

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра технологии бетона и строительных материалов

Методические указания

к лабораторным работам по курсу
«Заполнители бетона» для студентов специальности
**70 01 01 «Производство строительных изделий
и конструкций»**

Брест 2004

УДК 691327

В методических указаниях изложены методы определения основных параметров заполнителей, их влияние на свойства бетонной смеси и бетона, приведены нормативные данные для оценки качества заполнителей.

Таблиц 25, библиографических названий 15.

Составители: В.Н. Плосконосов, доцент, к.т.н.,
Г.В. Сырица, доцент, к.т.н.

Рецензент: Н.С. Щербач, зам. директора РУНИП Сервис УП «Белстройлицензия».

ВВЕДЕНИЕ

В основу проводимых студентами лабораторных работ положено требование по приобретению ими навыков испытания заполнителей для бетонов и растворов и умению оценить их качество.

Целью лабораторных работ является:

- овладение и закрепление студентами теоретических знаний по соответствующим разделам курса "Заполнители бетона";
- приобретение самостоятельных навыков постановки и проведения экспериментов и научных исследований;
- анализ и обобщение результатов выполненных исследований.

При составлении методических указаний также ставилась задача наряду с приобретением студентами практических знаний привить навыки научного поиска, научить студентов систематизировать и оценивать результаты опытов, теоретически их обосновывать для практического применения.

1.0 Общие указания по организации и проведению лабораторных работ

Лабораторные работы проводятся по подгруппам из 10-15 студентов, которые, в свою очередь, делятся на 2-3 звена. Каждое звено получает индивидуальное задание, при выполнении которых результаты всех опытов обобщаются для оформления общих выводов и рекомендаций по лабораторной работе.

Отчет о лабораторной работе составляется и защищается каждым студентом индивидуально. Отчет должен содержать следующие разделы:

- краткий литературный обзор по теме исследований;
- индивидуальное задание;
- описание методики исследования и хода работы;
- анализ результатов (таблицы, графики, частные выводы по результатам, полученных звеньями);
- общие выводы и рекомендации по результатам выполненной работы в соответствии с поставленной целью и действующими стандартами.

2.0 Классификация и основные свойства заполнителей

Заполнители - природные или искусственные материалы определенного зернового состава, которые в рационально подобранной смеси с вяжущим и водой образуют бетон.

Заполнители занимают в бетоне до 80% объема и оказывают влияние на его свойства: прочность, долговечность, деформативность, плотность, теплопроводность, стоимость и др.

По способу получения заполнители делятся на две группы:

- природные (естественные) заполнители, получаемые непосредственно в карьерах путем сортировки и фракционирования природных гравийно-песчаных смесей, а также путем дробления и сортировки изверженных, осадочных или метаморфических горных пород;
- искусственные заполнители, к ним также относятся отходы и побочные продукты промышленности, пригодные к применению непосредственно или после несложной, только механической (дробление, рассев) обработки (например, золы, топливные шлаки, отходы от переработки древесины и др.). Искусственные заполнители могут быть также получены путем специальной обработки промышленных отходов (например, зольный гравий, шлаковая пемза) или получаемые из природного сырья путем вспучивания или спекания, обжига (например, керамзит, аглопорит, шунгизит, вермикулит и др.)

По величине зерен заполнители подразделяют на мелкие и крупные. Мелкий заполнитель - песок с размером зерен до 5 мм. Крупный заполнитель - гравий или щебень с размером зерен более 5 мм. Гравий содержит зерна окатанной формы и образуется в результате естественного разрушения горных пород. Щебень получается путем дробления горных пород, гравия или искусственных камней.

По назначению заполнители подразделяют в зависимости от вида бетона: тяжелого, легкого, декоративного, жаростойкого, кислотостойкого, для защиты от радиации и др.

Качество заполнителей характеризуется комплексом физических, механических и других показателей, которые могут быть подразделены на три группы:

I группа, которую характеризуют форма зерен, характер их поверхности, крупность, зерновой состав, объем межзерновых пустот, удельная поверхность;

II группа, которую характеризуют плотность материала зерен, насыпную плотность, прочность, морозостойкость, сопротивление истиранию, ударную прочность;

III группа, которую характеризуют степень однородности, содержание вредных и загрязняющих примесей, слабых и нестойких включений и пр.

