

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный
университет»

Кафедра строительных материалов

Технические требования и выбор материалов для тяжёлых и лёгких бетонов

Методические указания к выполнению лабораторных и курсовых работ
по дисциплине «Технология бетона, строительных изделий и конструкций»
студентам всех форм обучения

Нижний Новгород
ННГАСУ
2015

УДК 666.972.7

Технические требования и выбор материалов для тяжёлых и лёгких бетонов. Методические указания к выполнению лабораторных и курсовых работ по дисциплине «Технология бетона, строительных изделий и конструкций» студентами всех форм обучения.- Н.Новгород: ННГАСУ, 2015.- 47 с.

Методические указания предназначены для проведения учебных лабораторных работ по дисциплине «Технология бетона, строительных изделий и конструкций» студентами 4 курса, а также для выполнения соответствующих разделов курсовых и выпускных квалификационных работ. В методических указаниях приведены технические требования и принципы выбора основных сырьевых материалов (цементов, заполнителей и воды) для тяжёлых и лёгких бетонов.

Табл. 36.

Составитель А.В.Исаев

Рецензент доцент, к.т.н. В.Т.Никулин

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Технические свойства и выбор цемента.....	5
2 Технические свойства и выбор плотных крупных заполнителей.....	20
3 Технические свойства и выбор плотных мелких заполнителей.....	30
4 Технические свойства и выбор пористых крупных заполнителей.....	35
5 Технические свойства и выбор пористых мелких заполнителей	40
6 Технические требования к воде.....	42
7 Указания к выполнению лабораторной работы	45
Список использованных источников	46

Введение

Углубление теоретической базы бетоноведения позволяет решать строителям всё более сложные инженерные задачи, расширять номенклатуру, диапазоны свойств и области применения бетонов.

Бетонные смеси и бетоны из них являются весьма сложными многокомпонентными материалами, и каждый компонент оказывает большое влияние на основные свойства бетонов. Поэтому выбор сырья для производства бетона является важной производственной задачей, от которой зависит обеспечение его проектных характеристик, в т.ч. долговечности.

На современных заводах железобетонных конструкций (ЗЖБК), заводах товарного бетона поступающие партии основных сырьевых материалов – цемента, заполнителей – перерабатываются достаточно быстро – от одного до нескольких дней. К сожалению, большинству предприятий, в силу различных причин, не удаётся наладить закупки сырьевых материалов со стабильными техническими показателями. При этом решение о возможности и областях применения конкретного материала приходится решать в кратчайшие сроки.

Таким образом, современный инженер-технолог предприятия по производству товарных бетонных смесей и бетонных и железобетонных конструкций должен хорошо знать и уметь оперативно решать следующие вопросы:

- какие требования предъявляются к каждому сырьевому материалу для бетона, в т.ч. для конкретного применения;
- как влияют свойства сырья на свойства бетонных смесей и бетонов;
- какие сырьевые материалы должны применяться для изготовления бетонов в каждом конкретном случае;

- какие последствия возможны при применении сырьевых материалов, не соответствующих установленным требованиям или рекомендациям.

Данные методические указания рассчитаны на студентов, прослушавших курс "Строительные материалы", поэтому, хотя здесь и приводятся требования к основным сырьевым материалам для бетонов, большее внимание уделено выбору сырьевых материалов и влиянию их свойств на свойства бетонов.

В данных методических указаниях не рассматриваются вопросы, связанные с выбором и применением добавок в бетоны, т.к. эта широкая и сложная тема требует отдельного рассмотрения. По этой же причине не рассматриваются материалы для специальных бетонов и такие цементы, как белый, цветные, глинозёмистый, расширяющиеся и т.п.

1 Технические свойства и выбор цемента

1.1 Для конструкционных и конструкционно-теплоизоляционных бетонов могут применяться цементы, выпускаемые по следующим национальным стандартам:

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

- ГОСТ 22266-94 Цементы сульфатостойкие. Технические условия;

- ГОСТ 31108-2003 Цементы общестроительные. Технические условия.

1.2 Требования к цементам по ГОСТ 10178 и ГОСТ 22266

1.2.1 Максимально допустимое содержание активных минеральных добавок в цементах приведено в таблицах 1.1 и 1.3.

Таблица 1.1 – Содержание активных минеральных добавок в цементах по ГОСТ 10178 [9]

Обозначение вида цемента	Активные минеральные добавки, % по массе			
	всего	в том числе		
		доменные гранулированные и электротермофосфорные шлаки	осадочного происхождения, кроме глиежа	прочие активные, включая глиеж
ПЦ-Д0	Не допускаются			
ПЦ-Д5	До 5	До 5	До 5	До 5
ПЦ-Д20, ПЦ-Д20-Б	Св. 5 до 20	До 20	До 10	До 20
ШПЦ, ШПЦ-Б	Св. 20 до 80	Св. 20 до 80		До 10
Примечание - Допускается замена части минеральных добавок добавками, ускоряющими твердение или повышающими прочность цемента и не ухудшающими его строительные-технические свойства (кренты, сульфоалюминатные и сульфоферритные продукты, обожжённые алуниты и каолины). Суммарная массовая доля этих добавок не должна быть более 5 % массы цемента.				

Клинкер, применяемый при производстве сульфатостойких цементов, по расчётному минералогическому составу должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 1.2.

Предел прочности цементов должен быть не менее величин, указанных в таблицах 1.4 и 1.5.

Содержание ангидрида серной кислоты (SO_3) в цементе не должно превышать значений, приведенных в таблицах 1.6 и 1.7.

1.2.2 Цемент должен показывать равномерность изменения объёма при испытании образцов кипячением в воде, а при содержании MgO в клинкере более 5 % — в автоклаве.

1.2.3 Начало схватывания цемента должно наступать не ранее 45 мин, а конец - не позднее 10 ч от начала затворения.

Таблица 1.2- Содержание активных минеральных добавок в
цементях по ГОСТ 22266 [13]

В процентах от массы цемента

Вид цемента	Содержание добавок	
	гранулированного доменного шлака, электротермофосфорного шлака	пуццоланы
Сульфатостойкий портландцемент	Не допускается	
Сульфатостойкий портландцемент с минеральными добавками	Св. 10 и не более 20	
Сульфатостойкий шлакопортландцемент	Св. 40 и не более 60	-
Пуццолановый портландцемент	-	Св. 20 и не более 40

Таблица 1.3- Содержание активных минеральных добавок в
цементях по ГОСТ 22266 [13]

Наименование показателя	Значение для клинкера, % по массе, не более, по видам цемента			
	сульфатостойкий портландцемент	сульфатостойкий портландцемент с минеральными добавками	сульфатостойкий шлакопортландцемент	пуццолановый портландцемент
1	2	3	4	5
Содержание трёхкальциевого силиката ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)	50	Не нормируется		
Содержание трёхкальциевого алюмината ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$)	5		8	
Сумма трёхкальциевого алюмината ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) и четырёхкальциевого алюмоферрита ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$)	22		Не нормируется	

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5
Содержание оксида алюминия (Al_2O_3)				5
Содержание оксида магния (MgO)				5

Таблица 1.4 – Минимально допустимые пределы прочности цемента по ГОСТ 10178[9] при изгибе и сжатии

Обозначение цемента	Гарантированная марка	Предел прочности, МПа ($кгс/см^2$)			
		при изгибе в возрасте, сут		при сжатии в возрасте, сут	
		3	28	3	28
ПЦ-Д0, ПЦ-Д5, ПЦ-Д20, ШПЦ	300	—	4,4 (45)	—	29,4 (300)
	400		5,4 (55)		39,2 (400)
	500		5,9 (60)		49,0 (500)
	550		6,1 (62)		53,9 (550)
	600		6,4 (65)		58,8 (600)
ПЦ-Д20-Б	400	3,9 (40)	5,4 (55)	24,5 (250)	39,2 (400)
	500	4,4 (45)	5,9 (60)	27,5 (280)	49,0 (500)
ШПЦ-Б	400	3,4 (35)	5,4 (55)	21,5 (220)	39,2 (400)

Таблица 1.5 - Минимально допустимые пределы прочности при сжатии цемента по ГОСТ 22266 [13]

