



Министерство образования и науки Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра строительных материалов

ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМ (российских и зарубежных)

Методические указания
к практическим занятиям для обучающихся
по направлению подготовки 08.04.01 Строительство,
программа «Строительное материаловедение»

Составители:
О.Б. Ляпидевская, В.П. Камсков

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2017

Москва
2017

СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 693.5(07)+666.97(07)
ББК 38.33я79
О-75

Рецензент — доктор технических наук *Е.В. Ткач*,
профессор кафедры строительных материалов НИУ МГСУ

О-75 **Основы строительных норм (российских и зарубежных)** [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям для обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 Строительство, программа «Строительное материаловедение» / сост. : О.Б. Ляпидевская, В.П. Камсков ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т, каф. строит. мат. — Электрон. дан. и прогр. (1,6 Мб). — Москва : Изд-во Моск. гос. строит. ун-та, 2017. — Режим доступа: http://lib.mgsu.ru/Scripts/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS — Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены технические требования, предъявляемые к цементам, заполнителям, бетонным смесям и бетонам, а также методы испытаний в соответствии с российскими и европейскими стандартами. Проведен сравнительный анализ этих требований и методов испытаний, дано сопоставление показателей, позволяющих провести оценку качества строительных материалов, выпускаемых в РФ и ЕС.

Для обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 Строительство, программа «Строительное материаловедение».

Учебное электронное издание

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2017

Редактор *Н.А. Котова*
Верстка и дизайн первого титульного экрана *Д.Л. Разумного*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2007, ПО Adobe Air

Подписано к использованию 12.09.2017 г. Объем данных 1,6 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ–МГСУ.
Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru.

Оглавление

Введение.....	5
Практическое занятие №1. Классификация и технические требования, предъявляемые к цементам, в соответствии с российскими и европейскими стандартами.....	6
Практическое занятие №2. Заполнители для бетона. Определение гранулометрического состава заполнителей методом просеивания. Классификация и требования к заполнителям согласно российским и европейским стандартам.....	14
Практическое занятие №3. Классификация и технические требования, предъявляемые к бетонным смесям, в соответствии с российскими и европейскими стандартами.....	21
Практическое занятие №4. Методы испытаний бетонных смесей в соответствии с российскими и европейскими стандартами.....	25
Практическое занятие №5. Классификация и технические требования, предъявляемые к бетонам, в соответствии с российскими и европейскими стандартами.....	38
Практическое занятие № 6. Определение прочности бетона по контрольным образцам в соответствии с российскими и европейскими стандартами.....	43
Библиографический список.....	53

Введение

В обеспечении высокого качества продукции большая роль принадлежит стандартизации. Согласно определению Международной организации по стандартизации (ISO), «Стандартизация представляет собой процесс установления и применения правил с целью упорядочения деятельности в данной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон и достижения оптимальной экономии с соблюдением функциональных условий и требований техники безопасности».

Как наука стандартизация тесно связана с математикой и рядом технических дисциплин, в том числе с материаловедением и технологией изготовления строительных материалов и изделий. Стандартизация проявляется чаще всего в виде стандартов, технических условий и других нормативных документов. Поэтому основными задачами стандартизации являются:

- разработка нормативных требований к качеству готовой продукции, а также к качеству сырья, полуфабрикатов и комплектующих изделий;

- создание единой системы показателей качества продукции, ее надежности и долговечности;

- разработка научно обоснованных методов управления качеством продукции, а также ее испытания и контроля;

- разработка требований и норм в области проектирования и производства продукции с тем, чтобы рационально сократить многообразие видов и марок изделий и одновременно улучшить их ассортимент;

- унификация изделий, технического оборудования и контролирующих приборов;

- обеспечение единства и правильности измерений;

- совершенствование систем терминологии и обозначений, разработка систем технической документации, классификации и кодирования продукции, а также совершенствование информационных систем и участие в работе международных органов по стандартизации.

Цель практических занятий по освоению дисциплины «Основы строительных норм (российских и зарубежных)» — знакомство обучающихся с основными показателями качества цементов, заполнителей для бетона, бетонных смесей и бетонов, их классификацией, техническими требованиями, стандартными методами испытания в соответствии с российскими (ГОСТ) и европейскими (EN) стандартами, проведение сравнительного анализа для формирования практических навыков оценки качества строительных материалов по различным нормам и оценки соответствия испытанных материалов требованиям стандартов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

Классификация и технические требования, предъявляемые к цементам, в соответствии с российскими и европейскими стандартами

Цель занятия: знакомство с классификацией цементов, требованиями, предъявляемыми к цементам, а также с принятыми условными обозначениями цементов в соответствии с российскими стандартами ГОСТ 30515–2013, ГОСТ 31108–2016 и европейским стандартом EN 197–1:2011. Проведение сравнительного анализа.

1.1. Классификация цементов

Классификация цементов по ГОСТ 30515–2013/ГОСТ 31108–2016:

- *по назначению:* общестроительные; специальные;
- *по виду клинкера:* портландцементный, глиноземистый (высокоглиноземистый), смесь портландцементного и сульфатоалюминатного (сульфоферритного) клинкера;
- *по вещественному составу* — 5 типов: I — портландцемент без минеральных добавок; II — портландцемент с минеральными добавками; III — шлакопортландцемент; IV — пуццолановый цемент; V — композиционный цемент; по содержанию портландцементного клинкера и добавок цементы типов II–V подразделяют на подтипы: А, В, С (всего — 23 подтипа);
- *по прочности на сжатие:* классы 32,5; 42,5; 52,5;
- *по скорости твердения:* нормальнотвердеющие (Н); быстротвердеющие (Б); медленнотвердеющие (М);
- *по срокам схватывания:* медленносхватывающиеся — начало схватывания более 2 ч; нормальнотвердеющиеся — начало схватывания — 45 мин до 2 ч; быстросхватывающиеся — начало схватывания менее 45 мин.

Классификация цементов по EN 197–1:2011:

- *по вещественному составу* — 5 типов: I — портландцемент без минеральных добавок; II — портландцемент с минеральными добавками; III — шлакопортландцемент; IV — пуццолановый цемент; V — композиционный цемент. По содержанию портландцементного клинкера и добавок цементы типов II–V подразделяют на подтипы: А, В, С (всего — 27 подтипов);
- *по прочности на сжатие:* классы 32,5; 42,5; 52,5;
- *по скорости твердения:* нормальнотвердеющие (N); быстротвердеющие (R); медленнотвердеющие (L);
- *по сульфатостойкости и теплоте гидратации:* рядовые цементы; рядовые цементы с низкой плотной гидратации (теплота гидратации должна быть ≤ 270 Дж/г) — LH; сульфатостойкие цементы — SR.

1.2. Технические требования, предъявляемые к цементам

Таблица 1

Требования к вещественному составу цементов в соответствии с ГОСТ 31108–2016

Тип цемента	Наименование цемента	Сокращенное обозначение цемента	Вещественный состав цемента, % массы*								Вспомогательные компоненты	
			Основные компоненты									
			Портланд-цементный клинкер	Доменный гранулированный шлак	Пуццолана	Зола-уноса	Глиеж	Микрокремнезем	Обожженный сланец	Известняк		
			Кл	Ш	П	З	Г	Мк	Сл	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
	пуццоланой	ЦЕМ II/A-П	80–94	—	6–20	—	—	—	—	—	—	0-5
		ЦЕМ II/B-П	65–79	—	21–35	—	—	—	—	—	—	0-5
	золы-уносом	ЦЕМ II/A-З	80–94	—	—	6–20	—	—	—	—	—	0-5
		ЦЕМ II/B-З	65–79	—	—	21–35	—	—	—	—	—	0-5
	глиежем	ЦЕМ II/A-Г	80–94	—	—	—	6–20	—	—	—	—	0-5
		ЦЕМ II/B-Г	65–79	—	—	—	21–35	—	—	—	—	0-5
	микрокремнеземом	ЦЕМ II/A-Мк	90–94	—	—	—	—	6–10	—	—	—	0-5
	обожженным сланцем	ЦЕМ II/A-Сл	80–94	—	—	—	—	—	6–20	—	—	0-5
		ЦЕМ II/B-Сл	65–79	—	—	—	—	—	21–35	—	—	0-5
	известняком	ЦЕМ II/A-И	80–94	—	—	—	—	—	—	6–20	—	0-5
		ЦЕМ II/B-И	65–79	—	—	—	—	—	—	21–35	—	0-5
	Композиционный портландцемент***	ЦЕМ II/A-К	80–88	12–20								0-5
ЦЕМ II/B-К		65–79	21–35								0-5	
ЦЕМ III	Шлакопортландцемент	ЦЕМ III/A	35–64	36–65	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		ЦЕМ III/B	20–34	66–80	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		ЦЕМ III/С	5–19	81–95	—	—	—	—	—	—	—	0-5
ЦЕМ IV	Пуццолановый цемент	ЦЕМ IV/A	65–89	—	11–35				—	—	—	0-5
		ЦЕМ IV/B	45–64	—	36–55				—	—	—	0-5
ЦЕМ V	Композиционный цемент***	ЦЕМ V/A	40–64	18–30	18–30			—	—	—	—	0-5
		ЦЕМ V/B	20–38	31–49	31–49			—	—	—	—	0-5

Примечания:

* Значения относятся к сумме основных и неосновных компонентов (кроме гипса), принятых за 100 %.

** В наименовании цементов типа ЦЕМ II (кроме композиционного портландцемента) вместо слов «с минеральными добавками» указывают наименование минеральных добавок — основных компонентов.

*** Обозначение вида минеральных добавок — основных компонентов должно быть указано в наименовании цемента.

Таблица 2

Требования к вещественному составу рядовых цементов в соответствии с EN 197–1:2011

Основные типы	Обозначение 27 подтипов цементов		Состав (процентное содержание по массе)*										
			Основные компоненты										Вспомогательные компоненты
			Клинкер	Доменный шлак	Силикатная пыль	Пуццолана		Зола–уноса		Обожженный сланец	Известняк		
						Природная	Искусственная	Кислая	Основная				
<i>K</i>	<i>S</i>	<i>D</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>V</i>	<i>W</i>	<i>T</i>	<i>L**</i>	<i>LL</i>				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
CEM I	Портландцемент	CEM I	95–100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0–5
		CEM II/A–S	80–94	6–20	—	—	—	—	—	—	—	—	0–5
CEM II	Портландцемент со шлаком	CEM II/B–S	65–79	21–35	—	—	—	—	—	—	—	—	0–5
		CEM II/A–D	80–94	—	6–10	—	—	—	—	—	—	—	0–5
	Портландцемент с пуццоланой	CEM II/A–P	80–94	—	—	6–20	—	—	—	—	—	—	0–5
		CEM II/B–P	65–79	—	—	21–35	—	—	—	—	—	—	0–5
		CEM II/A–Q	80–94	—	—	—	6–20	—	—	—	—	—	0–5
		CEM II/B–Q	65–79	—	—	—	21–35	—	—	—	—	—	0–5
		CEM II/A–V	80–94	—	—	—	—	6–20	—	—	—	—	0–5
Портландцемент с золой–уносом	CEM II/B–V	65–79	—	—	—	—	21–35	—	—	—	—	0–5	
	CEM II/A–W	80–94	—	—	—	—	—	6–20	—	—	—	0–5	

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	Портландцемент с обожж. сланцем	CEM II/B-W	65-79	—	—	—	—	—	21-35	—	—	—	0-5	
		CEM II/A-T	80-94	—	—	—	—	—	—	6-20	—	—	0-5	
	Портландцемент с известняком	CEM II/B-T	65-79	—	—	—	—	—	—	—	21-35	—	—	0-5
		CEM II/A-L	80-94	—	—	—	—	—	—	—	—	6-20	—	0-5
		CEM II/B-L	65-79	—	—	—	—	—	—	—	—	21-35	—	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6-20	0-5
	Композиционный портландцемент***	CEM II/B-LL	65-79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21-35	0-5
		CEM II/A-M	80-88	12-20									0-5	
			CEM II/B-M	65-79	21-35									0-5
	CEM III	Шлакопортландцемент	CEM III/A	35-64	36-65	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
CEM III/B			20-34	66-80	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
CEM III/C			5-19	81-95	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
CEM IV	Пуццолановый цемент	CEM IV/A	65-89	—	11-35					—	—	—	0-5	
		CEM IV/B	45-64	—	36-55					—	—	—	0-5	
CEM V	Композиционный цемент***	CEM V/A	40-64	18-30	—	18-30			—	—	—	—	0-5	
		CEM V/B	20-38	31-49	—	31-49			—	—	—	—	0-5	

Примечания.