Испытание заполнителей в соответствии с требованиями действующих стандартов дает возможность оценить их качество и пригодность для применения в бетонах и растворах, сравнить результаты испытаний разных партий или видов заполнителей.

Поскольку стоимость заполнителей достигает 30-50%, а иногда и более, стоимости бетонных и железобетонных конструкций, то правильный выбор заполнителей и их рациональное применение имеют большое значение для получения экономичных бетонов с требуемыми свойствами.

3.0 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЕСКОВ»

Песок представляет собой механическую смесь минеральных частиц и зерен различных горных пород с размерами до 5 мм.

Пески природные, из отсевов дробления и дробленые могут быть обогащенными с улучшением качества путем изменения зернового состава, удаления пылевидных и глинистых частиц, а также фракционированными - разделенными, например, на две фракции по граничному зерну, соответствующему размерам отверстий контрольных сит 125 или 0,63 мм.

Пески используют в качестве мелкого заполнителя в бетонах, заполнителя для мелкозернистых и силикатных (автоклавных бетонов), а также различных растворов.

Цель работы: определить показатели качества и характеристики песков, и сопоставить их с требованиями стандарта; рекомендовать пески для рационального применения в бетонах и растворах определенных составов.

3.1 Содержание работы

Для оценки качества песков рекомендуется провести испытание нескольких видов (например: природные различной крупности, дробленые, из отсевов дробления, смеси природных и дробленые) в соответствии с ГОСТ 8736-93 "Песок для строительных работ. Технические условия".

Каждое звено получает индивидуальное задание по испытанию песка одного из видов. В работе определяются следующие качественные и технологические характеристики песка:

- зерновой состав и модуль крупности;
- содержание пылевидных и глинистых частиц, глины в комках; содержания органических примесей;
- средняя плотность зерен (истинная плотность песка);
- насыпная плотность;
- пустотность (объем межзерновых пустот);
- водопоглощение в растворе

Испытание песка выполняется в соответствии с ГОСТ 8735-88 "Песок для строительных работ. Методы испытаний".

3.2 Технические требования на песок для строительных работ

Песок в зависимости от значений нормируемых показателей качества (зернового состава, содержания пылевидных и глинистых частиц, глины в комках) подразделяют на три класса.

В зависимости от зернового состава песок подразделяют на группы по крупности:

Высшего класса - повышенной крупности, крупный и средний;

I класса - очень крупный (песок из отсевов дробления), повышенной крупности, крупный, средний и мелкий;

II класса - очень крупный (песок из отсевов дробления), повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий, тонкий и очень тонкий.

Каждую группу песка характеризуют значением модуля крупности и полным остатком песка на сите с сеткой №063, в соответствии со значениями, указанными в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Группа песка	Модуль крупности, M_k	Полный остаток на сите 063, % по массе
Очень крупный	св. 3,5	св. 75
Повышен. 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	не нормируется

Примечание: По согласованию предприятия-изготовителя с потребителем в песке класса II допускается отклонение полного остатка на сите 063 от вышеуказанных, но не более чем на $\pm 5\%$.

В зависимости от группы песка, содержания зерен крупностью свыше 10, 5 и менее 0,16 мм песок делится на три класса (табл.3.2).

Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц, а также глины в комках не должно превышать значений, указанных в таблице 3.3.