Вид цемента	Марка цемента	В мегапаскалях
		Предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут
Сульфатостойкий портландцемент	400	39,2
Сульфатостойкий портландцемент с минеральными добавками	400	39,2
	500	49,0
Сульфатостойкий шлакопортландцемент	300	29,4
	400	39,2
Пуццолановый портландцемент	300	29,4
	400	39,2

Таблица 1.6 – Содержание ангидрида серной кислоты (SO_3) в цементе по ГОСТ 10178 [9]

Обозначение вида цемента	SO_3 , % по массе	
	не менее	не более
ПЦ 400-Д0, ПЦ 500-Д0, ПЦ 300-Д5, ПЦ 400-Д5, ПЦ 500-Д5, ПЦ 300-Д20, ПЦ 400-Д20, ПЦ 500-Д20	1,0	3,5
ПЦ 550-Д0, ПЦ 600-Д0, ПЦ 550-Д5, ПЦ 600-Д5, ПЦ 550-Д20, ПЦ 600-Д20, ПЦ 400-Д20-Б, ПЦ 500-Д20-Б	1,5	4,0
ШПЦ 300, ШПЦ 400, ШПЦ 500, ШПЦ 400-Б	1,0	

Таблица 1.7 – Содержание ангидрида серной кислоты (SO_3) в цементе по ГОСТ 22266 [13]

Вид цемента	В процентах, не более	
	Содержание SO_3	
Сульфатостойкий портландцемент	3,0	
Сульфатостойкий портландцемент с минеральными добавками	3,0	
Сульфатостойкий шлакопортландцемент	4,0	
Пуццолановый портландцемент	3,5	

1.2.4 Тонкость помола цемента должна быть такой, чтобы при просеивании пробы цемента сквозь сито с сеткой № 008 проходило не менее 85 % массы просеиваемой пробы.

1.2.5 Допускается введение в цемент при его помоле специальных пластифицирующих или гидрофобизирующих поверхностно-активных добавок в количестве не более 0,3 % массы цемента в пересчете на сухое вещество добавки.

Подвижность цементного раствора состава 1:3 из пластифицированных цементов всех типов должна быть такой, чтобы при водоцементном отношении, равном 0,4, расплыв стандартного конуса был не менее 135 мм.

Гидрофобный цемент не должен впитывать в себя воду в течение 5 мин от момента нанесения капли воды на поверхность цемента.

1.2.6 При производстве цемента для интенсификации процесса помола допускается введение технологических добавок, не ухудшающих качества

цемента, в количестве не более 1 %, в том числе органических не более 0,15 % массы цемента.

1.2.7 Для бетона дорожных и аэродромных покрытий и оснований, железобетонных напорных и безнапорных труб, железобетонных шпал, мостовых конструкций, стоек опор высоковольтных линий электропередач, контактной сети железнодорожного транспорта и освещения должен поставляться цемент, изготавливаемый на основе клинкера нормированного состава с содержанием трёхкальциевого алюмината (C_3A) в количестве не более 8 % по массе.

Для этих изделий по согласованию с потребителем должен поставляться цемент одного из следующих видов:

- ПЦ 400-Д0-Н, ПЦ 500-Д0-Н - для всех изделий;
- ПЦ 500-Д5-Н - для труб, шпал, опор, мостовых конструкций независимо от вида добавки (для напорных труб должен поставляться цемент 1 или 2 группы по эффективности пропаривания согласно таблице 1.8);
- ПЦ 400-Д20-Н, ПЦ 500-Д20-Н - для бетона дорожных и аэродромных покрытий, при применении в качестве добавки гранулированного шлака в количестве не более 15 %.

Начало схватывания портландцемента для бетона дорожных и аэродромных покрытий должно наступать не ранее 2 ч, портландцемента для труб — не ранее 2 ч 15 мин от начала затворения цемента. По согласованию изготовителя с потребителем допускаются иные сроки схватывания.

Удельная поверхность портландцемента с добавкой шлака для бетона дорожных и аэродромных покрытий должна быть не менее 280 м²/кг.

1.2.8 Массовая доля щелочных оксидов (Na_2O и K_2O) в пересчёте на Na_2O в цементах, предназначенных для изготовления массивных бетонных и железобетонных сооружений с использованием реакционно-способного заполнителя, устанавливается по согласованию с потребителем.

Таблица 1.8 - Группы цементов по эффективности пропаривания [9]

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

Примечание - Для портландцемента и шлакопортландцемента режим пропаривания принят одинаковым в соответствии с ГОСТ 310.4: общая продолжительность (12 ...13) ч при температуре 80 °С.

Массовая доля щелочных оксидов в цементах, изготавливаемых с использованием белитового (нефелинового) шлама, в пересчёте на Na₂O не должна быть более 1,20 %.

1.3 Требования к цементам по ГОСТ 31108 [21]

1.3.1 Содержание активных минеральных и вспомогательных добавок в цементах должно соответствовать таблице 1.9.

Основные свойства цементов приведены в таблицах 1.10 и 1.11.

Таблица 1.9 – Вещественный состав цемента по ГОСТ 31108 [21]

Тип цемента	Наименование цемента	Сокращенное обозначение цемента	Вещественный состав цемента, % массы*							
			Основные компоненты							Вспомогательные компоненты
			Портландцементный клинкер	Доменный или электротермо- фосфорный гра- нулированный шлак	Пуццолан	Зола- унос	Глиеж или обожженный сланец	Микро- кремнезём	Известняк	
Кл	Ш	П	З	Г	МК	И				
ЦЕМ I	Портландцемент	ЦЕМ I	95...100	—	—	—	—	—	—	0 ... 5
ЦЕМ II	Портландцемент с минеральными до- бавками**: шлаком	ЦЕМ II/A-Ш	80...94	6 ... 20	—	—	—	—	—	0 ... 5
		ЦЕМ II/B-Ш	65...79	21 ... 35	—	—	—	—	—	0 ... 5
	пуццоланом	ЦЕМ II/A-П	80...94	—	6 ... 20	—	—	—	—	0 ... 5
	золой - уносом	ЦЕМ II/A-З	80...94	—	—	6...20	—	—	—	0 ... 5
	глиежем или обожжённым сланцем	ЦЕМ II/A-Г	80...94	—	—	—	6 ... 20	—	—	0 ... 5
	микрокремнезёмом	ЦЕМ II/A-МК	90...94	—	—	—	—	6...10	—	0 ... 5
	известняком	ЦЕМ II/A-И	80...94	—	—	—	—	—	6 ... 20	0 ... 5
	композиционный портландцемент***	ЦЕМ II/A-К	80...94	6 ... 20						0 ... 5
ЦЕМ III	Шлакопортландцемент	ЦЕМ III/A	35...64	36 ... 65	—	—	—	—	—	0 ... 5
ЦЕМ IV	Пуццолановый цемент***	ЦЕМ IV/A	65...79	—	21 ... 35			—	—	0 ... 5
ЦЕМ V	Композиционный цемент***	ЦЕМ V/A	40...78	11 ... 30	11 ... 30	—	0 ... 5	—	0 ... 5	

Примечания.

* Значения относятся к сумме основных и вспомогательных компонентов цемента, кроме гипса, принятой за 100 %.

** В наименовании цемента 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.

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

Таблица 1.10 - Требования к физико-механическим свойствам цементов по ГОСТ 31108 [21]

Класс прочности цемента	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте				Начало схватывания, мин, не ранее	Равномерность изменения объёма (расширение), мм, не более
	2 сут, не менее	7 сут, не менее	28 сут			
			не менее	не более		
22,5Н	—	11	22,5	42,5	75	10
32,5Н	—	16	32,5	52,5		
32,5Б	10	—				
42,5Н	10	—	42,5	62,5	60	
42,5Б	20	—				
52,5Н	20	—	52,5	—	45	
52,5Б	30	—				

Таблица 1.11

В процентах массы цемента

Наименование показателя	Тип цемента	Класс прочности цемента	Значение показателя
Потеря массы при прокаливании, не более	ЦЕМ I ЦЕМ III	Все классы	5,0
Нерастворимый остаток, не более	ЦЕМ I ЦЕМ III	Все классы	5,0
Содержание оксида серы (VI) SO ₃ , не более	ЦЕМ I ЦЕМ II ЦЕМ IV ЦЕМ V	22,5Н 32,5Н 32,5Б 42,5Н	3,5
		42,5Б 52,5Н 52,5Б	4,0
	ЦЕМ III	Все классы	
Содержание хлорид-иона Cl ⁻ , не более	Все типы*	То же	0,10**

Примечания.