* Значения относятся к сумме основных и неосновных компонентов, принятых за 100 %.

** Общее содержание органического углерода не должно превышать: LL: 0,20 % по массе; L: 0,50 % по массе.

*** В композиционных портландцементах CEM II/A-M, CEM II/B-M, в пуццолановых цементах CEM IV/A и CEM IV/B и в композиционных цементах CEM V/A, CEM V/B основные составляющие, отличающиеся от клинкера, должны быть отмечены в наименовании цемента.

Таблица 3

Требования к вещественному составу сульфатостойких цементов в соответствии с ГОСТ 22266–2013

Тип цемента	Обозначение 7 подтипов сульфатостойких цементов		Состав (процентное содержание по массе)					Содержание C_3A в клинкере, %	Содержание $(C_3A + C_4AF)$ в клинкере, %
			Основные компоненты				Вспомогательные компоненты		
			Клинкер Кл	Доменный шлак Ш	Пуццолана П	Микрокремнезем Мк			
ЦЕМ I	Сульфатостойкий портландцемент	ЦЕМ I-CC	95–100	—	—	—	0–5	≤ 3,5	Не нормируется
ЦЕМ II	Сульфатостойкий портландцемент с минеральными добавками	ЦЕМ II/A-Ш CC	80–94	6–20	—	—	0–5	≤ 5,0	Не нормируется
		ЦЕМ II/B- Ш CC	65–79	21–35	—	—	0–5		
		ЦЕМ II/A-П CC	80–94	—	6–20	—	0–5		
		ЦЕМ II/B- К CC	80–88	—	12–20	—	0–5		
ЦЕМ III	Сульфатостойкий шлакопортландцемент	ЦЕМ III/A CC	35–64	36–65	—	—	0–5	≤ 7,0	≤ 22,0

Таблица 4

Требования к вещественному составу сульфатостойких цементов в соответствии с EN 197–1:2011

Тип цемента	Обозначение 7 подтипов сульфатостойких цементов		Состав (процентное содержание по массе)					Содержание C_3A в клинкере, %
			Основные компоненты				Вспомогательные компоненты	
			Клинкер К	Доменный шлак S	Пуццолана природная P	Зола-уноса кислая V		
CEM I	Сульфатостойкий портландцемент	CEM I-SR 0	95–100	—	—	—	0–5	0
		CEM I-SR 3						≤ 3
		CEM I-SR 5						≤ 5
CEM III	Сульфатостойкий шлакопортландцемент	CEM III/B-SR	20–34	66–80	—	—	0–5	Нет требований
		CEM III/C- SR	5–19	81–95	—	—	0–5	
CEM IV	Сульфатостойкий пуццолановый портландцемент	CEM IV/A-SR	65–79	—	21–35		0–5	≤ 9
		CEM IV/B- SR	45–64	—	36–55		0–5	

**Требования к физико-механическим свойствам цементов
в соответствии с ГОСТ 31108–2016 и EN 197–1:2011**

Класс прочности цемента		Прочность на сжатие, МПа, в возрасте				Начало схватыва- ния, мин, не ранее	Равномер- ность изменения объема, мм, не более
Обозначение по ГОСТ	Обозначение по EN	2 сут., не менее	7 сут., не менее	28 сут.,			
				не менее	не более		
32,5М*	32,5L*	—	12	32,5	52,5	75	10
32,5Н	32,5N	—	16				
32,5Б	32,5R	10	—				
42,5М*	42,5L*	—	16	42,5	62,5	60	
42,5Н	42,5N	10	—				
42,5Б	42,5R	20	—				
52,5М*	52,5L*	10	—	52,5	—	45	
52,5Н	52,5N	20	—				
52,5Б	52,5R	30	—				

Примечание. * Классы прочности относятся только к цементам ЦЕМ III (СЕМ III).

1.3. Условные обозначения цементов

1.3.1. Условные обозначения цементов по ГОСТ 31108–2016

Условное обозначение цемента включает: наименование цемента; сокращенное обозначение цемента, обозначение типа и подтипа цемента и вида добавки; класс прочности; обозначение подкласса по скорости твердения (Н, Б, М); обозначение настоящего стандарта.

Примеры условных обозначений цементов:

- Портландцемент класса 52,5 быстротвердеющий:

Портландцемент ЦЕМ I 52,5Б ГОСТ 31108–2016

- Портландцемент с содержанием пуццоланы (П) от 21 до 35 %, класса прочности 32,5, нормальнотвердеющий:

Портландцемент с пуццолой (П) ЦЕМ II/В-П 32,5Н ГОСТ 31108–2016

- Портландцемент с содержанием известняка (И) от 6 до 20 %, класса прочности 32,5, нормальнотвердеющий:

Портландцемент с известняком ЦЕМ II/A-II 32,5Н ГОСТ 31108–2016

• Композиционный портландцемент с суммарным содержанием доменного гранулированного шлака и золы-уноса и известняка 12–20 %, класса прочности 32,5, медленнотвердеющий:

*Композиционный портландцемент ЦЕМ II/A-K (Ш-3-II) 32,5М
ГОСТ 31108–2016*

• Шлакопортландцемент с содержанием доменного гранулированного шлака от 36 до 65 %, класса прочности 32,5, нормальнотвердеющий:

Шлакопортландцемент ЦЕМ III/A 32,5Н ГОСТ 31108–2016

1.3.2. Условные обозначения цементов в соответствии с EN 197–1:2011

Условное обозначение цемента включает: наименование цемента; обозначение стандарта; сокращенное обозначение цемента, включающее обозначение типа и подтипа цемента и вида добавки; класс прочности; обозначение подкласса по скорости твердения (*N, R, L*); дополнительное обозначение для сульфатостойких (*SR*) и низкотермичных (*LH*) цементов.

Примеры условных обозначений цементов:

• Портландцемент класса прочности 52,5 с высокой скоростью твердения:

Portland cement EN 197–1 — CEM I 52.5 R

• Портландцемент с добавкой известняка от 6 до 20 % при содержании ТОС $\leq 0,50$ %, класса прочности 32,5 с нормальной скоростью твердения:

Portland limestone cement EN 197–1 — CEM II/A-L 32,5 N

• Композиционный цемент с суммарным содержанием доменного шлака от 18 до 30 % и кремнеземистой (кислой) золы-уноса от 18 до 30 %, класса прочности 32,5 с нормальной скоростью твердения:

Composite cement EN 197–1 — CEM V/A (S-V) 32,5 N

• Пуццолановый цемент, содержащий от 21 до 35 % природной пуццоланы, класса прочности 32,5 с нормальной скоростью твердения, высокой сульфатостойкостью массовой долей C_3A в клинкере < 9 %:

Pozzolanic cement EN 197–1 — CEM IV/A (P) 32,5 N-SR

• Шлакопортландцемент, содержащий от 81 до 95 % гранулированного доменного шлака, класса прочности 32,5 с пониженной скоростью твердения, низкой теплотой гидратации и высокой сульфатостойкостью:

Blastfurnace cement EN 197–1 — CEM III/C 32,5 L –LH/SR

1.4. Сравнительный анализ

Классификация. В соответствии с ГОСТ 30515–2013 и ГОСТ 31108–2016 цементы классифицируют по 6 показателям (назначению, виду клинкера, вещественному составу, прочности на сжатие, скорости твердения, срокам схватывания). В соответствии с ГОСТ 31108–2016 по вещественному составу различают 5 типов и 23 подтипа цементов. В соответствии с EN 197–1:2011 цементы классифицируют по 5 показателям (вещественному составу, прочности на сжатие, скорости твердения, сульфатостойкости и теплоте гидратации). По вещественному составу различают 5 типов и 27 подтипов цементов.

Требования к вещественному составу в соответствии с ГОСТ 31108–2016 и EN 197–1:2011, в целом, совпадают. В EN зола-уноса разделена на два вида: кислая (*V*) и основная (*W*); известняк разделен на два вида: с содержанием органического углерода 0,5 % (*L*) и 0,2 % (*LL*). В ГОСТ зола-уноса (*З*) и известняк (*И*) не разделены на виды.

Требования к вещественному составу *сульфатостойких цементов* в соответствии с ГОСТ 22266–2013 и EN 197–1:2011 во многом схожи. Однако есть и некоторые различия. Согласно EN сульфатостойкие цементы типа СЕМ I подразделяют на три подтипа по допустимому содержанию C_3A в клинкере (0, 3, 5 %). Согласно ГОСТ сульфатостойкий цемент типа ЦЕМ I на подтипы не делится, а содержание C_3A в клинкере не должно превышать 3,5 %. В соответствии с ГОСТ к сульфатостойким цементам относят цементы типа ЦЕМ II с добавкой доменного гранулированного шлака, пуццоланы, а также смеси доменного шлака с пуццоланой или микрокремнеземом. Для цементов этого типа содержание C_3A в клинкере должно быть не более 5,0 %. Кроме того, к сульфатостойким относят шлакопортландцемент подтипа ЦЕМ III/A с содержанием в клинкере $C_3A \leq 7,0\%$ и $(C_3A + C_4AF) \leq 22\%$. Согласно EN к сульфатостойким относят шлакопортландцемент подтипов СЕМ III/B и СЕМ III/C (без требований к содержанию C_3A в клинкере), а также пуццолановый портландцемент подтипов СЕМ IV/A и СЕМ IV/B с содержанием C_3A в клинкере $\leq 9,0\%$.

Требования к физико-механическим свойствам цементов согласно ГОСТ и EN полностью совпадают.

Условные обозначения цементов согласно ГОСТ и EN практически совпадают. Наименование стандарта в условном обозначении цемента ГОСТ 31108–2016 указано в конце, а в EN 197–1:2011 — в начале.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

Заполнители для бетона. Определение гранулометрического состава заполнителей методом просеивания. Классификация и требования к заполнителям согласно российским и европейским стандартам

Цель занятия: знакомство с определениями и требованиями, предъявляемыми к мелкому и крупному заполнителям согласно российским (ГОСТ 8267–93 и ГОСТ 8736–2014) и европейским (EN 12620:2007) стандартам. Изучение методов определения гранулометрического состава заполнителей для бетона в соответствии с ГОСТ 8735–88, ГОСТ 8269.0–97* и EN 933–1:2012. Проведение сравнительного анализа.

2.1. Определения

2.1.1. Определения по ГОСТ 8267–93 и ГОСТ 8736–2014

Заполнитель — материал зернистого строения, входящий в состав строительных растворов, бетонов, не вступающий в химическую реакцию с вяжущими веществами.

Песок — природный неорганический сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм, образовавшийся в результате естественного разрушения скальных горных пород и получаемый при разработке гравийно-песчаных и песчаных месторождений.

Щебень из горных пород — неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью свыше 5 мм, получаемый дроблением горных пород, гравия и валунов.

Гравий из горных пород — неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью свыше 5 мм, получаемый рассевом природных гравийно-песчаных смесей.

2.1.2. Определения по EN 12620:2007

Заполнитель — зернистый материал, используемый в строительстве. Заполнитель может быть природным, искусственным или повторно используемым.

Фракция по размеру зерен — характеристика заполнителей в зависимости от меньшего (d) и большего (D) размеров отверстий сит, указываемая в виде d/D .

Мелкий заполнитель — заполнитель мелких фракций с D не более 4 мм.

Крупный наполнитель — наполнитель фракций с D не менее 4 мм и d не менее 2 мм.

Гранулометрический состав — содержание в наполнителе частиц, проходящих через определенное количество сит, выраженное в % по массе.

2.2. Определение гранулометрического состава наполнителей методом просеивания по ГОСТ 8735–88, ГОСТ 8269.0–97* и EN 933–1:2012

Сущность метода: просеивание наполнителей через набор сит.

Приборы, оборудование: набор стандартных сит (табл. 6); весы лабораторные; сушильный шкаф; емкости.

Таблица 6

Набор стандартных сит

ГОСТ 8735–88, ГОСТ 8269.0–97*		EN 933–1:2012	
D ячейки сита, мм	Вид сита	D ячейки сита, мм	Вид сита
0,16; 0,315; 0,63 1,25	Сита проволочные с квадратными ячейками	0,063; 0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 1,4*; 2,0; 2,8*; 4,0;	Сита с проволочной сеткой
2,5; 5,0; 10,0; 12,5; 15; 17,5; 20; 22,5; 25; 30; 40; 50; 60; 70 (80)	Сита с круглыми отверстиями	5,6*; 8,0; 11,2*; 16,0; 22,4; 31,5; 45,0; 63,0	Сита с квадратными отверстиями

Методика проведения испытания:

1) отбор пробы. Минимальное количество наполнителя на один просев представлено в табл. 7.

