, но он напрямую связан с прочностью на сжатие, и, следовательно, подтверждает качество вяжущего материала.

Требования китайского стандарта на цемент можно считать одними из самых жестких, что в свою очередь гарантирует высокое качество производимой продукции.

ASTM C 150/C 150 M-16. Стандартные спецификации портландцемента. Данный стандарт включает в себя 5 типов портландцемента [10]:

- Type □ – портландцемент обыкновенный;
- Type □ – портландцемент с увеличенной сульфатостойкостью и уменьшенным тепловыделением;
- Type □ – цемент быстротвердеющий;
- Type □ – Цемент для массивных бетонных сооружений с малым тепловыделением;
- Type □ – цемент с высокой стойкостью к сульфатной агрессии.

Помимо этого, Type □, □, □ – цементы с добавкой воздухововлекающего вещества, содержание которого находится в пределах 0,01–0,03 %. На практике это дает повышенную удобообработываемость и долговечность. Также в настоящем документе есть еще одна разновидность Type □ – МН. Данный цемент является общестроительным.

Основные физические и механические требования указаны в таблице 6.

Основным отличием от других государственных стандартов на цемент является то, что не указаны требования по прочности для 28-суточного возраста. Они предъявляются только к цементам Type □, □. Для данного стандарта они считаются рекомендуемыми, но в случае с другими нормативными документами, они носят обязательный характер.

Изучив наиболее популярные государственные стандарты на цемент, сделан вывод, что документы хоть и имеют некоторые различия, но в целом задают достаточно высокие требования, выполнение которых позволяют им производить высококачественный цемент, который, в свою оче-

редь, гарантирует возведение прочных, безопасных и долговечных зданий и конструкций.

Литература

1. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. РОССТАНДАРТ. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gost.ru/wps/portal/pages/directions?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/gost/gostru/directions/standardization (дата обращения 27.11.2016).
2. Федеральный закон от 29 июня 2015 г. N 162-ФЗ “О стандартизации в Российской Федерации”.
3. Барабаничиков Ю.Г. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Оценка качества строительных материалов / Ю.Г. Барабаничиков С.Г. Никольский, С.В. Беляева. СПб.: Изд-во СПбГПУ. 2011. 150 с.
4. Антонова М.В. Сравнительный анализ Европейской и Российской технической документации строительных материалов / М.В. Антонова, Д.В. Глушка, С.В. Беляева, Л. Пакрастинш // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 4. С. 43–50.
5. EN 197-1–2015. Цемент. Часть 1. Состав, технические требования и критерии соответствия общестроительных цементов.
6. Соломатов В.И. Высокопрочный бетон с активированным минеральным наполнителем / В.И. Соломатов, Л.М. Глаголева, В.Н. Кабанов // Бетон и железобетон. 1986. № 12. С. 37–40.
7. Комплексное оснащение лаборатории [электронный ресурс]. URL: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=9028 (дата обращения 25.11.2016).
8. ГОСТ 31108–2003. Цементы общестроительные. Технические условия.
9. GB 175–2007. Портландцемент общего назначения.
10. ASTM C 150/C 150 M-16. Стандартные спецификации портландцемента.