* В цементе типа ЦЕМ III содержание хлорид-иона Cl⁻ может быть более 0,10 %, но в этом случае оно должно быть указано на упаковке и в документе о качестве.

** В отдельных случаях по специальным требованиям в цементах для преднапряжённого бетона может быть установлено более низкое значение максимального содержания хлорид-иона Cl⁻.

В цемент могут быть введены специальные добавки для регулирования отдельных строительно-технических свойств цемента и технологические добавки для улучшения процесса помола и (или) облегчения транспортирования цемента по трубопроводам.

В качестве вспомогательных компонентов цемента могут применяться минеральные добавки. Вспомогательные компоненты не должны существенно повышать водопотребность цемента, а также снижать долговечность бетона или защиту арматуры от коррозии.

В качестве специальных и технологических добавок применяют органические или неорганические материалы по соответствующей нормативной документации. Суммарное количество этих добавок не должно превышать 1,0 % массы цемента. Количество органических добавок в сухом состоянии не должно превышать 0,5 % массы цемента.

Добавки не должны вызывать коррозию арматуры или ухудшать свойства цемента или изготовленного на его основе бетона или строительного раствора.

1.3.2 Удельная эффективная активность естественных радионуклидов $A_{эфф}$ в цементе не должна быть более 370 Бк/кг.

1.3.3 Суммарное содержание трёхкальциевого и двухкальциевого силикатов ($3CaO \cdot SiO_2 + 2CaO \cdot SiO_2$) в клинкере должно быть не менее 67 % массы клинкера, а массовое отношение оксида кальция к оксиду кремния (CaO/SiO_2) — не менее 2,0. Содержание оксида магния MgO в клинкере не должно быть более 5,0 % массы клинкера. Допускается содержание оксида магния MgO до 6,0 % массы клинкера при условии положительных результатов испытаний цемента из данного клинкера на равномерность изменения объема в автоклаве по ГОСТ 310.3 [1].

1.3.4 В качестве регулятора сроков схватывания применяют камень гипсовый или гипсоангидритовый по ГОСТ 4013 [2] или другие материалы,

содержащие в основном сульфат кальция, по соответствующей нормативной документации.

1.4 В ГОСТ 26633 [19] приводятся дополнительные требования к цементам для дорожных и аэродромных покрытий и оснований, приведённые ниже. Эти требования частично дублируют требования ГОСТ 10178 [9], приведённые в п/п. 1.2.7, что объясняется предполагающейся отменой в будущем данного стандарта.

Для бетона дорожных и аэродромных покрытий и оснований должен применяться цемент с содержанием трёхкальциевого алюмината (C_3A) не более 7 % по массе, а щелочных оксидов в пересчёте на Na_2O – 0,8 % по массе. Начало схватывания цемента должно наступать не ранее 2 ч.

Не допускается применение пластифицированного и гидрофобного цемента, а также цемента с признаками ложного схватывания.

1.5 Минералогический состав цемента на основе портландцементного клинкера

1.5.1 Минералогический состав цемента в общем случае не регламентируется. Исключение составляют цементы "с нормированным составом клинкера", обозначаемые в маркировке буквой "Н", и сульфатостойкие цементы. Тем не менее минералогический состав оказывает решающее влияние на все основные свойства цемента. Поэтому некоторые специалисты предлагают свои варианты классификации цемента по содержанию алита/белита и трёхкальциевого алюмината.

Например, в [25] предложено подразделять цементы по содержанию алита и белита на:

- высокоалитовые, $C_3S > 60$ %;
- нормальные, $C_3S = (40 - 60)$ %, $C_2S = (15 - 40)$ %;

- белитовые, $C_2S > 40 \%$.

По содержанию трёхкальцевого алюмината цементы подразделяются на:

- низкоалюминатные, $C_3A < 6 \%$;
- среднеалюминатные, $C_3A = (6 - 10) \%$;
- высокоалюминатные, $C_3A > 10 \%$.

1.6 Выбор цемента

1.6.1 При выборе цемента в каждом конкретном случае следует учитывать как особенности условий изготовления и эксплуатации изделий и конструкций, так и свойства самих цементов.

Класс (или марка) цемента должен быть согласован с требуемым классом по прочности на сжатие бетона: чем выше требуемая прочность бетона, тем выше класс или марка цемента.

Применение высокоактивных цементов в низкопрочных бетонах невыгодно из-за того, что при низких расходах вяжущего резко возрастает расслаиваемость бетонных смесей, что приводит к ухудшению качества бетона. Применение цементов низких классов или марок в высокопрочных бетонах требует повышенных расходов вяжущего, что повышает деформативность бетонов и снижает их долговечность.

В таблице 1.12 приведены рекомендации по применению различных видов цементов [24 – 26].

При изготовлении массивных монолитных конструкций выделяющаяся при гидратации цемента теплота не успевает рассеиваться в окружающее пространство, что приводит к неравномерному нагреву конструкции: центральная часть нагревается больше, чем поверхность. Температура в центре может повышаться до $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Это вызывает неравномерное расширение

Таблица 1.12 – Рекомендации по применению цементов на основе
портландцементного клинкера

Цемент	Основное назначение	Допускается применение	Не рекомендуется
1	2	3	4
Портландцемент, портландцемент с минеральными добавками (ПЦ Д0, ПЦ Д5, ПЦ Д20, ЦЕМ I, ЦЕМ II)	Для бетонных, железобетонных сборных и монолитных конструкций	Для бетонов со специальными свойствами при условии дополнительной проверки специальных свойств	В конструкциях со специальными свойствами без дополнительной проверки специальных свойств
Шлакопортландцемент (ШПЦ, ЦЕМ III)	Для бетонных и железобетонных сборных изделий, подвергаемых тепловой обработке, для монолитных массивных бетонных и железобетонных надземных, подземных и подводных конструкций при действии пресных и минеральных вод	То же	Для бетонов с маркой по морозостойкости F200 и более; для бетонов, твердеющих при температуре ниже плюс 10 °С без тепловой обработки; для конструкций, подвергаемых попеременному увлажнению и высушиванию
Пуццолановый портландцемент (ПуццПЦ, ЦЕМ IV)	Для подземных и подводных конструкций, эксплуатируемых в условиях действия мягких пресных вод и при опасности сульфатной коррозии	Для надземных конструкций, эксплуатируемых в условиях повышенной влажности	В морозостойких бетонах; в бетонах, твердеющих в сухих жарких или зимних условиях; в конструкциях, эксплуатируемых в условиях попеременного увлажнения и высушивания; в конструкциях заводского изготовления

Продолжение таблицы 1.12

1	2	3	4
Сульфатостойкие портландцемент, портландцемент с активными минеральными добавками	Для надземных, подземных и подводных конструкций при опасности сульфатной коррозии	Для надземных, подземных и подводных конструкций, эксплуатируемых в условиях действия мягких пресных вод. Для бетонов с низким тепловыделением	Для бетонов, твердеющих при температуре ниже плюс 10 °С без тепловой обработки
Сульфатостойкий шлакопортландцемент	Для сульфатостойких бетонов	Для бетонов с низким тепловыделением	Для морозостойких бетонов. Для бетонов, твердеющих при температуре ниже 10 °С без тепловой обработки. Для бетонов, эксплуатируемых в условиях попеременного увлажнения и высушивания
Марок 550 и 600 (классов 52,5) и более	Для бетонов классов В40 и более, а также классов В30 и В35 при повышенной отпускной прочности или при применении пластифицирующе-водоредуцирующих или стабилизирующих добавок	Для бетонов классов В30 и В35	Для бетонов классов В27,5 и менее
Марки 500 (класса 42,5)	Для бетонов классов В30 и В35, а также классов В25 и В27,5 при повышенной отпускной прочности или при применении пластифицирующе-водоредуцирующих или стабилизирующих	Для бетонов классов В25 и В27,5. Для бетонов классов В40 и более при применении высококачественных заполнителей, суперпластификаторов и микронаполнителей.	Для бетонов классов В22,5 и менее