Таблица 7

Минимальное количество испытываемого материала на один просев

ГОСТ 8735–88 и ГОСТ 8269.0–97*		EN 933–1:2012	
Наибольший размер зерен наполнителя, мм	Масса пробы, кг	Наибольший размер зерен наполнителя, мм	Минимальная масса пробы, кг
≤ 5	1,0	≤ 4	0,2
10	5,0	8	0,6
20	10,0	16	2,6
40	20,0	31,5	10,0
Св. 40	40,0	63	40,0

- 2) высушивание пробы до постоянной массы;
- 3) просеивание заполнителей через набор сит (табл. 6);
- 4) определение частных остатков на каждом сите (m_i , г);
- 5) выражение частных остатков в % (a_i) по формулам (1), (2):

ГОСТ 8735–88, ГОСТ 8269.0-97*:

EN 933–1:2012:

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100\% ; \quad (1) \quad a_i = \frac{R_i}{M} \cdot 100\% , \quad (2)$$

где m_i , R_i — масса остатка на данном сите, г; m , M — общая масса пробы, г.

- 6) определение полных остатков на сите (A_i , %) по формулам (3), (4):

ГОСТ 8735–88,
ГОСТ 8269.0–97*:

EN 933–1:2012

$$A_i = \sum a_5 + \dots + a_i ; \quad (3) \quad A_i = 100\% - a_i . \quad (4)$$

7) модуль крупности песка по ГОСТ 8735–88 (M_k) определяется по формуле (5), а в соответствии с EN 12620:2007 (MF) — по формуле (6):

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100} ; \quad (5)$$

$$MF = \frac{A_4 + A_2 + A_1 + A_{0,5} + A_{0,25} + A_{0,125}}{100} . \quad (6)$$

2.3. Построение графиков зернового состава

Графики зернового состава заполнителей по российским и европейским нормам представлены на рис. 1, 2, 3. Если график находится между стандартными кривыми (т.е. попадает в область допустимых значений), заполнитель считается пригодным для бетона.

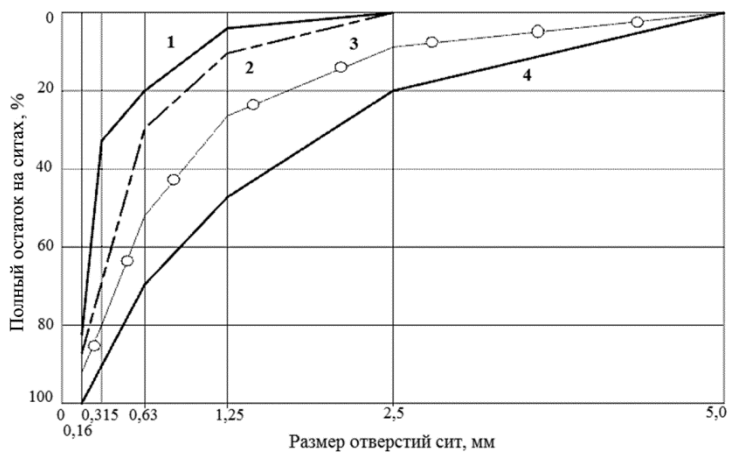


Рис. 1. График зернового состава песка (по российским нормам):

- 1 – нижняя граница крупности песка ($M_k = 1,5$);
- 2 – нижняя граница крупности песка ($M_k = 2,0$);
- 3 – нижняя граница крупности песка ($M_k = 2,5$);
- 4 – верхняя граница крупности песков ($M_k = 3,25$)

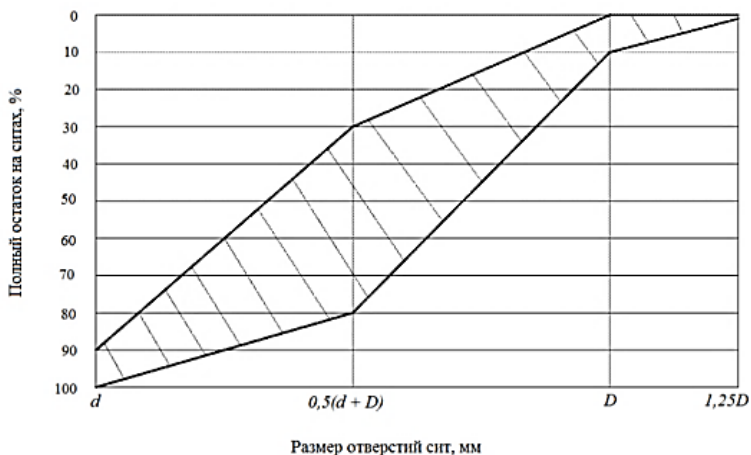


Рис. 2. График зернового состава крупного заполнителя (по российским нормам)

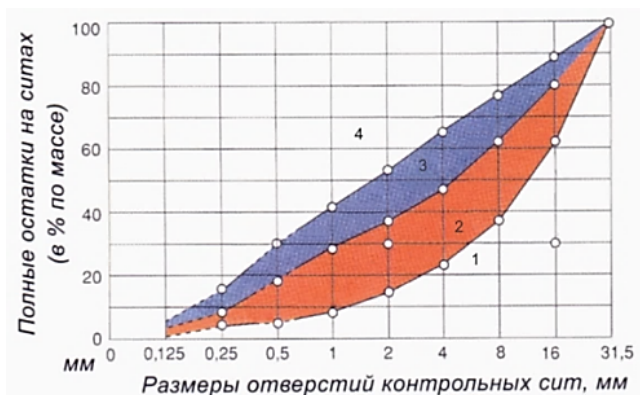


Рис. 3. График зернового состава заполнителей для смесей 0/32 (по европейским нормам):

- 1 — крупнозернистый заполнитель;
- 2 — средне- и крупнозернистый заполнители;
- 3 — мелко- и среднезернистый заполнители;
- 4 — мелкозернистый заполнитель

2.4. Классификация заполнителей и требования к гранулометрическому составу

2.4.1. В соответствии с ГОСТ 8736–2014 и ГОСТ 8267–93

В соответствии с ГОСТ 8736–2014 песок подразделяют на группы в зависимости от крупности зерен (модуля крупности): повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий, тонкий и очень тонкий. Каждую группу песка характеризуют значением модуля крупности M_k и полным остатком песка на сите № 0,63 (табл. 8).

Таблица 8

Классификация песков по зерновому составу

Группа песка	Модуль крупности M_k	Полный остаток на сите № 0,63, % по массе
Повышенной крупности	Св. 3,0 до 3,5	Св. 66 до 75
Крупный	» 2,5 до 3,5	» 45 » 65
Средний	» 2,0 » 2,5	» 30 » 45
Мелкий	» 1,5 » 2,0	» 10 » 30
Очень мелкий	» 1,0 » 1,5	До 10
Тонкий	» 0,7 » 1,0	не нормируется
Очень тонкий	До 0,7	не нормируется

В соответствии с ГОСТ 8267–93 щебень и гравий выпускают в виде следующих основных фракций: 5 до 10 мм; св. 10 до 15 мм; св. 10 до 20 мм; св. 15 до 20 мм; св. 20 до 40 мм; св. 40 до 80(70) мм и смеси фракций от 5 до 20 мм. Содержание отдельных фракций крупного заполнителя в составе бетона приведено в табл. 9.

Таблица 9

Содержание отдельных фракций крупного заполнителя

Наибольшая крупность заполнителя, мм	Содержание фракций в крупном заполнителе, %			
	5–10 мм	10–20 мм	20–40 мм	40–80 мм
10	100	–	–	–
20	25–40	60–75	–	–
40	15–25	20–35	40–65	–
80	10–20	15–25	20–35	35–55

Полные остатки на контрольных ситах при рассеве щебня и гравия должны соответствовать указанным в табл. 10, где d и D — наименьшие и наибольшие размеры зерен.

Таблица 10

Полные остатки щебня (гравия) на ситах

Диаметр отверстий контрольных сит, мм	d	$0,5(d + D)$	D	$1,25D$
Полные остатки на ситах, % по массе	От 90 до 100	От 30 до 60 (80*)	До 10	До 0,5

Примечание. *Допускается по согласованию с потребителем.

2.4.2. В соответствии с EN 12620:2007

В соответствии с EN 12620:2007 песок подразделяют на группы в зависимости от крупности зерен (модуля крупности): крупный, средний, мелкий (табл. 11).

Таблица 11

Классификация песков по зерновому составу

Модуль крупности		
Крупных песков — CF	Средних песков — MF	Мелких песков — FF
4,0–2,4	2,8–1,5	2,1–0,6

В зависимости от прохода через сито зерен определенных размеров заполнителей устанавливают категории G для крупного и мелкого заполнителя (табл. 12).

Требования к гранулометрическому составу

Заполнитель	Размеры зерен	Проход через сито, % по массе					Категория G
		2D	1,4D	D	d	d/2	
Крупный	$D/d \leq 2$	100	98–100	85–99	0–20	0–5	GC 85/20
	и $D \leq 11,2$ мм	100	98–100	80–99	0–20	0–5	GC 80/20
	$D/d > 2$ и $D > 11,2$ мм	100	98–100	90–99	0–15	0–5	GC 90/15
Мелкий	$D \leq 4$ мм и $d = 0$	100	95–100	85–99	–	–	GF 85

2.5. Сравнительный анализ

В отличие от российских нормативных документов существует единый европейский стандарт, который устанавливает требования к заполнителям для бетона (EN 12620:2007).

Определения. Согласно ГОСТ 8267–93 и ГОСТ 8736–2014 мелким заполнителем для бетона является песок с крупностью зерен до 5 мм; крупным заполнителем — щебень или гравий с размером зерен свыше 5 мм. В соответствии с EN 12620:2007 мелкий заполнитель имеет крупность зерен не более 4 мм, а крупный — $D \geq 4$ мм и $d \geq 2$ мм.

Методики определения гранулометрического состава заполнителей по ГОСТ 8735–88, ГОСТ 8269.0–97* и EN 933–1:2012, в целом, схожи. ГОСТ предусматривает использование набора сит (18 шт.) — от 0,16 до 70(80) мм; EN (17 шт.) — от 0,063 до 63(90) мм. Имеются некоторые отличия по массе мерной пробы: по ГОСТ — масса мелкого заполнителя — 1,0 кг, крупного заполнителя — от 5,0 до 40,0 кг в зависимости от максимального размера зерен; по EN — масса мелкого заполнителя — 0,2 кг, крупного заполнителя — от 0,6 до 40 кг.

Определение частных остатков на ситах после просеивания по ГОСТ 8735–88, ГОСТ 8269.0–97* и EN 933–1:2012 одинаково. Полные остатки на ситах согласно ГОСТ определяются по формуле:

$$A_i = \sum a_5 + \dots + a_i, \%;$$

в соответствии с EN — по формуле:

$$A_i = 100\% - a_i, \%;$$

Принцип расчета модуля крупности песка по ГОСТ и EN одинаков.

Построение графиков зернового состава. По российским нормативам графики зернового состава песка и крупного заполнителя строятся раздельно. Для песка: по оси X — размер отверстий сит (от 0,16 до 5,0

мм), по оси Y — полный остаток на сите (от 100 до 0 %). Для крупного заполнителя: по оси X — наименьший (d) и наибольший (D) размер зерен и их полусумма ($0,5(D+d)$), по оси Y — полный остаток на сите (от 100 до 0 %). По европейским стандартам графики мелкого и крупного заполнителей строятся в одной системе координат: по оси X — размер отверстий сит (в зависимости от максимальной крупности заполнителя), по оси Y — полный остаток на сите (от 100 до 0 %).

Классификация песков по модулю крупности согласно ГОСТ 8736–2014 и EN 12620:2007 включает группы: крупный, средний и мелкий. В ГОСТ имеются также группы песка повышенной крупности, очень мелкий, тонкий и очень тонкий (всего — 7).

В *требованиях к гранулометрическому составу заполнителей* EN 12620:2007 устанавливает 4 категории: GC 85/20, GC 80/20, GC 90/15 (для крупного заполнителя) и GF 85 (для мелкого заполнителя).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

Классификация и технические требования, предъявляемые к бетонным смесям, в соответствии с российскими и европейскими стандартами

Цель занятия: изучение определений, классификаций бетонных смесей, знакомство с техническими требованиями, предъявляемыми к бетонным смесям, а также с условными обозначениями в соответствии с российским стандартом ГОСТ 7473–2010 и европейским нормативом EN 206–1:2013. Проведение сравнительного анализа.