Таблица 3.2

Класс и группа песка	Содержание зерен крупностью не более 16% по массе		
	св. 10 мм	св. 5 мм	менее 0,16 мм
Высший класс Повышенной крупности, крупный и средний	не допуск.	3	3
I класс Повышенной крупности, крупный и средний	0,5	5	5
Мелкий	0,5	5	10
II класс Очень крупный и повышенной крупности	5	20	10
Крупный и средний	5	15	15
Мелкий и очень мелкий	0,5	10	20
Тонкий и очень тонкий	не допуск	не допуск	не допуск

Таблица 3.3

Класс и группа песка	Содержание в песке не более (% по массе)			
	Пылевидных и глинистых частиц		Глины в комках	
	в песке природн.	в песке из отсевов дробления	в песке природн.	в песке из отсевов дробления
I класс	2	3	4	5
Высший класс Повышенной крупности, крупный и средний	1	-	не допуск.	-
I класс Очень крупный	-	3	-	0,35
Повышенной крупности, крупный и средний	3	10	0,5	2
Мелкий и очень мелкий	5	10	0,5	2
Тонкий и очень тонкий	10	не нормир.	1,0	ОД*

Примечание: В очень мелком природном песке класса 11 по согласованию с потребителем допускается содержание пылевидных и глинистых частиц до 7% по массе.
*) Для песков, получаемых при обогащении руд черных и цветных металлов и неметаллических ископаемых других отраслей промышленности.

Пески из отсевов дробления в зависимости от прочности горной породы и гравия разделяют на марки. Изверженные и метаморфические горные породы должны иметь предел прочности при сжатии не менее 60 МПа, осадочные горные породы - не менее 40 МПа.

Марка песка из отсевов дробления по прочности должна соответствовать указанной в таблице 3.4.

Таблица 3.4

Марка по прочности песка из отсевов дробления	Предел прочности при сжатии горной породы в насыщенном водой состоянии, МПа не менее	Марка гравия по дробимости в цилиндре
1400	140	-
1200	120	-
1000	100	Др3
800	80	Др12
600	60	Др16
400	40	Др24

Примечание: Допускается, по согласованию изготовителя с потребителем, поставка песка класса II из осадочных горных пород с пределом прочности на сжатие менее 40 МПа, но не менее 20 МПа.

Песок, предназначенный для применения в качестве заполнителя для бетонов, должен обладать стойкостью к химическому воздействию щелочей цемента.

Предприятие - изготовитель должно сообщать потребителю следующие характеристики, установленные геологической разведкой:

- минерало-петрографический состав с указанием пород и минералов, относимых к вредным компонентам и примесям;
- пустотность
- содержание органических примесей;
- истинную плотность.

Природный песок при обработке раствором гидроксида натрия (колориметрическая проба на органические примеси по ГОСТ 8735) не должен придавать раствору окраску, соответствующую или темнее цвета эталона.

Песку должна быть дана радиационно-гигиеническая оценка, по результатам которой устанавливают область его применения. Песок в зависимости от значений удельной эффективной активности естественных радионуклидов Аэфф применяют:

- при Аэфф до 370 Бк.кг - во вновь строящихся жилых и общественных зданиях;
- при Аэфф 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 Аэфф свыше 740 до 2800 Бк.кг - в дорожном строительстве вне населенных пунктов (на территории РБ - не свыше 1350 Бк.кг).

Удельную эффективную активность естественных радионуклидов в песке определяют по ГОСТ 30108.

4.0 Методы испытаний песка для строительных работ

Песок испытывается в соответствии с ГОСТ 8735-88 (Ст СЭВ 6317-88) "Песок для строительных работ. Методы испытания".

Пробы песка взвешивают с погрешностью 0,1% массы, если в стандарте не даны другие указания.

Пробы взвешивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ до тех пор, пока разница между результатами двух взвешиваний будет не более 0,1% массы. Каждое последующее взвешивание производят после высушивания не менее 1 ч и охлаждения не менее 45 мин.

Результаты испытаний рассчитывают с точностью до второго знака после запятой.

Аппаратура:

Весы по ГОСТ 23711 или ГОСТ24104, обеспечивающие погрешность взвешивания не более 0,1%; шкаф сушильный; секундомер по ГОСТ 5072 - 79;

Стандартный набор сит для песка с круглыми отверстиями диаметром 10; 5 и 2,5 мм и сита проволочные со стандартными квадратными ячейками № 1,25; 0,63; 0,315; 0,16; 0,05.

4.1 Определение зернового состава и модуля крупности песка

Зерновой состав определяется распределением зерен песка по фракциям. Высушенную до постоянной массы пробу песка (2 кг) просеивают через сита с круглыми отверстиями диаметром 10 и 5 мм для определения засоренности песка зернами гравия и щебня.