Продолжение таблицы 1.12

1	2	3	4
	добавок. Для строительных растворов марок М75 и выше		
Марки 400 (класса 32,5)	Для бетонов классов В15– В25, а также классов В10 и В12,5 при повышенной отпускной прочности или при применении пластифицирующе-водоредуцирующих или стабилизирующих добавок. Для строительных растворов марок М50 и выше	Для бетонов классов В10 и В12,5. Для бетонов классов В35 – В80 при применении высококачественных заполнителей, суперпластифицирующих добавок и микронаполнителей	Для бетонов классов В7,5 и менее
Марки 300 (класса 22,5)	Для бетонов классов не более В12,5. Для строительных растворов марок М25 ... М150	Для бетонов классов В15 и В20	Для бетонов классов В22,5 и более

бетона, миграцию влаги и приводит в конечном счёте к растрескиванию конструкции. Поэтому для массивных конструкций, как видно из таблицы 1.8, рекомендуется применять цементы с низкой скоростью тепловыделения. Это, обычно, медленноотвердеющие цементы, в первую очередь, пуццолановые, белитовые.

Можно заметить, что скорость тепловыделения можно резко снизить за счёт применения специальных химических добавок – замедлителей твердения. В этом случае ограничения по свойствам применяемых цементов будут менее «жёсткими».

Для конструкций заводского изготовления важно, чтобы бетон набирал отпускную прочность как можно быстрее, что обеспечивает необходимую оборачиваемость оснастки. Поэтому на заводах железобетонных конструкций не рекомендуется применять цементы с низкой скоростью твер-

дения (это цементы с низким содержанием алита, трёхкальциевого алюмината, с большим содержанием активных минеральных добавок, особенно пуццолановых). Темп набора прочности цементного бетона при тепловой обработке (ТО) можно спрогнозировать, зная группу цемента по эффективности пропаривания:

- цементы I группы обладают высоким темпом набора прочности и обеспечивают, как правило, получение требуемой распалубочной, передаточной и отпускной прочности, в зависимости от класса бетона при режимах ТО с общей продолжительностью до 15 ч;

- цементы II группы обладают средним темпом набора прочности и обеспечивают получение требуемой прочности бетона при режимах ТО с общей продолжительностью более 15 ч;

- цементы III группы обладают низким темпом набора прочности, поэтому наиболее целесообразно применять их при изготовлении изделий без ТО. Их применение для производства сборных конструкций из бетонов классов В15 ... В25 требует увеличения расхода цемента. Проектировать состав бетона нужно на получение требуемой отпускной или передаточной прочности [26].

Кроме того, применение цемента более высокой группы по эффективности пропаривания требует, как правило, удлинения предварительной выдержки или снижения скорости подъёма температуры при короткой предварительной выдержке.

2 Технические свойства и выбор плотных крупных заполнителей

2.1 Для изготовления тяжёлых конструктивных бетонов могут применяться крупные плотные заполнители, выпускаемые по следующим национальным стандартам:

- ГОСТ 5578-94 Щебень и песок из шлаков чёрной и цветной металлургии для бетонов. Технические условия;

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

- ГОСТ 26644-85 Щебень и песок из шлаков тепловых электростанций для бетона. Технические условия.

Кроме того, фактически широко применяются, хотя это и не предусмотрено стандартом на тяжёлые бетоны [19], песчано-гравийные смеси – ПГС, выпускаемые по ГОСТ 23735 [15] или по техническим условиям. Иногда такие сыпучие материалы называют ОПГС (обогащённая песчано-гравийная смесь) или РНГ (рядовой нефракционированный гравий).

2.2 Требования и выбор крупных плотных заполнителей

2.2.1 Общие требования к крупным плотным заполнителям для тяжёлых бетонов регламентированы ГОСТ 26633 [19] и приведены ниже. Здесь же приведены основные требования к щебню и гравию ГОСТ 8267 [4].

Наиболее часто применяются крупные плотные заполнители из горных пород, поэтому требования к заполнителям из шлаков в настоящих методических указаниях не рассматриваются.

2.2.2 Крупный заполнитель, в зависимости от предъявляемых к бетону требований, выбирают по следующим показателям: зерновому составу и наибольшему номинальному размеру зёрен, содержанию пылевидных и глинистых частиц, вредных примесей, форме зёрен, прочности, содержанию зёрен слабых пород, петрографическому составу и радиационно-гигиенической характеристике. При подборе состава бетона учитывают также плотность, пористость, водопоглощение, пустотность.

Крупные плотные заполнители должны иметь среднюю плотность зёрен от 2,0 до 3,0 г/см³.

Применение гравия не допускается для бетонов:

- конструкций мостов и водопропускных труб, эксплуатируемых в районах со средней температурой наиболее холодной пятидневки ниже минус 40 °С;

- транспортных сооружений с маркой бетона по морозостойкости F₂200 и выше;

- транспортных железобетонных конструкций, рассчитываемых на выносливость.

2.2.3 Крупный заполнитель следует применять в виде отдельно дозируемых фракций при приготовлении бетонной смеси. Наибольший номинальный размер зёрен заполнителя должен быть установлен в стандартах, технических условиях или рабочих чертежах бетонных и железобетонных конструкций. При отсутствии таких указаний наибольший номинальный размер принимается не более:

- 1/3 наименьшего сечения изделия (кроме плит);
- 1/2 толщины плит (кроме многопустотных плит перекрытий);
- 20 мм для многопустотных плит перекрытий;
- 2/3 минимального расстояния между стержнями арматуры в свету.

Перечень фракций в зависимости от наибольшего номинального размера зёрен заполнителя указан в таблице 2.1. Допускается применение крупных заполнителей в виде смеси двухсмежных фракций, отвечающих требованиям таблицы 2.1.

При наибольшем номинальном размере зёрен заполнителя для бетонов дорожных и аэродромных покрытий, равной 80 мм, допускается по согласованию изготовителя с потребителем поставка смеси фракций размером от 5 до 40 мм.

Таблица 2.1

В миллиметрах

Наибольший номинальный размер зёрен	Фракция крупного заполнителя
10	От 5 до 10 или от 3 до 10
20	От 5 (3) до 10 и св. 10 до 20
40	От 5 (3) до 10, св. 10 до 20 и св. 20 до 40
80 (70)	От 5 (3) до 10, св. 10 до 20, св. 20 до 40 и св. 40 до 80 (70)
120	От 5 (3) до 10, св. 10 до 20, св. 20 до 40, св. 40 до 80, св. 80 до 120
Примечание – Применение фракции заполнителя с крупностью зёрен от 3 до 10 мм допускается в случае использования в качестве мелкого заполнителя песков с модулем крупности не более 2,5.	

Допускается при строительстве массивных гидротехнических сооружений применение щебня и гравия размером:

–от 120 до 150 мм;

–свыше 150 мм, вводимых непосредственно в блок при укладке бетонной смеси.

2.2.4 Рекомендуемое содержание отдельных фракций в крупном заполнителе в составе бетона указано в таблице 2.2.

2.2.5 Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне из изверженных и метаморфических пород, щебне из гравия и в гравии не должно превышать 1 % по массе.

Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне из осадочных пород не должно превышать 3 % по массе.

Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне из осадочных пород для бетонов некоторых конструкций не должно превышать:

1,0 % – для бетона пролётных строений мостов, мостовых конструкций зоны переменного уровня воды, водопропускных труб, железобетонных шпал, опор контактной сети, линий связи и автоблокировки, опор ЛЭП;

Таблица 2.2

Наибольший номинальный размер зёрен заполнителя, мм	Содержание фракций в крупном заполнителе, %				
	от 5(3) до 10 мм	св. 10 до 20 мм	св. 20 до 40 мм	св. 40 до 80 мм	св. 80 до 120 мм
10	100	–	–	–	–
20	25 – 40	60 – 75	–	–	–
40	15 – 25	20 – 35	40 – 65	–	–
80	10 – 20	15 – 25	20 – 35	35 – 55	–
120	5 – 10	10 – 20	15 – 25	20 – 30	25 – 35

2,0 % – для однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий дорог, для бетона монолитных опор мостов и фундаментов водопропускных труб, расположенных вне зоны переменного уровня воды;

3,0% – для нижнего слоя двухслойных покрытий и оснований дорог.

Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне, щебне из гравия и в гравии, вне зависимости от вида породы, для бетонов гидротехнических сооружений не должно превышать:

1,0% – для зоны переменного уровня воды и надводной зоны;

2,0 % – для подводной и внутренней зоны.

2.2.6 Содержание глины в комках не должно быть более:

– 0,25 % по массе у щебня из изверженных, осадочных и метаморфических пород марок 400 и выше, у щебня из гравия и валунов и гравия;

– 0,5 % по массе у щебня из гравия и валунов, гравий марок 1000, 800, 600, 400.

Для бетона гидротехнических сооружений, эксплуатируемых в зоне переменного уровня воды, наличие в крупном заполнителе глины в виде отдельных комков не допускается.

2.2.7 Содержание зёрен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы в крупном заполнителе не должно превышать 35 % по массе, в том числе:

- 25 % для бетонов дорожных и аэродромных покрытий и оснований;
- 15 % для бетонов железобетонных шпал, опор ЛЭП, контактной сети, линий связи и автоблокировки.

2.2.8 Марки по дробимости щебня, щебня из гравия и гравия, применяемых в качестве крупного заполнителя в бетоне покрытий, и истираемости должны быть не ниже указанных в таблице 2.3.

Таблица 2.3– Марки крупных заполнителей по дробимости и истираемости

Вид заполнителя	Марка	
	по дробимости	по истираемости
Щебень и щебень из гравия из изверженных или метаморфических пород	1200	И-I
Щебень и щебень из гравия из осадочных пород	800	И-II
Гравий	1000	И-II

Марка по дробимости щебня из осадочных пород в бетоне оснований должна быть не ниже 400.

Для бетона мостовых конструкций, расположенных в зоне переменного уровня воды, конструкций мостового полотна пролетных строений мостов, а также водопропускных труб должны использоваться щебень из изверженных пород марки по дробимости не ниже 1000, щебень из метаморфических и осадочных пород, щебень из гравия и гравий марки не ниже 800.

Заполнители, прочность которых при насыщении водой снижается более чем на 20% по сравнению с их прочностью в сухом состоянии, не допускается применять для бетона конструкций, расположенных в зоне переменного уровня воды и подводной зоне.

Для бетона железобетонных шпал следует использовать щебень из изверженных пород марки по дробимости не ниже 1200, из метаморфиче-

ских, осадочных пород и из гравия марки по дробимости не ниже.

Марки щебня из природного камня для бетона гидротехнических сооружений должны быть не ниже 600 для бетона класса по прочности В15 и ниже, 800 - для бетона класса по прочности от В20 до В30 включ., 1200 - для бетона класса по прочности выше В30.

Марки по дробимости щебня для бетона гидротехнических сооружений должны быть не ниже 800, гравия и щебня из гравия – 1000.

Для бетона гидротехнических сооружений, к которому предъявляют требования по морозостойкости, следует использовать щебень из изверженных пород марки не ниже 1000.

Щебень и гравий для гидротехнического бетона должны иметь марки по истираемости не ниже:

И-I – для щебня из изверженных и метаморфических пород;

И-II – для щебня из осадочных пород, а также щебня из гравия.

Марку крупного заполнителя определяют по показателю дробимости Др в соответствии с таблицами 2.4 – 2.6 [4].

Таблица 2.4

Марка по дробимости щебня из осадочных и метаморфических пород	Потеря массы при испытании щебня, %	
	в сухом состоянии	в насыщенном водой состоянии
1200	До 11 включ.	До 11 включ.
1000	Св. 11 до 13	Св. 11 до 13
800	" 13 " 15	" 13 " 15
600	" 15 " 19	" 15 " 20
400	" 19 " 24	" 20 " 28
300	" 24 " 28	" 28 " 38
200	" 28 " 35	" 38 " 54

2.2.9 Содержание зёрен слабых пород в щебне и гравии не должно быть более указанного в таблице 2.7.

Таблица 2.5

Марка по дробимости щебня из изверженных пород	Потеря массы при испытании щебня, %, из	
	интрузивных пород	эффузивных пород
1400	До 12 включ.	До 9 включ.
1200	Св. 12 до 16	Св. 9 до 11
1000	" 16 " 20	" 11 " 13
800	" 20 " 25	" 13 " 15
600	" 25 " 34	" 15 " 20

Таблица 2.6

Марка по дробимости щебня из гравия и гравия	Потеря массы при испытании, %	
	щебня из гравия	гравия
1000	До 10 включ.	До 8 включ.
800	Св. 10 до 14	Св. 8 до 12
600	" 14 " 18	" 12 " 16
400	" 18 " 26	" 16 " 24

Таблица 2.7

Вид породы и марка по дробимости щебня и гравия	Содержание зерен слабых пород, % по массе, не более
1	2
Щебень из изверженных, метаморфических и осадочных горных пород марок: 1400; 1200; 1000	5
800; 600; 400	10
300	15
Щебень из гравия и валунов и гравий марок: 1000; 800; 600	10
400	15

Содержание зёрен слабых пород в щебне и щебне из гравия для бетонов гидротехнических сооружений зоны переменного уровня воды не должно превышать 5% по массе.

2.2.10 Морозостойкость щебня и гравия должна быть не ниже указанной в таблице 2.8.

Таблица 2.8

Назначение бетона	Марка по морозостойкости крупного заполнителя, эксплуатируемого в районах со средне-месячной температурой наиболее холодного месяца, не ниже		
	от 0 до минус 5 °С	от минус 5 до минус 15 °С	ниже минус 15 °С
Для покрытий	F50	F100	F150
Для оснований	F15	F25	F25
Для гидротехнических сооружений	F100	F200	F300
Примечание – В Нижегородской области среднемесячная температура наиболее холодного месяца (января) составляет минус (11,1 – 13,3) °С.			

2.2.11 Содержание в крупных и мелких плотных заполнителях пород и минералов, отнесённых к вредным примесям, не должно превышать:

- аморфные разновидности диоксида кремния, при которых возможна щелочная коррозия бетона (халцедон, опал, кремь, кислое стекло, выветренный кварц и др.) - не более величины, при которой происходит расширение образцов при испытании по методике ГОСТ 8269.0 [5];

- сера, сульфиды, кроме пирита (марказит, пирротин и др.) и сульфаты (гипс, ангидрит и др.) в пересчёте на SO_3 - не более 1,5% по массе;

- пирит в пересчёте на SO_3 - не более 4% по массе;

- слоистые силикаты (слюды, гидрослюды, хлориты и др., являющиеся породообразующими минералами) - не более 15 % по объёму;

- магнетит, гидроксиды железа (гетит и др.), апатит, нефелин, фосфорит, являющиеся породообразующими минералами, - каждый в отдельности не более 10%, а в сумме - не более 15% по объёму;

- галоиды (галит, сильвин и др.), включающие водорастворимые хлориды, в пересчёте на ион хлора - не более 0,10% по массе;

- свободное волокно асбеста - не более 0,25% по массе;

- уголь - не более 1% по массе.

Содержание слюды в мелком заполнителе для бетона гидротехнических сооружений не должно превышать, % массы:

- 1 – для бетона зоны переменного уровня воды;
- 2 – для бетона надводной зоны;
- 3 – для бетона подводной зоны.

Заполнители, содержащие включения вредных примесей, превышающие приведённые значения, а также цеолит, графит и горючие сланцы, могут применяться для производства бетона только после проведения испытаний в бетоне.

2.2.12 Для установления возможности применения щебня из осадочных карбонатных пород афанитовой структуры и изверженных эффузивных пород стекловидной структуры должны быть проведены их испытания в бетоне.

2.2.13 Устойчивость структуры щебня из попутно добываемых вскрышных и вмещающих пород и некондиционных отходов горных предприятий по переработке руд (черных, цветных и редких металлов металлургической промышленности) и неметаллических ископаемых других отраслей промышленности против всех видов распадов должна соответствовать требованиям, указанным в таблице 2.9.