3.1. Определения

Бетонная смесь — готовая к применению перемешанная однородная смесь вяжущего, заполнителей и воды с добавлением или без добавления химических и минеральных добавок, которая после уплотнения, схватывания и твердения превращается в бетон.

Бетонная смесь заданного качества — бетонная смесь, требуемые свойства и дополнительные характеристики которой задаются производителю, несущему ответственность за обеспечение этих требуемых свойств и дополнительных характеристик.

Бетонная смесь заданного состава — бетонная смесь, состав которой и используемые при ее приготовлении компоненты задаются производителю, несущему ответственность за обеспечение этого состава.

Удобоукладываемость — свойство бетонной смеси заполнять форму при определенном способе уплотнения, сохраняя при этом свою однородность. Характеризуется подвижностью и жесткостью.

Подвижность бетонной смеси (см) — способность смеси расплываться под действием собственной массы.

Жесткость бетонной смеси (с) — время вибрирования, необходимое для выравнивания и уплотнения предварительно отформованного конуса бетонной смеси в стандартном приборе.

3.2. Классификация бетонных смесей

Классификация бетонных смесей согласно ГОСТ 7473–2010:

- *по типу бетона*: бетонные смеси тяжелого бетона (БСТ); бетонные смеси мелкозернистого бетона (БСМ); бетонные смеси легкого бетона (БСЛ);

- *по удобоукладываемости*: жесткие (Ж) — по показателю жесткости; подвижные (П) — по осадке конуса; растекающиеся (Р) — по расплыву конуса. Группы разделяют на марки.

Классификация бетонных смесей согласно с EN 206–1:2013:

- *по удобоукладываемости (консистенции)*: по осадке конуса; жесткости; уплотнению смеси; расплыву смеси;

- *по максимальному размеру заполнителей* (при классификации по максимальному зерну гранулометрической фракции применяется номинальное значение максимального зерна самой крупной фракции в бетоне (D_{\max}) в соответствии с EN 12620:2007).

3.3. Условные обозначения бетонных смесей по ГОСТ 7473–2010

Условное обозначение бетонных смесей включает: сокращенное обозначение бетонной смеси в соответствии с типом бетона, класс бетона по прочности, марку бетонной смеси по удобоукладываемости и, при необходимости, другие нормируемые показатели качества, например, марки по морозостойкости, марки по водонепроницаемости, средней плотности бетона и др., и обозначение стандарта.

Примеры условных обозначений:

- Бетонная смесь тяжелого бетона класса по прочности В25, марки по удобоукладываемости П1, марок бетона по морозостойкости F200 и водонепроницаемости W4:

БСТ В25 П1 F200 W4 ГОСТ 7473–2010

- Бетонная смесь мелкозернистого бетона класса по прочности В30, марки по удобоукладываемости П41, марок бетона по морозостойкости F300 и водонепроницаемости W8:

БСМ В30 П4 F300 W8 ГОСТ 7473–2010

- Бетонная смесь тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В25 с минимальной требуемой прочностью бетона 33 МПа, марки по удобоукладываемости П1, с осадкой конуса 3 см, марок бетона по морозостойкости F200 и водонепроницаемости W4:

БСТ В25 ($R_m^T \geq 33$ МПа) П1 (ОК 3 см) F200 W4 ГОСТ 7473–2010

- Бетонная смесь легкого бетона класса по прочности В12,5, марки по удобоукладываемости П2, марок бетона по морозостойкости F200, водонепроницаемости W2, средней плотности D900:

БСЛ В12,5 П2 F200 W2 D900 ГОСТ 7473–2010

3.4. Технические требования к бетонным смесям

В соответствии с ГОСТ 7473–2010 технические требования к бетонным смесям предъявляются по показателям: удобоукладываемости; средней плотности; пористости; расслаиваемости; температуре; сохранности свойств во времени.

В соответствии с EN 206–1:2013 технические требования к бетонным смесям предъявляются по показателям: удобоукладываемости; содержанию цемента и водоцементному отношению, объему вовлеченного воздуха (в зависимости от среды эксплуатации — табл. 13), а также от максимальной крупности заполнителей.

3.5. Сравнительный анализ

Классификация бетонных смесей по удобоукладываемости в соответствии с ГОСТ 7473–2010 и EN 206–1:2013, в целом, схожа. Кроме того, ГОСТ классифицирует бетонные смеси по типу бетона. EN также предусматривает классификацию по максимальному размеру заполнителей.

Технические требования к удобоукладываемости и объему вовлеченного воздуха (пористости) бетонной смеси согласно ГОСТ и EN совпадают. ГОСТ также предъявляет требования по показателям плотности, расслаиваемости, температуре, сохранности свойств во времени. EN предъявляет требования по содержанию цемента и В/Ц в зависимости от среды эксплуатации, а также максимальной крупности заполнителей.

Условные обозначения. ГОСТ 7473–2010, в отличие от EN 206–1:2013, предусматривает сокращенное обозначение бетонных смесей.

Таблица 13

Требования к бетонам и бетонным смесям в зависимости от классов сред эксплуатации*

Индекс	Классы сред эксплуатации																		
	Неагрессивная среда		Карбонизация				Хлоридная коррозия						Замораживание — оттаивание				Химическая коррозия		
							Морская вода			Прочие хлоридные воздействия									
XO	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3		
Max В/Ц	–	0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,45	0,55	0,5	0,45	0,55	0,55	0,5	0,45	0,55	0,5	0,45	
Min класс по прочности**	12 15	20 25	25 30	30 37	35 45	30 37	30 37	35 45	30 37	25 30	30 37	30 37	25 30	30 37	30 37	30 37	30 37	35 45	
Min расход цемента, кг/м ³	–	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360	
Min объем вовлеченного воздуха, %	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,0	4,0	4,0	–	–	–	
Прочие требования	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Заполнитель по EN 12620 с необходимой морозостойкостью			Сульфатостойкий цемент			

Примечания:

* Сведения даны применительно к цементу типа СЕМ I

** Классы по прочности бетона представлены в табл. 19.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

Методы испытаний бетонных смесей в соответствии с российскими и европейскими стандартами

Цель занятия: изучение основных методов испытаний бетонных смесей в соответствии с российским стандартом ГОСТ 10181–2014 и европейскими нормативами EN 12350–1...7:2009. Проведение сравнительного анализа.

4.1. Определение подвижности бетонной смеси по ГОСТ 10181–2014 и EN 12350–2:2009

Сущность метода: определение осадки стандартного конуса (см), отформованного из бетонной смеси.

Приборы, оборудование (по EN): конус стандартный нормальный (конус Абрамса) $d \times D \times H = 100 \times 200 \times 300$ мм (рис. 4); воронка; стальной лист 1000×1000 мм; металлический стержень $d \times L = 16 \times 600$ мм; алюминиевый совок $V \sim 0,5$ л; кельма; секундомер; линейка.

Приборы, оборудование (по ГОСТ): те же и, кроме того, конус стандартный увеличенный $150 \times 300 \times 450$ мм.

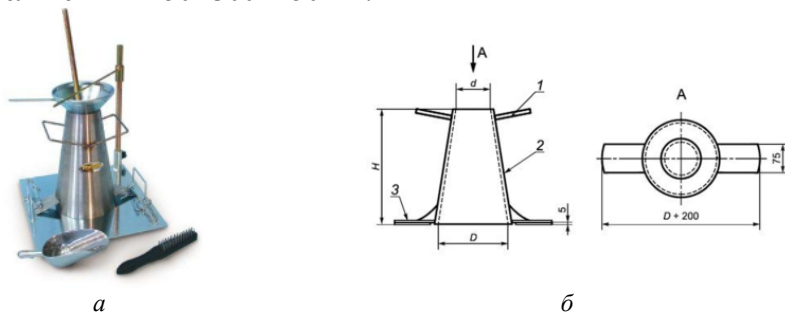


Рис. 4. Стандартный конус (конус Абрамса):

a — внешний вид прибора; *б* — схема прибора: 1 — ручка; 2 — корпус; 3 — упоры

Марки по осадке конуса (ГОСТ)

Марка	Осадка конуса, см
П1	1–4
П2	5–9
П3	10–15
П4	16–20
П5	≥20

Классы по осадке конуса (EN)

Класс	Осадка конуса, мм
S1	10–40
S2	50–90
S3	100–150
S4	160–210
S5	>220

4.2. Определение жесткости бетонной смеси

Сущность методов: определение времени вибрирования (с), необходимого для выравнивания бетонной смеси и появления цементного теста в отверстиях прибора.

4.2.1. Определение жесткости бетонной смеси по ГОСТ 10181–2014

Для определения жесткости бетонной смеси применяют следующие методы: метод Вебе, метод Красного, метод Скрамтаева.

Приборы, оборудование:

– по методу Вебе: установка Вебе (рис. 5, а), состоящая из стального цилиндра, конуса, воронки, а также штанги с диском с отверстиями, прикрепленной к основанию прибора;

– по методу Красного: прибор Красного, представляющий собой стальной диск с шестью отверстиями $d = 10$ мм, усеченным конусом и ножками (рис. 5, б); воронка; формы: ФК–150, ФК–200;

– по методу Скрамтаева: усеченный конус $d \times D \times H = 100 \times 194 \times 300$ мм (рис. 5, в); воронка; форма ФК–200;

– а также для всех методов: виброплощадка; металлический стержень $d \times L = 16 \times 600$ мм; кельма; секундомер.



Рис. 5. Приборы для определения жесткости бетонной смеси:
а — прибор Вебе; б — прибор Красного; в — прибор Скрамтаева

4.2.2. Определение жесткости бетонной смеси по EN 12350-3:2009

Приборы, оборудование: те же, что и в п. 4.2.1, используемые при испытании по методу Вебе; различие в том, что установка Вебе снабжена пластиковым диском без отверстий.

Марки по жесткости (ГОСТ)

Классы по жесткости (EN)

Марка	Жесткость, с	Класс	Жесткость, с
Ж1	5–10	V0	≥ 31
Ж2	11–20	V1	30–21
Ж3	21–30	V2	20–11
Ж4	31–50	V3	10–6
Ж5	>50	V4	5–3

4.3. Определение распыла бетонной смеси в соответствии с ГОСТ 10181–2014 и EN 12350–5:2009

Сущность метода: измерение распыла конуса бетонной смеси под действием собственного веса и динамических воздействий.

Приборы, оборудование: встряхивающий столик 700×700 мм; стандартный усеченный конус $d \times D \times H = 130 \times 200 \times 200$ мм; уплотняющий брус (рис. 6); кельма; совок; линейка; секундомер.

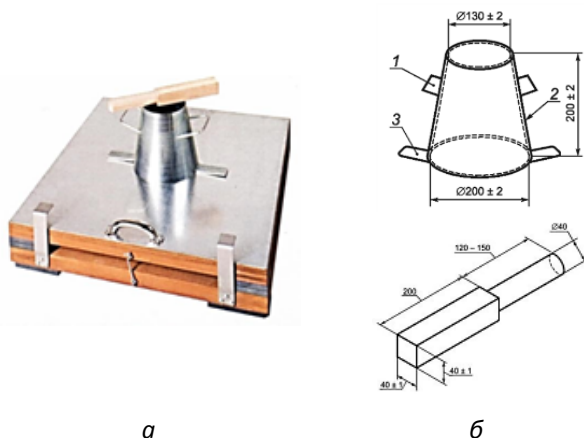


Рис. 6. Прибор для определения растекаемости бетонной смеси:
а — внешний вид прибора;
б — схема конуса и уплотняющего бруса: 1 — ручка; 2 — корпус; 3 — упоры

Марки по расплыву конуса (ГОСТ)

Марки по расплыву конуса (EN)

Марка	Расплыв конуса, см	Класс	Расплыв конуса, мм
P1	<35	F1	≤340
P2	35–41	F2	350–410
P3	42–48	F3	420–480
P4	49–55	F4	490–50
P5	56–62	F5	560–620

4.4. Определение степени уплотняемости бетонной смеси в соответствии с ГОСТ 10181–2014 и EN 12350–4:2009

Сущность метода: определение отношения высоты бетонной смеси в сосуде до и после уплотнения.

Приборы, оборудование: металлическая емкость 400×200×200 мм (рис. 7); вибростол; кельма; совок; линейка; секундомер.