Остатки на ситах взвешивают и вычисляют содержание в песке фракций гравия с размером 5-10 мм (Гр.5) и свыше 10 мм (Гр. 10) в процентах по массе по формулам:

$$Гр.5 = \frac{M5}{M} \cdot 100, \quad Гр10 = \frac{M10}{M} \cdot 100$$

где M5 и M10 - остатки на ситах с отверстиями диаметром соответственно 5 и 10 мм, г;
M - масса пробы, г.

Из пробы песка, прошедшего через сито 5 мм отбирают навеску массой 1000 г и просеивают её сквозь набор сит 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 и 0,16 мм. Продолжительность просеивания должна быть такой, чтобы при контрольном интенсивном ручном встряхивании каждого сита в течение 1 мин через него проходило не более 0,1 % общей массы просеиваемой навески.

По результатам просеивания вычисляют:

А) частные остатки на каждом сите "а" в процентах по формуле

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100$$

где m_i - масса остатка на данном сите

m - масса просеиваемой навески, г;

Б) полный остаток на каждом сите "А" в процентах по формуле:

$$A = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i$$

где $a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i$ - частные остатки на ситах с большим размером отверстий, начиная с сита 2,5 мм, 1,25 мм и т.д., %;

a_i - частный остаток на данном сите, %.

Модуль крупности песка (без фракций размером зерен крупнее 5 мм) определяется по формуле:

$$100$$

где: A2,5; A1,25; A0,63; A0,315; и A0,16 - полные остатки на соответствующих контрольных ситах.

Сумма полных остатков в вышеприведенной формуле может быть вычислена также по значениям величин частных остатков:

$$\sum A = 5 \cdot a_{2,5} + 4a_{1,25} + 3a_{0,63} + 2a_{0,315} + a_{0,16}$$

Результаты определения зернового состава записывают в таблицу 4.1 и изображают в виде кривой просеивания.

Таблица 4.1

Остатки на ситах	Размеры сит, мм				Проход сквозь сито 0,16 мм
	2,5	1,25	0,63	0,315	
Частные					
Полные					

Зерновой состав мелкого заполнителя в бетоне с учетом возможного содержания фракций менее 5 мм в крупном заполнителе должен соответствовать пределам, приведенным в таблице 4.2 (ГОСТ 10268-80).

Таблица 4.2

Размер отверстий сит	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	менее 0,16
Полные остатки на ситах, % по массе	0	0-20	5-45	20-70	35-90	90-100	10-0

Модуль крупности песка $M_{кр}$ должен находиться в пределах 1,50...3,25, причем для бетонов с прочностью 20 МПа и выше $M_{кр}$ должен быть не менее 2, а с прочностью 35 МПа и выше - не менее 2,50.

4.2 Определение содержания пылевидных и глинистых частиц

Аппаратура:

Весы настольные циферблатные по ГОСТ29329 или лабораторные по ГОСТ 24104, цилиндрическое ведро высотой не менее 600 мм с сифоном, шкаф сушильный, противень, сита с сетками № 1,25 и 0,05.

Для определения содержания пылевидных и глинистых частиц используют методы: отмывания, пипеточный метод, метод мокрого просеивания и др.

При методе мокрого просеивания содержание пылевидных и глинистых частиц в песке определяют путем процеживания через сито суспензии и определения разности в массе пробы до и после испытания.

Высушенную до постоянной массы пробу песка массой не менее 5 кг помещают в сосуд и заливают водой так, чтобы она покрывала пробу. Содержимое сосуда интенсивно перемешивают для того, чтобы пылевидные и глинистые частицы образовали суспензию.

Полученную суспензию осторожно сливают с помощью сифона на набор сит с сетками № 1,25 и 0,05 мм. Процесс повторяют до тех пор, пока вода не станет прозрачной. После этого песок, находящийся в сосуде для промывки, соединяют с частицами, оставшимися на обеих ситах и высушивают на противне в сушильном шкафу.