Таблица 2.9

Марка по прочности щебня	Потеря массы при распаде, %, не более
1000 и выше	3
800, 600	5
400 и ниже	7

2.2.14 По ГОСТ 8267 [4] в крупных заполнителях не должно быть «посторонних засоряющих примесей» – животных и растительных остат-

ков, мусора и т.п., но в данном стандарте отсутствуют численные требования, что

оставляет повод для споров между поставщиками и потребителями.

2.2.15 Заполнители в зависимости от значений суммарной удельной эффективной активности естественных радионуклидов $A_{эфф}$ применяют:

- при $A_{эфф}$ до 370 Бк/кг - во вновь строящихся жилых и общественных зданиях;

- при $A_{эфф}$ свыше 370 до 740 Бк/кг - для дорожного строительства в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных зданий и сооружений;

- при $A_{эфф}$ свыше 740 до 1500 Бк/кг - в дорожном строительстве вне населенных пунктов.

3 Технические свойства и выбор плотных мелких заполнителей

3.1 Для изготовления тяжёлых и мелкозернистых конструкционных бетонов в качестве мелких заполнителей могут применяться природные пески, пески из отсевов дробления и их смеси со средней плотностью зёрен от 2,0 до 2,8 г/см³, с модулем крупности от 1,5 до 3, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 8736[6] или ГОСТ 31424 [22], песок из доменных и ферросплавных шлаков чёрной металлургии и никелевых и медеплавильных шлаков цветной металлургии по ГОСТ 5578 [2], а также золошлаковые смеси по ГОСТ 25592 [17].

3.2 Требования и выбор мелких плотных заполнителей

3.2.1 Общие требования к пескам для строительных работ регламентированы ГОСТ 8736 [6]. Могут применяться также пески из отходов промышленности (шлаков, золошлаковых смесей и т.п.). Требования к мелким плотным заполнителям для тяжёлых бетонов регламентированы ГОСТ 26633 [19].

Наиболее часто применяются природные пески, поэтому требования к прочим мелким плотным заполнителям в настоящих методических указаниях не рассматриваются.

3.2.2 Мелкий заполнитель для бетона выбирают по зерновому составу, содержанию пылевидных и глинистых частиц, петрографическому составу, радиационно-гигиенической характеристике. При подборе состава бетона учитывают плотность, водопотребность, пустотность, а также прочность исходной горной породы на сжатие в насыщенном водой состоянии (для песков из отсевов дробления).

3.2.3 Пески по ГОСТ 8736 [6] классифицируются по крупности – см. таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Классификация песков по крупности

Группа песка	Модуль крупности Мк	Полный остаток на сите № 063, % по массе
Очень крупный*	Св. 3,5	Св. 75
Повышенной крупности	Св. 3,0 до 3,5	Св. 65 до 75
Крупный	» 2,5 » 3,0	» 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	- "-

Примечание - *Не допускается применение в тяжёлых и лёгких бетонах. При этом повышенное содержание тонких фракций в песке может способствовать повышению эффективности пластифицирующих или водоредуцирующих химических добавок.

3.2.4 Содержание в песке зёрен крупностью свыше 10 мм, 5 мм и менее 0,16 мм не должно превышать значений, указанных в таблице 3.2.

Таблица 3.2

В процентах по массе, не более

Класс и группа песка	Содержание зерен крупностью		
	Св. 10 мм	Св. 5 мм	Менее 0,16 мм
I класс			
Повышенной крупности, крупный и средний	0,5	5	5
Мелкий	0,5	5	10
II класс			
Повышенной крупности	5	20	10
Крупный и средний	5	15	15
Мелкий	0,5	10	20

3.2.5 Оптимальный зерновой состав песка в бетоне для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов должен соответствовать приведенному в таблице 3.3. При этом учитывают только зёрна, проходящие через сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм.

Таблица 3.3– Зерновой состав мелкого заполнителя

Модуль крупности	Полный остаток, %, на ситах размером отверстий, мм				
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
От 1,5 до 2,0	До 10	От 5 до 10	От 20 до 30	От 35 до 65	От 80 до 85
» 2,0 » 2,5	» 10	» 10 » 25	» 30 » 55	» 65 » 80	» 85 » 90
» 2,5 » 3,0	От 10 до 20	» 25 » 45	» 55 » 70	» 80 » 90	» 90 » 95
» 3,0 » 3,5	» 20 » 30	» 45 » 55	» 70 » 80	» 90 » 100	100

При несоответствии зернового состава песка для бетона покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов указанным требованиям необходимо провести специальные исследования.

3.2.6 Содержание в мелких заполнителях пород и минералов, отнесенных к вредным примесям, должно соответствовать п. 2.2.11.

3.2.7 Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц, а также глины в комках не должно превышать значений, указанных в таблице 3.4.

Таблица 3.4

В процентах по массе, не более

Класс и группа песка	Содержание пылевидных и глинистых частиц		Содержание глины в комках	
	в песке природном	в песке из отсевов дробления	в песке природном	в песке из отсевов дробления
I класс				
Повышенной крупности, крупный и средний	2	3	0,25	0,35
Мелкий	3	5	0,35	0,50
II класс				
Очень крупный	-	10	-	2
Повышенной крупности, крупный и средний	3	10	0,5	2
Мелкий	5	10	0,5	2

Содержание в мелком заполнителе пылевидных и глинистых частиц для бетона транспортных сооружений не должно превышать, % по массе:

1 - для бетона предварительно напряжённых пролётных строений, эксплуатируемых в районах со средней температурой наружного воздуха наиболее холодной пятидневки ниже минус 40 °С;

2 - для бетона пролётных строений и мостовых конструкций, эксплуатируемых в условиях переменного уровня воды.

Для бетона гидротехнических сооружений содержание в песке глины в комках не допускается, содержание пылевидных и глинистых частиц не должно превышать, % по массе:

- 2 - для бетонов зоны переменного уровня воды;

- 3 – для бетона надводной зоны;
- 5 - для бетона подводной зоны.

3.2.8 Следует отметить, что влияние пылевидных и глинистых частиц на свойства бетонных смесей и бетонов неоднозначно. Широко известно, что эти частицы в силу большой удельной поверхности заметно повышают водопотребность бетонных смесей, что должно приводить к перерасходу цемента. Однако эти же частицы, особенно глинистые, могут способствовать повышению связности бетонных смесей, более плотной упаковке зёрен на микроуровне. Как указывалось выше, повышенное содержание тонких зёрен может увеличивать пластифицирующий или водоредуцирующий эффект при применении соответствующих химических добавок.

Некоторые микронаполнители (бентонит и др.) применяют для повышения водонепроницаемости бетонов.

3.2.9 Песок из отсевов дробления и обогащённый песок из отсевов дробления для бетонов дорожных и аэродромных покрытий и оснований должны иметь марки по прочности исходной горной породы или гравия не ниже указанных в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Назначение бетона	Марка по прочности исходной горной породы или гравия, из которых изготовлен песок		
	Изверженные породы	Осадочные и метаморфические породы	Гравий
Однослойные покрытия и верхний слой двухслойных покрытий	800	800	1000
Нижний слой двухслойных покрытий и оснований	800	400	600

4 Технические свойства и выбор пористых крупных заполнителей

4.1 Для изготовления лёгких бетонов могут применяться крупные пористые заполнители, выпускаемые по следующим национальным стандартам:

- ГОСТ 3476-74 Шлаки доменные и электрофосфорные гранулированные для производства цементов;
- ГОСТ 9757-90 Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия;
- ГОСТ 10832-2009 Песок и щебень перлитовые вспученные. Технические условия;
- ГОСТ 12865-67 Вермикулит вспученный;
- ГОСТ 22263-76 Щебень и песок из пористых горных пород. Технические условия;
- ГОСТ 25592-91 Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия;
- ГОСТ 26644-85 Щебень и песок из шлаков тепловых электростанций для бетона. Технические условия.

4.2 Требования и выбор крупных пористых заполнителей

4.2.1 Общие требования к крупным пористым заполнителям для лёгких бетонов регламентированы ГОСТ 25820 [18] и приведены ниже.