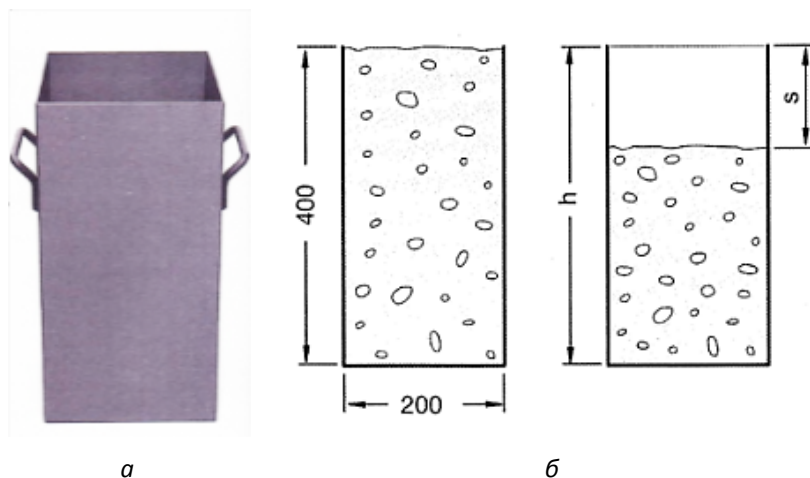


Рис. 7. Определение уплотняемости бетонной смеси:

a — металлическая емкость; *б* — схема испытания; *h* — высота емкости;

s — расстояние от уплотненной поверхности бетонной смеси до верхнего края емкости, мм

Степень уплотняемости бетонной смеси (C) определяется по формуле (7):

$$C = h / (h - s). \quad (7)$$

Марки по степени уплотняемости (ГОСТ)		Марки по степени уплотняемости (EN)	
Марка	Коэффициент уплотнения	Класс	Степень уплотняемости
КУ1	>1,45	C0	≥1,46
КУ2	1,45–1,26	C1	1,45–1,26
КУ3	1,25–1,11	C2	1,25–1,11
КУ4	1,10–1,04	C3	1,10–1,04
КУ5	<1,04	C4	<1,04

4.5. Определение средней плотности бетонной смеси в соответствии с ГОСТ 10181–2014 и EN 12350–6:2009

Сущность метода: определение отношения массы уплотненной бетонной смеси к объему емкости, в которую она помещена.

Приборы, оборудование (по ГОСТ): весы; виброплощадка; кельма; металлическая линейка; мерные цилиндрические сосуды (табл. 14).

Таблица 14

Размеры мерных цилиндров

Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм	Вместимость сосуда, см ³ , не менее	Внутренний размер сосуда, мм	
		Диаметр	Высота
20	1000	108	108
40	5000	185	185
80(70)	10000	234	234

Приборы, оборудование (по EN): емкость объемом не менее 5 л; стеклянная пластина; вибростол/внутренний вибратор; стальной стержень; линейка; кельма; весы.

Плотность бетонной смеси ($\rho_{см}$, D , г/см³, кг/м³) определяют по формулам (8), (9):

$$\rho_{\text{см}} = \frac{m - m_1}{V}; \quad (8)$$

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V}, \quad (9)$$

где m , m_2 — масса мерного сосуда с бетонной смесью, г (кг); m_1 — масса мерного сосуда без смеси, г (кг); V — вместимость мерного сосуда, см³(м³).

4.6. Определение температуры бетонной смеси по ГОСТ 10181–2014

Сущность метода: измерение температуры пробы бетонной смеси два раза с интервалом 5 мин.

Приборы: стеклянный термометр с ценой деления не более 1,0 °С.

Базовые нормы предусматривают использование бетонной смеси, имеющей температуру не выше 25°С (СНиП 82–02–95).

В соответствии с EN 206–1:2013 температура бетонной смеси должна быть не ниже +5°С.

4.7. Определение сохраняемости свойств бетонной смеси в соответствии с ГОСТ 10181–2014

Сущность метода: определение времени, в течение которого смесь в процессе своего выдерживания после окончания перемешивания теряет удобоукладываемость.

Приборы, оборудование: приборы и вспомогательное оборудование согласно требованиям соответствующих методов определения свойств бетонной смеси.

Таблица 15

Классы по сохраняемости свойств (рекомендации к ГОСТ 27006–86)

Класс	Сохраняемость свойств, мин.
C1	< 20
C2	20–60
C3	>60

4.8. Определение пористости (воздухосодержания) бетонной смеси

4.8.1. Определение объема вовлеченного воздуха

Объемный метод по ГОСТ 10181–2014

Сущность метода: отбор пены, образующейся при перемешивании бетонной смеси с водой, установление ее массы.

Приборы, оборудование: объемомер (рис. 8); весы; виброплощадка; кельма; посуда мерная стеклянная; стержень $d \times L = 16 \times 600$ мм.

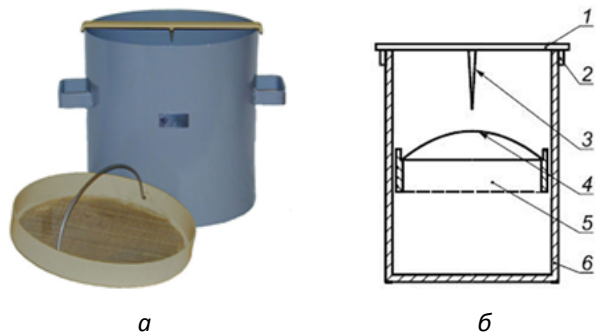


Рис. 8. Объемомер:

a — общий вид прибора; *б* — схема прибора: 1 — крышка; 2 — ограничители; 3 — стрелка; 4 — петля; 5 — пригружающий пуансон; 6 — цилиндрический сосуд

Пористость бетонной смеси на плотных заполнителях (V_B , %) вычисляют по формуле (10):

$$V_B = \frac{V_{\text{см}} + \frac{m_B}{\rho_B} - V_0 - 0,9m_{\text{п}}}{V_{\text{см}}} \cdot 100, \quad (10)$$

где $V_{\text{см}}$ — объем уплотненной бетонной смеси, см^3 ; m_B — масса всей влитой воды, г; ρ_B — плотность воды, $\text{г}/\text{см}^3$; $m_{\text{п}}$ — масса отобранной пены, г; V_0 — постоянная объемомера, см^3 .

Пористость бетонной смеси на пористых заполнителях (V_B , %) вычисляют по формуле (11):

$$V_B = \frac{V_{\text{см}} + \frac{m_B}{\rho_B} - V_0 - 0,9m_{\text{п}} - \frac{nW_{\text{щ}}}{100} \cdot \frac{\text{Щ}}{1000} \cdot V_{\text{см}}}{V_{\text{см}}} \cdot 100, \quad (11)$$

где $V_{\text{см}}$ — объем уплотненной бетонной смеси, см^3 ; $m_{\text{в}}$ — масса всей влитой воды, г; $\rho_{\text{в}}$ — плотность воды, $\text{г}/\text{см}^3$; V_0 — постоянная объемомера, см^3 ; $m_{\text{п}}$ — масса отобранной пены, г; $W_{\text{щ}}$ — водопоглощение крупного пористого заполнителя, %; n — коэффициент, равный 0,4 — для пористого гравия и 0,75 — для пористого щебня; Щ — содержание крупного пористого заполнителя, $\text{кг}/\text{м}^3$.

**Компрессионный метод по ГОСТ 10181–2014
и метод водяного столба по EN 12350–7:2009**

Сущность метода: емкость поромера заполняют водой заданного объема до установленного уровня над образцом уплотненной бетонной смеси и оказывают заданное давление воздуха над водой; содержание воздуха в бетонной смеси определяют по разнице уровней воды.

Приборы и оборудование: поромер (рис. 9, табл. 16); сосуд для воды; весы; виброплощадка/внутренний вибратор; кельма; линейка.

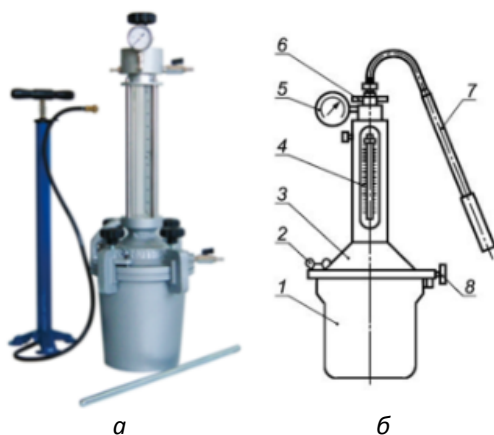


Рис. 9. Поромер: а — внешний вид прибора; б — схема прибора:
1 — чаша; 2 — накидной болт; 3 — крышка; 4 — водомерная трубка; 5 — манометр;
6 — входной вентиль; 7 — ручной насос; 8 — сливной вентиль

Таблица 16

Вместимость чаши поромера

	ГОСТ		EN
Вместимость чаши, см^3 , не менее	2000	8000	5000
Наибольшая крупность зерен фракции заполнителя, мм	20	40	

Объем воздуха в бетонной смеси ($V_{\text{в}}$, A , %) определяют по формулам (12), (13):

ГОСТ 10181–2014:

EN 12350–7:2009

$$V_{\text{в}} = C(H_1 - H_2) \cdot 100; \quad (12) \quad A = (h_1 - h_2) \cdot 100, \quad (13)$$

где C — цена деления шкалы прибора; H_1 , h_1 — уровень воды при давлении $P = 100$ кПа; H_2 , h_2 — уровень воды при нулевом давлении после снятия P .

Метод измерения давления по EN 12350–7:2009

Сущность метода: заданный объем воздуха при заданном давлении помещают в емкость объемомера с неизвестным объемом воздуха в образце бетонной смеси; по шкале объемомера, показывающей результирующее давление, определяют процентное содержание воздуха.

Приборы и оборудование: объемомер (рис. 10); виброплощадка/глубинный вибратор/стальная штыковка; совок; мастерок; емкость для повторного смешивания; совковая лопата; впрыскиватель резиновый; деревянный молоток.

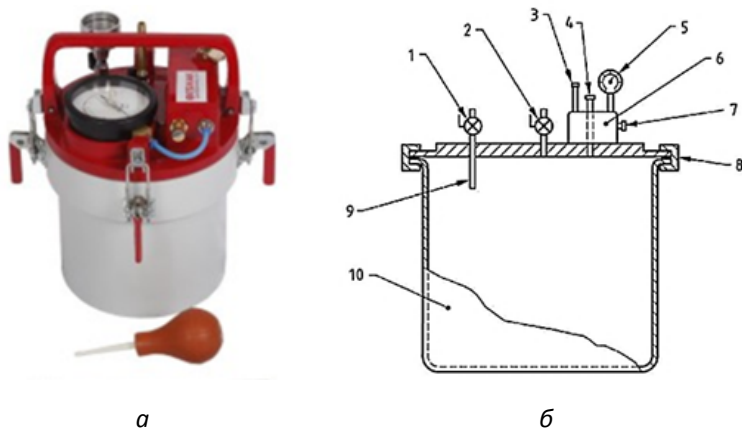


Рис. 10. Объемомер: *а* — внешний вид прибора; *б* — схема прибора:
 1 — клапан А; 2 — клапан В; 3 — насос; 4 — основной выпускной клапан для воздуха;
 5 — манометр; 6 — воздушная камера; 7 — клапан для выпуска воздуха;
 8 — зажимное устройство; 9 — удлинительная трубка; 10 — емкость

*Расчетный метод определения объема вовлеченного воздуха
в соответствии с ГОСТ 10181–2014*

Сущность метода: определение объема вовлеченного воздуха в бетонную смесь ($V_{\text{п}}$, %) по формуле (14):

$$V_{\text{п}} = \frac{1000 - \left(\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{\text{П}}{\rho_{\text{п}}} + \frac{\text{Щ}}{n\rho_{\text{щ}}} + \text{В} + \text{В}_1 \right)}{1000} \cdot 100\%, \quad (14)$$

где Ц, П, Щ, В и В_1 — массы цемента, песка, щебня (гравия), воды и добавок в 1 м^3 уплотненной бетонной смеси, кг; $\rho_{\text{ц}}$, $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{щ}}$ — истинные плотности цемента, зерен песка и щебня (гравия) кг/л; $n = 1$ — для плотного заполнителя; $n = 1,05-1,1$ — для пористого заполнителя.

*4.8.2. Определение объема межзерновых пустот
в бетонной смеси по ГОСТ 10181–2014*

Сущность метода: определение отношения объема межзерновых пустот в крупном заполнителе к общему объему смеси.

Приборы и оборудование: цилиндрический сосуд вместимостью 5 л; противень; весы; кельма; виброплощадка.