Содержание в песке пылевидных и глинистых, частиц $P_{отм}$, % по массе определяют с точностью до 0,1% по формуле:

$$P_{отм} = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 \%$$

где m - масса пробы до отмывки, г;

m_1 - масса пробы после промывки, г.

4.3 Определение наличия органических примесей

Наличие органических примесей (гумусовых веществ) определяют сравнением окраски щелочного раствора над пробой песка с окраской эталона.

Аппаратура, реактивы и растворы.

Весы по ГОСТ 23711-79 или ГОСТ 24104-80;

Фотоколориметр ФЭК-56М.

Цилиндры стеклянные вместимостью 250 мл из прозрачного бесцветного стекла с внутренним диаметром 36-40 мм по ГОСТ 1770-74.

Баня водяная.

Натрия гидроксид по ГОСТ 4328-77 3%, 3%-ный раствор.

Танин, 2%-ный раствор в 1%-ном этаноле.

Содержание органических примесей в песке определяется при помощи колориметрической (цветной) пробы. Песок объемом 130 см³ заливают 3%-ным раствором едкого натра до уровня 200 мл и после перемешивания оставляют в покое на 24 ч. В зависимости от содержания органических примесей раствор окрашивается в темный или коричневатый цвет. Этот цвет сравнивается с цветом специально приготовленного эталона (ГОСТ 8735-85). Песок признается пригодным для бетона, если окраска раствора над песком оказывается не темнее светло-желтого эталона. Эталон представляет собой 2%-ный раствор танина в 1%-ном растворе этилового спирта. Полученный раствор берут в количестве 5 мл на 195 мл 3%-го раствора едкого натрия. Полученную смесь наливают в мерный цилиндр емкостью 250 мл и оставляют на 24 ч. В свежеприготовленном виде эталонный раствор имеет цвет крепкого чая.

Если колориметрическая проба покажет присутствие органических примесей выше эталона, то из раствора состава 1;3 (по массе) и В/Ц менее 0,6 изготавливают шесть образцов на исследуемом песке и шесть - на песке, показавшем окраску светлее эталона. Песок считается пригодным при уменьшении прочности раствора в возрасте 7 суток не более, чем на 15% и в возрасте 28 суток - не более чем на 5%.

4.4 Определение истинной плотности песка (ускоренный метод)

Аппаратура.

Весы лабораторные 2 или 3 класса точности; шкаф сушильный; прибор Ле-Шателье; сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм.

Просеянный сквозь сито с размером отверстий 5 мм и высушенный до постоянной массы песок охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над крепкой серной кислотой или над безводным хлористым кальцием.

Для определения плотности песка берут две навески массой до 75 г каждая.

Прибор Ле-Шателье наполняют водой до нижней нулевой отметки (по нижнему мениску) и его помещают в стеклянный сосуд с водой, имеющей температуру 20 °С. Каждую навеску песка через воронку прибора всыпают небольшими порциями до тех пор, пока уровень жидкости в приборе не поднимется до риски с делением 20 мл (или другим делением в пикнометре).

Для удаления пузырьков воздуха прибор поворачивают несколько раз вокруг его вертикальной оси.

Остаток песка, не вошедший в прибор, взвешивают; все взвешивания производят с точностью до 0,01 г.

Среднюю плотность зерен песка в г/см³ вычисляют по формуле:

$$\rho_n = \frac{m - m_1}{V},$$

где m - масса остатка песка, г;

m_1 - масса остатка песка, г;

V - объем воды, вытесненной песком, см³.

Расхождение между результатами двух определений плотности не должно быть более 0,02 г/см³. В случаях больших расхождений проводят третье определение и вычисляют среднее арифметическое двух ближайших значений.

4.5 Определение насыпной плотности песка в уплотненном состоянии

Используется прибор, состоящий из стандартной воронки, задвижки и мерного цилиндра на 1000 см³. В воронку засыпают предварительно высушенный и просеянный сквозь сито 5 мм песок. Затем открывают задвижку и заполняют мерный цилиндр с избытком. Закрывают задвижку и избыток срезают металлической линейкой после чего цилиндр с песком взвешивают с погрешностью не более 0,1% по массе. Среднюю (из двух определений) насыпную плотность песка ρ_n^n в кг/м³ вычисляют по формуле:

$$\rho_n^n = \frac{m - m_1}{V},$$

где m - масса мерного сосуда, кг;
 m_1 - масса мерного сосуда с песком, кг;
 V - объем сосуда, м³.