Наиболее широкое применение в качестве пористого заполнителя получил керамзитовый гравий, выпускаемый по ГОСТ 9757 [7], поэтому ниже приводятся требования данного стандарта к керамзитовому гравию.

4.2.2 Зерновой состав крупного пористого заполнителя каждой фракции должен соответствовать указанному в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Диаметр отверстия контрольного сита, мм	d	D	2D
Полный остаток на сите, % по массе	От 85 до 100	До 10	Не допускается
Примечание - D, d - соответственно наибольший и наименьший номинальные диаметры отверстий контрольных сит.			

В гравии и щебне фракции от 2,5 до 10 мм и смеси фракций от 5 до 20 мм содержание зёрен размером от 5 до 10 мм должно быть от 25 до 50% по массе.

4.2.3 В зависимости от насыпной плотности искусственные пористые заполнители подразделяют на марки, приведённые в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Марка по насыпной плотности	Насыпная плотность, кг/м ³
250	До 250 включительно
300	Свыше 250 до 300 »
350	» 300 » 350 »
400	» 350 » 400 »
450	» 400 » 450 »
500	» 450 » 500 »
600	» 500 » 600 »
700	» 600 » 700 »
800	» 700 » 800 »
900	» 800 » 900 »
1000	» 900 » 1000 »
1100	» 1000 » 1100 »

4.2.4 Марки керамзитового гравия и щебня должны находиться в пределах от 250 до 600.

Допускается по согласованию изготовителя с потребителем для приготовления конструктивных лёгких бетонов классов В20 и выше изготовление керамзитового гравия и щебня марок 700 и 800.

4.2.5 В зависимости от прочности, определяемой испытанием в цилиндре, керамзитовый гравий подразделяют на марки по прочности, приведенные в таблице 4.3.

4.2.6 Марки по прочности керамзитового гравия в зависимости от марок по насыпной плотности должны соответствовать требованиям таблицы 4.4.

4.2.7 Искусственные пористые заполнители должны быть морозостойкими и обеспечивать требуемую марку лёгкого бетона по морозостойкости. Потеря массы после 15 циклов попеременного замораживания и оттаивания не должна превышать 8 %.

Таблица 4.3

Марка по прочности	Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа	Марка по прочности	Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа
П15	До 0,5	П150	» 3,3 » 4,5
П25	Св. 0,5 до 0,7	П200	» 4,5 » 5,5
П35	» 0,7 » 1,0	П250	» 5,5 » 6,5
П50	» 1,0 » 1,5	П300	» 6,5 » 8,0
П75	» 1,5 » 2,0	П350	» 8,0 » 10,0
П100	» 2,0 » 2,5	П400	» 10,0
П125	» 2,5 » 3,3		

Таблица 4.4

Марки по насыпной плотности	Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа, не менее
250	П25
300	П35
350	П50
400	П50
450	П75
500	П100
600	П125
700	П150
800	П200

4.2.8 В пористых заполнителях, применяемых в качестве заполнителей для армированных бетонов, содержание водорастворимых сернистых и серноокислых соединений в пересчете на SO_3 не должно превышать 1% по массе.

4.2.9 Потеря массы при кипячении керамзитового гравия и щебня должна быть не более 5 %.

4.2.10 Пористые заполнители в зависимости от значения суммарной удельной эффективной активности естественных радионуклидов $A_{эфф}$ применяют:

- во вновь строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях при $A_{эфф}$ до 370 Бк/кг;

- при возведении производственных зданий и сооружений при $A_{эфф}$ свыше 370 Бк/кг до 740 Бк/кг.

4.2.11 При выборе пористых заполнителей для изготовления лёгких бетонов проверяется соответствие их характеристик требованиям [17], приведённым в таблицах 4.5 – 4.7, и требованиям других нормативно-технических документов.

Таблица 4.5

Класс бетона по прочности на сжатие	Минимальная марка заполнителя по прочности	Класс бетона по прочности на сжатие	Минимальная марка заполнителя по прочности
B2,5	П15	B20	П150
B3,5	П25	B22,5	П200
B5	П35	B25	П250
B7,5	П50	B27,5	П300
B10	П75	B30	П300
B12,5	П100	B35	П350
B15	П125	B40	П400

Примечание – Допускается применение пористого заполнителя с меньшей маркой по прочности при условии обеспечения установленных проектной документацией требований к бетону конструкций.

Таблица 4.6 - Насыпная плотность крупных гравиеподобных заполнителей
для конструкционно-теплоизоляционных бетонов классов
В2,5 – В10

Класс бетона по прочности на сжатие	Марка бетона по средней плотности	Максимальная марка крупного заполнителя по насыпной плотности (в зависимости от вида песка)				
		песок дробленый из гравия или золы ТЭС	песок из щебня пористых пород и шлаков	песок вспученный перлитовый марок 200, 250	без песка	песок природный
В2,5	D600	—	—	350	300	—
	D700	300	—	400	400	—
	D800	400	350	450	500	300
	D900	500	450	500	600	350
В3,5	D700	—	—	400	350	—
	D800	350	—	500	450	—
	D900	500	350	600	500	300
	D1000	600	500	—	600	500
	D1100	—	600	—	—	600
В5	D800	300	—	400	350	—
	D900	450	300	500	500	—
	D1000	500	500	600	600	450
	D1100	600	600	—	—	500
	D1200	—	—	—	—	600
В7,5	D900	400	—	450	400	—
	D1000	500	350	500	500	—
	D1100	600	500	600	600	450
	D1200	—	600	—	—	500
	D1300	—	—	—	—	600
В10	D1000	400	—	450	—	—
	D1100	500	450	500	—	400
	D1200	600	500	600	—	450
	D1300	—	600	—	—	500
	D1400	—	—	—	—	600

Примечание – Данная таблица относится к бетонам, кроме поризованного, приготовленным с воздухововлекающими добавками. При приготовлении бетонных смесей без воздухововлекающих добавок значения насыпной плотности крупного пористого заполнителя уменьшают:

- для бетонов на песке того же вида и золе ТЭС – на $(100 - 150) \text{ кг/м}^3$;
- для бетонов на вспученном перлитовом песке – на $(50 - 100) \text{ кг/м}^3$.

Таблица 4.7 - Насыпная плотность крупных пористых заполнителей для конструктивных бетонов классов В12,5 – В40

Класс бетона по прочности на сжатие	Марка бетона по средней плотности	Максимальная марка крупного пористого заполнителя по насыпной плотности (в зависимости от вида песка)			
		гравий		щебень	
		песок природный	песок пористый	песок природный	песок пористый
В12,5 – В20	D1200	—	500	—	—
	D1300	—	600	—	400
	D1400	500	700	—	500
	D1500	600	800	400	600
	D1600	700	—	500	700
	D1700	800	—	600	800
	D1800	900	—	700	900
В22,5 – В40	D1400	—	600	—	—
	D1500	—	700	—	—
	D1600	600	800	—	—
	D1700	700	—	—	700
	D1800	800	—	600	800
	D1900	900	—	700	900
	D2000	—	—	800	1000

5 Технические свойства и выбор пористых мелких заполнителей

5.1 Для изготовления лёгких бетонов могут применяться мелкие пористые заполнители – пески, выпускаемые по национальным стандартам, указанным в п. 4.1.

5.2 Требования и выбор мелких пористых заполнителей

5.2.1 Общие требования к мелким пористым заполнителям для лёгких бетонов регламентированы ГОСТ 25820 [18] и приведены ниже.

Наиболее широкое применение в качестве пористого заполнителя получил керамзитовый песок, выпускаемый по ГОСТ 9757 [7], поэтому ниже приводятся требования данного стандарта к керамзитовому песку.

5.2.2 Песок в зависимости от зернового состава подразделяют на три группы:

- 1 - для конструкционно-теплоизоляционного бетона;
- 2 - для конструкционного бетона;
- 3 - для теплоизоляционного бетона.

По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготовление песчано-щебёночной смеси с наибольшей крупностью зёрен до 10 мм.