Объем межзерновых пустот в уплотненной бетонной смеси ($V_{\text{п}}$, %) вычисляют по формуле (15):

$$V_{\text{п}} = \left(1 - \frac{V_2 - V_{\text{цт}}}{V_1} \right) \cdot 100, \quad (15)$$

где V_1 — объем бетонной смеси, см^3 , равный вместимости мерного сосуда; V_2 — объем уплотненной бетонной смеси после добавления в нее цемента и воды, см^3 , вычисляемый по формуле (16):

$$V_2 = \frac{m_{\text{см}} + m_{\text{ц}} + m_{\text{в}}}{\rho_{\text{см}}}, \quad (16)$$

где $V_{\text{цт}}$ — объем добавленного цементного теста, см^3 , определяемый по формуле (17):

$$V_{\text{цт}} = \frac{m_{\text{ц}}}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{m_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}}, \quad (17)$$

где $m_{\text{см}}$ — масса бетонной смеси до добавления цемента и воды, г; $m_{\text{ц}}$ — масса добавленного цемента, г; $m_{\text{в}}$ — масса добавленной воды, г; $\rho_{\text{см}}$ — средняя плотность уплотненной бетонной смеси после добавления в нее цемента и воды, г/см³; $\rho_{\text{ц}}$, $\rho_{\text{в}}$ — плотности цемента и воды, г/см³.

4.9. Определение расслаиваемости бетонной смеси по ГОСТ 10181–2014

4.9.1. Определение раствоороотделения бетонной смеси

Сущность метода: сопоставление содержания растворной составляющей в нижнем и верхнем слоях бетонной смеси, уплотненной в мерном сосуде.

Приборы, оборудование: мерные цилиндрические сосуды, размеры которых принимают по табл. 14; виброплощадка; противень; сито с отверстиями $d = 5$ мм; шкаф сушильный; весы; стержень $d \times L = 16 \times 600$ мм.

Показатель раствоороотделения бетонной смеси ($\Pi_{\text{р}}$, %) определяют по формуле (18):

$$\Pi_{\text{р}} = \frac{m_{\text{р.в}} - m_{\text{р.н}}}{m_{\text{р.в}} + m_{\text{р.н}}} \cdot 100, \quad (18)$$

где $m_{\text{р.в}}$, $m_{\text{р.н}}$ — масса растворной составляющей смеси, находившейся в верхней и нижней частях формы, г.

4.9.2. Определение водоотделения бетонной смеси

Сущность метода: определение отношения объема отделившейся воды после отстаивания бетонной смеси к объему уплотненной смеси.

Приборы, оборудование: мерные цилиндрические сосуды, размеры которых принимают по табл. 14; виброплощадка; мерная стеклянная посуда; стеклянная или стальная пластина; пипетка; весы.

Водоотделение бетонной смеси ($\Pi_{\text{в}}$, %) характеризуют объемом воды, выделившейся из бетонной смеси за 1,5 ч, отнесенным к объему бетонной смеси в сосуде, и вычисляют по формуле (19):

$$\Pi_{\text{в}} = \frac{m_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{бсм}}} \cdot 100, \quad (19)$$

где $m_{\text{в}}$ — масса отделившейся воды, г; $\rho_{\text{в}}$ — плотность воды, г/см³; $V_{\text{бсм}}$ — объем уплотненной бетонной смеси, см³.

4.10. Сравнительный анализ

Методики определения подвижности бетонной смеси по осадке конуса совпадают. В отличие от EN 12350-2 ГОСТ 10181-2014 предусматривает определение подвижности с использованием нормального и увеличенного стандартного конуса в зависимости от наибольшей крупности заполнителей. *Марки (ГОСТ) — классы (EN)* по осадке конуса — практически одинаковы (небольшие расхождения в марке П5-S5).

Методики определения жесткости бетонной смеси по Вебе схожи. В соответствии с ГОСТ 10181-2014 прибор Вебе имеет диск с отверстиями, а согласно EN 12350-3 — пластмассовый прозрачный диск без отверстий. В отличие от ГОСТ EN не предусматривает определение жесткости по методам Красного и Скрамтаева. *Марки (ГОСТ) — классы (EN)* имеют некоторые расхождения: в соответствии с ГОСТ минимальное время вибрирования — 5 с, максимальное — более 50 с; согласно EN эти показатели соответственно — 3 с и более 31 с.

Методики определения расплыва конуса бетонной смеси схожи. *Марки (ГОСТ) — классы (EN)* по расплыву конуса практически одинаковы (небольшие расхождения в марке Р6-F6).

Методики определения степени уплотняемости бетонной смеси по ГОСТ 10181-2014 и EN 12350-4 совпадают. *Марки (ГОСТ) — классы (EN)* по степени уплотняемости одинаковы.

Методики определения средней плотности бетонной смеси, в целом, совпадают. По ГОСТ 10181-2014 при определении средней плотности используют сосуды объемом 1, 5 и 10 л в зависимости от наибольшей крупности заполнителей, в то время как согласно EN 12350-6 применяют сосуды объемом не менее 5 л независимо от крупности заполнителей. Для уплотнения бетонной смеси в соответствии с ГОСТ используют виброплощадку, EN также предусматривает применение внутреннего вибратора. Расчетные формулы оди-

наковы. Разница только в обозначении средней плотности: по ГОСТ — $\rho_{см}$, по EN — D .

Определение температуры бетонной смеси производится согласно ГОСТ 10181–2014. Отсутствуют специальные EN по определению температуры бетонной смеси. Температура бетонной смеси должна быть не ниже +5°C (EN 206–1:2013).

Определение сохраняемости свойств бетонной смеси производится согласно ГОСТ 10181–2014. Отсутствуют специальные EN по определению сохраняемости свойств бетонной смеси.

Определение пористости бетонной смеси. Согласно ГОСТ 10181–2014 пористость бетонной смеси оценивают по показателям объема вовлеченного воздуха (объемным и компрессионным методами) и объема межзерновых пустот. EN оценивают пористость бетонной смеси только по объему вовлеченного воздуха (методом водяного столба и методом измерения давления).

Объемный метод в соответствии с ГОСТ 10181–2014 предусматривает определение объема вовлеченного воздуха в бетон как на плотных, так и на пористых заполнителях. EN не предусматривает определения объема вовлеченного воздуха объемным методом.

Компрессионный метод определения объема вовлеченного воздуха по ГОСТ 10181–2014 схож с *методом водяного столба* по EN 12350–7. В соответствии с ГОСТ вместимость чаши поромера составляет 2 и 8 л в зависимости от наибольшей крупности заполнителей. Согласно EN объем чаши поромера должен составлять не менее 5 л независимо от крупности заполнителей.

Метод измерения давления применяется в EN 12350–7. ГОСТ не предусматривает определение объема вовлеченного воздуха методом измерения давления.

Расчетный метод определения объема вовлеченного воздуха применяется в ГОСТ 10181–2014. EN не предусматривает определение объема вовлеченного воздуха расчетным методом (только экспериментальными методами).

Определение объема межзерновых пустот в бетонной смеси выполняется в соответствии с ГОСТ 10181–2014. EN не предусматривает определение объема межзерновых пустот.

Расслаиваемость бетонной смеси согласно ГОСТ определяется по показателям раствооротделения и водоотделения. В EN расслаиваемость определяется только для самоуплотняющихся бетонных смесей (СУБ).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

Классификация и технические требования, предъявляемые к бетонам, в соответствии с российскими и европейскими стандартами

Цель занятия: изучение классификации бетонов, знакомство с основными техническими требованиями, предъявляемыми к бетонам в соответствии с российским стандартом ГОСТ 25192–2012 и европейским стандартом EN 206–1:2013. Проведение сравнительного анализа.

5.1. Классификация бетонов

5.1.1. Классификация бетонов в соответствии с ГОСТ 25192–2012

Классификация бетонов проводится по 12 показателям:

- *по основному назначению:* конструкционные; специальные (например, теплоизоляционные, радиационностойкие, декоративные).
- *по стойкости к видам коррозии: бетоны, эксплуатируемые в среде:* А — без риска коррозионного воздействия (ХО); Б — коррозия под действием карбонизации (ХС); В — коррозия под действием хлоридов (ХД и ХС); Г — коррозия под действием попеременного замораживания и оттаивания (ХФ); Д — химическая коррозия (ХА);
- *по виду вяжущего:* цементные; известковые; шлаковые; гипсовые; специальные (например, полимербетоны, бетоны на магнезиальном вяжущем);
- *по виду заполнителей:* на плотных заполнителях; на пористых заполнителях; на специальных заполнителях (например, металлическая дробь, вспененный гранулированный полистирол);
- *по структуре:* плотные; поризованные; ячеистые; крупнопористые;
- *по условиям твердения:* в естественных условиях; в условиях тепловой обработки при атмосферном давлении; в условиях тепловой обработки при давлении выше атмосферного (бетоны автоклавного твердения);
- *по прочности (классы):* средней прочности ($B \leq B50$); высокопрочные ($B \geq B55$);

- по скорости набора прочности в нормальных условиях твердения: быстротвердеющие: $R_2/R_{28} > 0,4$; медленнотвердеющие: $R_2/R_{28} \leq 0,4$;
- по средней плотности (D , кг/м³) — особо легкие ($D \leq 800$); легкие ($800 < D \leq 2000$); тяжелые ($2000 < D \leq 2500$); особо тяжелые ($D > 2500$);
- по морозостойкости (марки F) — низкой морозостойкости ($F \leq F50$); средней морозостойкости ($F50 < F \leq F300$); высокой морозостойкости ($F > F300$);
- по водонепроницаемости (марки W): низкой водонепроницаемости ($W \leq W4$); средней водонепроницаемости ($W4 < W \leq W12$); высокой водонепроницаемости ($W > W12$);
- по истираемости (марки G , г/см³) — низкой истираемости ($G_1 \leq 0,7$); средней истираемости ($G_2 \leq 0,8$); высокой истираемости ($G_3 \leq 0,9$).

5.1.2. Классификация бетонов в соответствии с EN 206–1:2013

Классификация бетонов проводится по 3 показателям:

- по агрессивности среды эксплуатации: ХО — без риска коррозионного воздействия; ХС — коррозия вследствие карбонизации; XD — коррозия, вызванная хлоридами, за исключением морской воды; XS — коррозия вследствие воздействия хлоридов морской воды; XF — воздействие замораживания с применением и без применения антиобледенителей; ХА — химическое воздействие (наличие других агрессивных химикатов);
- по плотности: особо тяжелый бетон (плотностью свыше 2600 кг/м³); тяжелый бетон (плотностью свыше 2000 кг/м³, но не более 2600 кг/м³); легкий бетон (плотностью не менее 800 кг/м³, но не более 2000 кг/м³);
- по плотности легких бетонов (классы D): $D1,0$ (800–1000 кг/м³); $D1,2$ (св. 1000 — до 1200 кг/м³); $D1,4$ (св. 1200 — до 1400 кг/м³); $D1,6$ (св. 1400 — до 1600 кг/м³); $D1,8$ (св. 1600 — до 1800 кг/м³); $D2,0$ (св. 1800 — до 2000 кг/м³).
- по прочности: классы тяжелых ($C8/10\dots C100/115$) и легких ($LC8/9\dots LC80/88$) бетонов.

5.2. Технические требования, предъявляемые к бетонам

Технические требования, предъявляемые к бетонам в соответствии с ГОСТ 25192–2012:

- *Требования к качеству бетона* устанавливаются в зависимости от их назначения и условий работы в конструкции.

- *Требования к составу бетона и к материалам* для приготовления бетонных смесей: к вяжущим веществам, заполнителям, добавкам.

- *Требования к нормируемым технологическим показателям бетонных смесей.*

- *Требования к технологии производства работ* по изготовлению бетонных и железобетонных конструкций.

- Требования к затвердевшему бетону: классы по прочности; марки по морозостойкости; марки по водонепроницаемости; марки по плотности.

Технические требования, предъявляемые к бетонам в соответствии с EN 206–1:2013:

- *Требования к бетонам заданного качества*¹: соответствие бетона EN 206–1:2013; класс прочности на сжатие; класс среды эксплуатации; максимальный размер зерен заполнителей; максимальное содержание хлоридов; плотность.

Дополнительные требования: объем вовлеченного воздуха; водонепроницаемость; тепловыделение; прочность при раскалывании и др.

- *Требования к бетонам заданного состава*²: соответствие бетона EN 206–1:2013; расход цемента; тип и класс прочности цемента; В/Ц или класс по удобоукладываемости; вид заполнителя; номинальный размер заполнителя; вид и количество добавок.

Дополнительные требования: поставщики составляющих бетона; температура бетонной смеси в момент поставки и др.

¹Бетон заданного качества — бетон, требуемые характеристики которого задаются потребителем.

²Бетон заданного состава — бетон, состав которого назначается потребителем.

5.3. Наименования видов бетонов по ГОСТ 25192–2012

5.3.1. Виды бетонов по их свойствам

Напрягающий бетон — бетон, содержащий расширяющийся цемент или расширяющую добавку, обеспечивающие расширение бетона в процессе его твердения.

Быстротвердеющий бетон — бетон, имеющий быстрый темп набора прочности.

Высокофункциональный бетон — бетон, соответствующий специальным требованиям к функциональности, которые не могут быть достигнуты путем использования традиционных компонентов, методов смешивания, укладки, ухода и твердения.

Декоративный бетон — бетон, получаемый путем специальной обработки его поверхности для достижения требуемых эстетических свойств.

Дренажный бетон — бетон, содержащий крупный заполнитель при отсутствии или минимальном содержании мелкого заполнителя, а также недостаточное для заполнения пор и пустот количество цементного теста.

Жаростойкий бетон — бетон, предназначенный для работы в условиях воздействия температур от 800 °С до 1800 °С.

5.3.2. Виды бетонов по их составу

Арболит — бетон, в котором в качестве заполнителя используют органические материалы растительного происхождения.

Армоцемент — мелкозернистый бетон, в массе которого равномерно распределены тканые или сварные проволочные металлические или неметаллические сетки.

Грунтобетон — бетон, полученный из смеси размолотого или гранулированного грунта, вяжущего и затворителя.

Мелкозернистый бетон — бетон на цементном вяжущем с плотным мелким заполнителем.

Полимербетон — бетон, изготовленный из бетонной смеси, содержащей полимер или мономер.

Реакционный порошковый бетон — бетон, изготовленный из тонкоизмельченных реакционно-способных материалов с размером зерна от 0,2 до 300 мкм и характеризующийся высокой прочностью (более 120 МПа) и высокой водонепроницаемостью.

Силикатобетон — бетон, в котором в качестве вяжущего применяют известь.

Рециклированный бетон — бетон, изготовленный с применением утилизированных вяжущих, заполнителей и воды.

Фибробетон — бетон, содержащий рассредоточенные, беспорядочно ориентированные волокна.

5.3.3. Виды бетонов по технологии их изготовления

Автоклавный бетон — бетон заводского изготовления, твердеющий при давлении выше атмосферного.

Бетон подводной укладки — бетон, укладываемый под воду трубопроводным транспортом или другими средствами.

Вакуумированный бетон — бетон, из которого до его затвердевания часть воды и вовлеченного воздуха удаляют вакуумированием.

Торкрет-бетон — мелкозернистый бетон, пневматически наносимый на поверхность.

Укатанный бетон — особо жесткий бетон, уплотняемый виброукаткой или трамбованием.

5.4. Сравнительный анализ

Классификации бетонов в соответствии с ГОСТ 25192–2012 и EN 206–1:2013 совпадают по стойкости к видам коррозии (агрессивности среды). В классификации по плотности имеются некоторые различия: ГОСТ вводит отдельный класс особо легких бетонов ($D \leq D800$); плотность тяжелого бетона по ГОСТ составляет $D = 2000–2500 \text{ кг/м}^3$, а по EN — $D = 2000–2600 \text{ кг/м}^3$ и, соответственно, особо тяжелые — свыше 2500 кг/м^3 (ГОСТ) и свыше 2600 кг/м^3 (EN). По прочности ГОСТ классифицирует бетоны по двум классам прочности (средней прочности и высокопрочные). EN использует дополнительное обозначение классов для легких бетонов. Кроме того, ГОСТ классифицирует бетоны по назначению, виду вяжущего и заполнителей, структуре, условиям твердения, темпа набора прочности, морозостойкости, водонепроницаемости, истираемости.

Технические требования, предъявляемые к бетонам в соответствии с ГОСТ 25192–2012 и EN 206–1:2013, в целом, совпадают. EN устанавливает дополнительные требования к бетону заданного качества и заданного состава; требования к изготовителю; требования по поставке товарного бетона.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

Определение прочности бетона по контрольным образцам в соответствии с российскими и европейскими стандартами

Цель занятия: изучение методов определения прочности образцов бетона при сжатии и растяжении в соответствии с российским стандартом ГОСТ 10180–2012 и европейскими нормативами EN 12390–3...6. Проведение сравнительного анализа.

6.1. Определение прочности при сжатии образцов бетона по ГОСТ 10180–2012 и EN 12390–3:2009

Сущность метода: измерение минимальных усилий, разрушающих образцы бетона при их статическом нагружении в прессе с постоянной скоростью нарастания нагрузки, и последующее вычисление напряжений при этих усилиях.

Приборы, оборудование: испытательная машина; штангенциркуль. Форма и размеры бетонных образцов приведены в табл. 17.

Таблица 17

Форма и размеры образцов для испытания на сжатие

Форма образца	Размеры образца, мм	
	ГОСТ 10180–2012	EN 12390–3:2009
Куб	Длина ребра $a = 100; 150; 200;$ $250; 300$ (допускается $a = 70$)	Длина ребра $a = 100; 150; 200; 300$
Цилиндр	Диаметр $d = 100; 150; 200; 300;$ $h \geq d$ (допускается $d = 70$)	Диаметр $d = 100; 113; 150; 200; 250; 300;$ $h = 2d$

Примечание. Базовые размеры: цилиндр — $d \times h = 150 \times 300$ мм, куб — $a = 150$ мм.

Наименьшие размеры образцов в зависимости от наибольшего размера зерен заполнителя в бетонной смеси (ГОСТ) принимаются по табл. 18.

Таблица 18

Наибольший размер зерен заполнителя

Наибольший размер зерна заполнителя, мм	Наименьший размер образца (ребра куба, стороны поперечного сечения призмы, диаметра и высоты цилиндра), мм
20 и менее	100 (70)
40	150
70	200
100	300

Прочность на сжатие каждого образца (R, f_c , МПа (Н/мм²)) определяют по формулам (20), (21):

ГОСТ 10180–2012

EN 12390–3:2009

$$R = \alpha \frac{F}{A} k_w; \quad (20) \quad f_c = \frac{F}{A_c}, \quad (21)$$

где F — разрушающая нагрузка, Н; A, A_c — площадь рабочего сечения образца, мм²; α — масштабный коэффициент (табл. 23); k_w — поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образцов.

Классы бетона по прочности при сжатии

Классы бетона (ГОСТ)		Классы бетона (EN)			
Класс бетона*	Средняя прочность, МПа	Класс бетона	Характеристическая минимальная прочность при сжатии**, МПа		
			Цилиндры, $f_{ck,cyl}$, МПа	Кубы, $f_{ck,cube}$, МПа	
B0,75	1,0	Класс тяжелого бетона	C 8/10	8	10
B1	1,45		C 12/15	12	15
B1,5	2,17		C 16/20	16	20
B2	2,89		C 20/25	20	25
B2,5	3,62		C 25/30	25	30
B3,5	4,6		C 30/37	30	37
B5	6,55		C 35/45	35	45
B7,5	9,82		C 40/50	40	50
B10	13,1		C 45/55	45	55
B12,5	16,37		C 50/60	50	60
B15	19,65		C 55/67	55	67
B20	26,19		C 60/75	60	75
B25	32,75		C 70/85	70	85
B30	39,29		C 80/95	80	95
B35	45,84		C 90/105	90	105
B40	52,39		C 100/115	100	115
B45	58,94		Класс легкого бетона	LC8/9	8
B50	65,48	LC12/13		12	13
B55	72,04	LC 16/18		16	18
B60	78,58	LC 20/22		20	22
B70	91,68	LC 25/28		25	28
B80	104,78	LC 30/33		30	33
B90	117,87	LC 35/38		35	38
B100	131	LC 40/44		40	44
B110	144	LC 45/50		45	50
B120	157,17	LC 50/55		50	55
		LC 55/60		55	60
		LC 60/66		60	66
		LC 70/77	70	77	
		LC 80/88	80	88	

Примечания:

*Классы бетона приведены при нормативном коэффициенте вариации 13,5 %.

Допускается применение промежуточных классов B22,5; B27,5.

B0,75–B40 — классы легких бетонов (ГОСТ 25820–2014).

B3,5–B120 — классы тяжелых бетонов (ГОСТ 26633–2015).

**Характеристическая (нормативная) прочность — значение прочности бетона с обеспеченностью 0,95 от всех результатов определений прочности для данного класса.

6.2. Определение прочности на растяжение при изгибе образцов бетона по ГОСТ 10180–2012 и EN 12390–5:2009

Сущность метода: измерение минимальных усилий, разрушающих образцы бетона, установленные на двух опорах, при их статическом нагружении в одном или двух местах с использованием испытательной машины с постоянной скоростью нарастания нагрузки, и последующее вычисление напряжений при этих усилиях.

Приборы, оборудование: испытательная машина; штангенциркуль.
Форма и размеры бетонных образцов приведены в табл. 20.

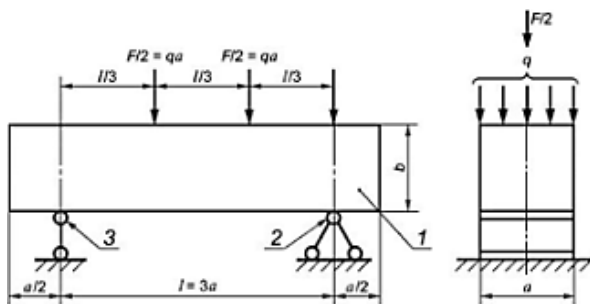
Таблица 20

**Форма и размеры образцов
для испытания на растяжение при изгибе**

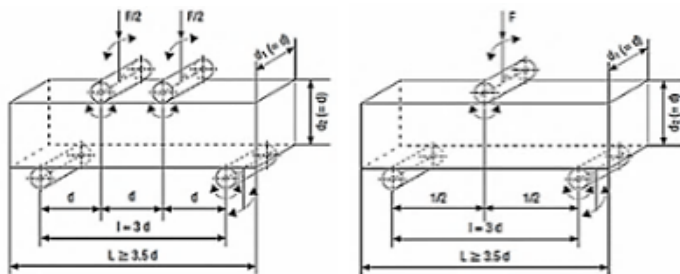
Форма образца	Размеры образца, мм	
	ГОСТ 10180–2012	EN 12390–5:2009
Призма квадратного сечения	100×100×400; 150×150×600; 200×200×800; 250×250×1000; 300×300×1200 (допускается применение образцов размером 70×70×280)	$d = 100; 150; 200; 250; 300$ $L = 350; 525; 700; 875; 1050$ (длина образца должна составлять не менее 3,5 d : $L \geq 3,5d$)

Примечание. Базовый размер рабочего сечения призмы — 150×150 мм.

Наименьшие размеры образцов в зависимости от наибольшего размера зерен заполнителя в пробе бетонной смеси (ГОСТ 10180–2012) принимаются по табл. 18. Схемы испытаний образцов на растяжение при изгибе в соответствии с ГОСТ 10180–2012 и EN 12390–5 приведены на рис. 11.



а



б

Рис. 11. Схемы испытаний образцов-призм по:
 а — ГОСТ (двухточечное приложение нагрузки);
 б — EN (двухточечное и одноточечное приложение нагрузки)

Прочность на растяжение при изгибе каждого образца (R_{tb}, f_{tb} , Н/мм² (МПа)) определяют по формулам (22), (23), (24):

ГОСТ 10180–2012

EN 12390–5:2009

При двухточечном приложении нагрузки:

$$R_{tb} = \delta \frac{F \cdot l}{a^3} k_w; \quad (22) \quad f_{tb} = \frac{F \cdot l}{d^3}; \quad (23)$$

при одноточечном приложении нагрузки:

$$f_{tb} = \frac{3F \cdot l}{2d^3}, \quad (24)$$

где F — разрушающая нагрузка, Н; a, d — ширина и высота призмы, мм; l — расстояние между опорами, мм; δ — масштабный коэффици-

ент (табл. 23); k_w — поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образцов в момент испытания.

Примечание. Метод одноточечного нагружения дает результаты примерно на 13 % выше, чем двухточечный эталонный метод.

Классы бетона по прочности на растяжение при изгибе (по ГОСТ 26633–2015 и ГОСТ 25820–2014): $B_{tb}0,4$; $B_{tb}0,8$; $B_{tb}1,2$; $B_{tb}1,6$; $B_{tb}2,0$; $B_{tb}2,4$; $B_{tb}2,8$; $B_{tb}3,2$; $B_{tb}3,6$; $B_{tb}4,0$; $B_{tb}4,4$; $B_{tb}4,8$; $B_{tb}5,2$; $B_{tb}5,6$; $B_{tb}6,0$; $B_{tb}6,4$; $B_{tb}6,8$; $B_{tb}7,2$; $B_{tb}8,0$; $B_{tb}8,4$; $B_{tb}8,8$; $B_{tb}9,2$; $B_{tb}9,6$; $B_{tb}10,0$.