Зерновой состав песка должен соответствовать указанному в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Размер отверстия контрольного сита, мм	Полный остаток на контрольном сите, по объёму, для групп песка		
	1	2	3
5	0 –10	0 –10	Не нормируется
1,25	20 –60	30 –50	
0,315	45 –80	65 –90	
0,16	70 –90	90 –100	
Проход через сито 0,16	10 –30	0 –10	

В песчано-щебёночной смеси крупностью зёрен до 10 мм содержание щебня фракции от 5 до 10 мм должно быть не более 50 % по объёму.

5.2.3 В зависимости от насыпной плотности искусственные пористые пески подразделяют на марки, приведённые в таблице 4.2.

Марки керамзитового песка должны находиться в пределах от 500 до 1000.

5.2.4 В песке, применяемом в качестве заполнителей для армированных бетонов, содержание водорастворимых сернистых и сернокислых соединений в пересчёте на SO_3 не должно превышать 1% по массе

5.2.5 Содержание слабообожжённых зёрен в керамзитовом песке, полученном в печах кипящего слоя, должно быть не более 3 % по массе.

5.2.6 При выборе пористого песка для лёгкого бетона следует учитывать требование таблицы 5.2.

Таблица 5.2

Назначение бетона	Марка песка по насыпной плотности, $кг/м^3$, не более	
	минимальная	максимальная
Теплоизоляционный	Не нормируется	400
Конструктивно-теплоизоляционный	100	1000

5.2.7 Суммарная удельная эффективная активность естественных радионуклидов песка должна соответствовать требованиям п. 4.2.10.

6 Технические требования к воде

6.1 Для затворения бетонных смесей должна применяться вода, удовлетворяющая требованиям ГОСТ 23732 [14]. Основные требования к воде, регламентированные данным стандартом, приведены ниже.

Для приготовления бетонных и растворных смесей, ухода за бетоном и промывки заполнителей не допускается применение сточной, болотной и торфяной воды.

6.2 Водородный показатель воды pH должен быть не менее 4 и не более 12,5.

6.3 Содержание в воде растворимых солей, ионов SO_4^{2-} , Cl^- и взвешенных частиц не должно превышать величин, указанных в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Назначение воды	Максимальное допустимое содержание, мг/л			
	растворимых солей	ионов SO_4^{2-}	ионов Cl^-	взвешенных частиц
Вода для затворения бетонной смеси при изготовлении напряженных железобетонных конструкций	2000	600	500	200
Вода для затворения бетонной смеси при изготовлении бетонных и железобетонных конструкций с ненапрягаемой арматурой, в т.ч. для водобросных сооружений и зоны переменного горизонта воды массивных сооружений	5000	2700	1200	200
Вода для затворения бетонной смеси при изготовлении бетонных неармированных конструкций, к которым не предъявляются требования по ограничению образования высолов, а также бетона бетонных и железобетонных конструкций подводной и внутренней зон массивных сооружений	10000	2700	4500	300

Общее содержание в воде ионов натрия Na^+ и калия K^+ в составе растворимых солей не должно превышать 1500 мг/л.

Содержание в воде сахаров, фосфатов в расчёте на P_2O_5 , сульфидов в расчёте на S^{2-} , свинца в расчёте на Pb^{2+} , цинка в расчёте на Zn^{2+} должно быть не более 100 мг/л каждого, нитратов в расчёте на NO_3^- – не более 500 мг/л.

6.4 Окисляемость воды не должна быть более 15 мг/л.

6.5 Допускается к применению вода при наличии на поверхности только следов (радужной плёнки) нефтепродуктов, масел и жиров.

6.6 Вода, соответствующая приведённым вышестребованиям, признаётся пригодной, если по сравнению с результатами испытаний, проведённых на питьевой воде, сроки схватывания цемента изменяются не более чем на

25 %, прочность бетона через 7 и 28 дней нормально-влажностного твердения, а также морозостойкость и водонепроницаемость бетона не снижается, а арматурная сталь в бетоне находится в устойчивом пассивном состоянии.

6.7 Окраска воды должна находиться в пределах от бесцветной до желтоватой с цветностью не выше 70°. Если к бетону предъявляются требования технической эстетики, цветность воды не должна превышать 30°. Допускается в отдельных случаях использование воды с цветностью более 70°.

6.8 Вода, содержащая пенообразующие поверхностно-активные вещества, пригодна для применения при стойкости пены не более 2 мин. Допускается применение воды со стойкостью пены, равной 2 мин и более, при условии если пригодность воды установлена сравнительными испытаниями по определению физико-технических свойств бетонной смеси и бетона.

6.9 В местах водозабора (при первичном контроле качества воды) содержание грубодисперсных примесей в воде не должно быть более 4 % по объёму.

6.10 В воде, используемой после промывки оборудования по приготовлению и транспортированию бетонных и растворных смесей, допускается лёгкий запах цемента, а при применении золы уноса - лёгкий запах сероводорода.

В воде из других источников допускается только запах питьевой воды. После добавления соляной кислоты не должно быть запаха сероводорода.

6.11 После добавления NaOH цвет воды должен быть слабо желтовато-коричневым или светлее (тест на наличие гуминовых веществ).

6.12 Многие предприятия используют для приготовления бетонных смесей водопроводную воду. Такую воду допускается применять без ограничений и без проверки её свойств.

7 Указания к выполнению лабораторной работы

7.1 Работа выполняется в течение одного занятия по звеньям.

Преподаватель выдаёт студентам результаты испытаний сырьевых материалов для тяжёлых и лёгких бетонов.

Студенты, руководствуясь данными, изложенными в настоящих методических указаниях, должны оценить соответствие материалов установленным требованиям и определить области их возможного применения. Полученные результаты заносятся студентами в журналы лабораторных работ.

Список использованных источников

1. ГОСТ 310.3-76 Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объёма.
2. ГОСТ 4013-82 Камень гипсовый и гипсоангидритовый для производства вяжущих материалов. Технические условия.
3. ГОСТ 5578-94 Щебень из доменного шлака для бетона. Технические условия.
4. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия
5. ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.
6. ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ. Технические условия.
7. ГОСТ 9757-90 Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия.
8. ГОСТ 9758-2012 Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний.
9. ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.
10. ГОСТ 10832-2009 Песок и щебень перлитовые вспученные. Технические условия.
11. ГОСТ 12865-67 Вермикулит вспученный.
12. ГОСТ 22263-76 Щебень и песок из пористых горных пород. Технические условия.
13. ГОСТ 22266-94 Цементы сульфатостойкие. Технические условия.
14. ГОСТ 23732-2011 Вода для бетонов и растворов. Технические условия.

15. ГОСТ 23735-79 Смеси песчано-гравийные для строительных работ. Технические условия.

16. ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общитехнические требования.

17. ГОСТ 25592-91 Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия.

18. ГОСТ 25820-2000 Бетоны лёгкие. Технические условия.

19. ГОСТ 26633-2012 Бетоны тяжёлые и мелкозернистые. Технические условия.

20. ГОСТ 26644-85 Щебень и песок из шлаков тепловых электростанций для бетона. Технические условия.

21. ГОСТ 31108-2003 Цементы общестроительные. Технические условия.

22. ГОСТ 31424-2010 Материалы строительные нерудные из отсеков дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия.

23. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона (ОНТП 07-85)/Минстройматериалов СССР.–М., 1986.–51 с.

24. СП 82-101-98 Приготовление и применение растворов строительных.

25. Кайсер Л.А., Чехова Р.С. Цементы и их рациональное использование при производстве сборных железобетонных изделий.–М.: Стройиздат, 1972.– 81 с.

26. Рекомендации по тепловой обработке тяжёлого бетона с учётом активности цемента при пропаривании.–М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1984.–20 с.

Исаев Андрей Владимирович

Технические требования и выбор материалов

для тяжёлых и лёгких бетонов

**Методические указания к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Технология бетона, строительных изделий и
конструкций» студентами всех форм обучения**

Подписано в печать _____. Формат 60×90 1/16. Бумага газетная. Печать офсетная.

Уч. изд. л. 2,1. Усл. печ. л. 2,9. Тираж 150 экз. Заказ № _____.

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет.

603950, Н.Новгород, Ильинская ул., 65.

Полиграфцентр ННГАСУ. 603950, Н.Новгород, Ильинская ул., 65.