6.3. Определение прочности на растяжение при раскалывании образцов бетона по ГОСТ 10180–2012 и EN 12390–6:2009

Сущность метода: измерение минимальных усилий, разрушающих образцы бетона, установленные в испытательное устройство таким образом, чтобы сжимающая сила была приложена вдоль продольной оси образцов, и последующее вычисление напряжений при этих усилиях.

Приборы, оборудование: испытательная машина; приспособления для испытания на растяжение при раскалывании; штангенциркуль.

Форма и размеры бетонных образцов приведены в табл. 21.

Таблица 21

Форма и размеры образцов для испытания на растяжение при изгибе

Форма образца	Размеры образца, мм	
	ГОСТ 10180–2012	EN 12390–6:2009
Куб	$a = 100; 150; 200; 250; 300$	$d = 100; 150$
Призма квадратного сечения	$100 \times 100 \times 400$; $150 \times 150 \times 600$; $200 \times 200 \times 800$; $250 \times 250 \times 1000$; $300 \times 300 \times 1200$ (допускается применение образцов $70 \times 70 \times 280$)	$d = 100; 150$; $L \geq 3,5d$
Цилиндр	$d = 100; 150; 200; 250; 300; h \geq d$	$d = 100; 150$; $h = 2d; h = d$

Примечание. Базовый размер рабочего сечения — 150×150 мм.

Наименьшие размеры образцов в зависимости от наибольшего номинального размера зерен заполнителя в пробе бетонной смеси (ГОСТ

10180–2012) принимаются по табл. 18. Схемы испытаний образцов на растяжение при изгибе согласно ГОСТ и EN приведены на рис. 12.

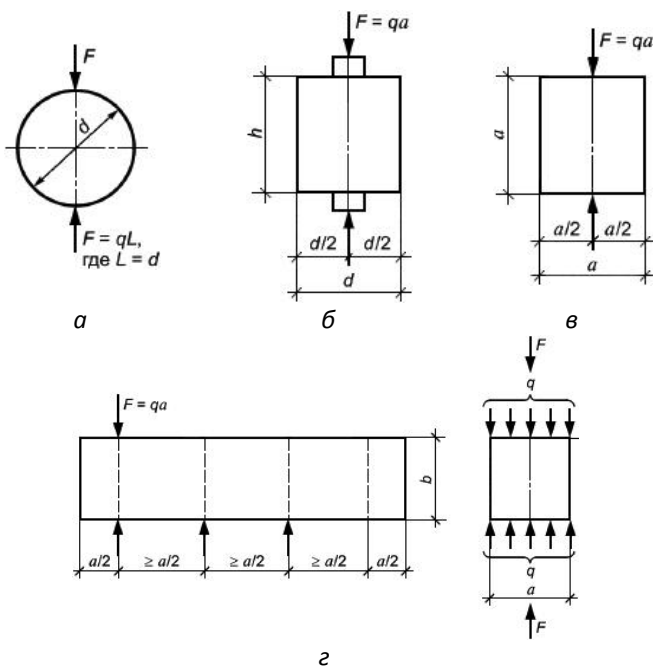


Рис. 12. Схемы испытания образцов бетона на растяжение при раскалывании:
 а — образцы-цилиндры из бетона всех видов (кроме ячеистого бетона);
 б — образцы-цилиндры из ячеистого бетона; в — образцы-кубы из бетона всех видов;
 г — образцы-призмы из тяжелого бетона

Прочность на растяжение при раскалывании каждого образца (R_{tt}, f_{ct} Н/мм² (МПа)) определяют по формулам (25), (26):

ГОСТ 10180–2012

EN 12390–6:2009

$$R_{tt} = \gamma \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot A} k_w; \quad (25)$$

$$f_{ct} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot L \cdot d}, \quad (26)$$

где F — разрушающая нагрузка, Н; A — площадь рабочего сечения образца, мм²; L — длина образца, мм; d — рабочий размер образца, мм; γ — масштабный коэффициент (табл. 23); k_w — поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образцов в момент испытания.

6.4. Определение прочности на осевое растяжение образцов бетона по ГОСТ 10180–2012

Сущность метода: измерение минимальных усилий, разрушающих образцы бетона, закрепленные в разрывной машине при постоянной скорости нарастания нагрузки, и последующее вычисление напряжений при этих усилиях.

Приборы, оборудование: разрывная машина; устройства для испытания на осевое растяжение призм или цилиндров; штангенциркуль.

Форма и размеры бетонных образцов приведены в табл. 22.

Таблица 22

Форма и размеры образцов для испытания на осевое растяжение

Форма образца	Размеры образца, мм
Призма квадратного сечения	100×100×400; 150×150×600; 200×200×800; 250×250×1000; 300×300×1200
	(допускается применение образцов 70×70×280)
Цилиндр	$d = 100; 150; 200; 250; 300; h = d$

Примечание. Базовый размер рабочего сечения — 150×150 мм.

Наименьшие размеры образцов в зависимости от наибольшего размера зерен заполнителя в пробе бетонной смеси принимаются по табл. 18. Прочность на осевое растяжение каждого образца (R_t , Н/мм² (МПа)) определяют по формуле (27):

$$R_t = \beta \frac{F}{A} k_w, \quad (27)$$

где F — разрушающая нагрузка, Н; A — площадь рабочего сечения образца, мм²; β — масштабный коэффициент (табл. 23); k_w — поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образцов.

Классы бетона по прочности на осевое растяжение (по ГОСТ 26633–2015 и ГОСТ 25820–2014): Вt0,8; Вt1,2; Вt1,6; Вt2,0; Вt2,4; Вt2,8; Вt3,2; Вt3,6; Вt4,0; Вt4,4; Вt4,8.

Масштабные коэффициенты

Форма и размеры образца, мм	Масштабные коэффициенты при испытании			
	на сжатие α	на растяжение при раскалывании γ	на растяжение при изгибе δ	на осевое растяжение β
Куб или призма (a)				
70	0,85	0,78	0,86	0,85
100	0,95	0,88	0,92	0,92
150	1,00	1,00	1,00	1,00
200	1,05	1,10	1,15	1,08
250	1,08	—	1,25	—
300	1,10	—	1,34	—
Цилиндры ($d \times h$)				—
100×200	1,16	0,98	—	—
150×300	1,20	1,13	—	—
200×400	1,24	—	—	—
250×500	1,26	—	—	—
300×600	1,28	—	—	—

Примечание. Для ячеистого бетона: при $\rho < 400 \text{ кг/м}^3$ — $\alpha = 1,0$ независимо от размеров и формы образцов; при $\rho \geq 400 \text{ кг/м}^3$ для образцов-кубов с ребром $a = 70 \text{ мм}$ — $\alpha = 0,90$, для образцов-цилиндров $d = 100 \text{ мм}$ и образцов-кубов с ребром $a = 100 \text{ мм}$ $\alpha = 0,95$.

6.5. Сравнительный анализ

Методики испытаний по определению прочности при сжатии образцов бетона по ГОСТ 10180–2012 и EN 12390–3:2009 совпадают. Размеры образцов-кубов одинаковы. Размеры образцов-цилиндров различаются незначительно: EN имеет дополнительный размер цилиндра $d = 113 \text{ мм}$; отношение высоты образца-цилиндра к его диаметру: $h \geq d$ — по ГОСТ и $h = 2d$ — по EN. Расчетные формулы по ГОСТ и EN, в целом, совпадают. В отличие от EN в формуле ГОСТ используются масштабный коэффициент (α) и поправочный коэффициент (k_w) на влажность для ячеистого бетона. Обозначения классов по ГОСТ 26633–2015 и ГОСТ 25820–2015 содержат результаты, полученные при испытании образцов-кубов: B0,75...B120. В обозначении класса EN 206–1:2013 использует прочность при сжатии цилиндра/куба: C8/10 ... C100/115 — для тяжелых бетонов и LC 8/9...80/88 — для легких бетонов.

Методики определения прочности на растяжение при изгибе образцов бетона по ГОСТ 10180–2012 и EN 12390–5:2009 совпадают. Размеры сечений образцов-призм по ГОСТ и EN одинаковы. Длина образцов по ГОСТ является фиксированной, по EN — $L \geq 3,5d$. Наряду с двухточечным нагружением EN допускает одноточечное нагружение. Расчетные формулы по ГОСТ и EN, в целом, аналогичны. В отличие от EN в формуле ГОСТ используются масштабный коэффициент (δ) и поправочный коэффициент (k_w) на влажность для ячеистого бетона. Согласно ГОСТ 26633–2015 и ГОСТ 25820–2015 бетоны подразделяют на классы по прочности на растяжение при изгибе. В EN такая классификация не предусмотрена.

Методики определения прочности на растяжение при раскалывании образцов бетона по ГОСТ 10180–2012 и EN 12390–6:2009 совпадают. EN предусматривает испытание образцов бетона с рабочим сечением 100×100 и 150×150 мм. ГОСТ также допускает испытание образцов больших размеров: 200×200, 250×250, 300×300 мм. Расчетные формулы по ГОСТ и EN, в целом, совпадают. В отличие от EN в формуле ГОСТ используются масштабный коэффициент (γ) и поправочный коэффициент (k_w) на влажность для ячеистого бетона.

Прочность на осевое растяжение образцов бетона определяется согласно ГОСТ 10180–2012. EN не предусматривает испытание бетона на осевое растяжение.

Библиографический список

ГОСТ 10180–2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

ГОСТ 10181–2014 Смеси бетонные. Методы испытаний.

ГОСТ 22266–2013 Цементы сульфатостойкие. Технические условия.

ГОСТ 25192–2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования.

ГОСТ 25820–2014 Бетоны легкие. Технические условия.

ГОСТ 26633–2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.

ГОСТ 30515–2013 Цементы. Общие технические условия.

ГОСТ 31108–2016 Цементы общестроительные. Технические условия.

ГОСТ 7473–2010 Смеси бетонные. Технические условия.

ГОСТ 8269.0–97* Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.

ГОСТ 8267–93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.

ГОСТ 8735–88 Песок для строительных работ. Методы испытаний.

ГОСТ 8736–2014 Песок для строительных работ. Технические условия.

EN 12350–1:2009 Испытания бетонной смеси. Часть 1. Отбор проб.

EN 12350–2:2009 Испытания бетонной смеси. Часть 2. Определение осадки конуса.

EN 12350–3:2009 Испытания бетонной смеси. Часть 3. Метод Вебе.

EN 12350–4:2009 Испытания бетонной смеси. Часть 4. Степень уплотняемости.

EN 12350–5:2009 Испытания бетонной смеси. Часть 5. Испытание на расплав.

EN 12350–6:2009 Испытания бетонной смеси. Часть 6. Плотность.

EN 12350–7:2009 Испытания бетонной смеси. Часть 7. Содержание воздуха. Методы определения под давлением.

EN 12390–3:2009 Испытания затвердевшего бетона. Часть 3. Прочность на сжатие испытательных образцов.

EN 12390–5:2009 Испытания затвердевшего бетона. Часть 5. Прочность на изгиб образцов для испытания.

EN 12390–6:2009 Испытания затвердевшего бетона. Часть 6. Прочность на раскалывание.

EN 12620:2007 Заполнители для бетона.

EN 197–1:2011 Цемент. Часть 1. Состав, технические требования и критерии соответствия цемента общего назначения.

EN 206–1:2013 Бетон. Часть 1. Общие технологические требования, производство и контроль качества.

EN 933–1:2012 Заполнители. Испытания для определения геометрических характеристик. Часть 1. Определение гранулометрического состава. Гранулометрический анализ. Ситовый метод.

Ляпидевская О.Б. Бетонные смеси. Технические требования. Методы испытаний. Сравнительный анализ российских и европейских строительных норм : учебное пособие / О.Б. Ляпидевская, Е.А. Безуглова. — М. : МГСУ, 2013. — 47 с.

Ляпидевская О.Б. Бетоны. Технические требования. Методы испытаний. Сравнительный анализ российских и европейских строительных норм : учебное пособие / О.Б. Ляпидевская, Е.А. Безуглова. — М. : МГСУ, 2013. — 101 с.

Ляпидевская О.Б. Цементы. Технические требования. Методы испытаний. Сравнительный анализ российских и европейских строительных норм : учебное пособие / О.Б. Ляпидевская, Е.А. Безуглова. — М. : МГСУ, 2014. — 84 с.