4.6 Определение пустотности песка

Пустотность песка (V_n) в процентах по объему вычисляют по формуле:

$$V_n = \left(1 - \frac{\rho_n^n}{\rho_n \cdot 1000} \right) \cdot 100,$$

где ρ_n - истинная плотность песка, г/см³;
 ρ_n^n - средняя насыпная плотность песка, кг/м³.

4.7 Определение водопотребности песка (в растворе)

Сначала определяют распылв цементного раствора при (В/Ц)_ц, соответствующей её нормальной густоте. Для этого 900 г цемент перемешивают с водой в течение 5 мин и определяют распылв конуса на встряхивающем столике по стандартной методике (ГОСТ 310.4-81). Распылв конуса после 30 встряхиваний должен составлять 170 мм.

Затем подбирают (В/Ц)_р, при котором раствор состава 1 :2 (по массе) на испытываемом песке также имеет распылв конуса 170 мм. Для этого 300 г цемента и 600 г песка перемешивают в течение 1 мин всухую и 5 мин с водой, после чего по стандартной методике определяют распылв конуса на встряхивающем столике.

По результатам определений строят график зависимости распылва конуса от водоцементного отношения (В/Ц)_р, по которому определяют (В/Ц)_р, соответствующее распылву конуса 170 мм.

Водопотребность песка V_p в процентах вычисляют по формуле

$$V_p = \frac{(B/C)_r - (B/C)_c}{2} \cdot 100$$

Результаты всех испытаний, выполненных в лабораторной работе, по определению качества песка сводятся в таблицу 4.3.

Таблица 4.3

Номер зерна	Испытываемый песок (вид)	Модуль крупности мкр	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	Средняя плотность		Пустотность, %	Водопотребность, %	Примечание
				г/см ³	кг/м ³			
1	2	3	4	5	6	7	8	9

В заключении делаются выводы о пригодности испытываемых песков для применения их в бетонах и растворах, дается сравнительная оценка песков и рекомендации по улучшению их качества.

5.0 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА "ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЩЕБНЯ И ГРАВИЯ ИЗ ПЛОТНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД"

Щебень получают дроблением до определенной крупности каменных горных пород (изверженных, осадочных, метаморфических) с плотностью от 2,0 до 3,0 г/см³; а также дроблением гравия и валунов, попутно добываемых вскрышных пород и некондиционных отходов горных предприятий по переработке руд с последующим рассевом продуктов дробления.

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

Цель работы: определение показателей качества крупного заполнителя для бетона, сопоставление их с требованиями ГОСТ 8267-93 "Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия", выработка рекомендаций для применения крупного заполнителя в бетоне с учетом его назначения и параметров.

5.1 Содержание работы

Испытание крупного заполнителя для тяжелого бетона проводится методами ГОСТ 8269.0-97 "Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний".

Каждое звено получает индивидуальное задание на испытание одного вида заполнителя (щебень, гравий) или вариантов зернового состава.

В работе определяют следующие показатели качества заполнителей: -зерновой состав; -форму зерен (содержание зерен пластинчатой и игольчатой формы); - дробимость; -содержание зерен слабых пород; -содержание лывевидных и глинистых частиц; - среднюю плотность зерен; -насыпную плотность заполнителя; - пустотность.

5.2 Технические требования к щебню и гравиям из плотных горных пород для строительных работ

Щебень и гравий выпускают в виде следующих основных фракций: от 5(3) до 10 мм, свыше 10 до 15 мм, свыше 10 до 20 мм, свыше 15 до 20 мм; свыше 20 до 40 мм, свыше 40 до 80 (70) мм и смеси фракций от 5(3) до 20 мм.

По согласованию с потребителем выпускают щебень и гравий в виде других смесей, составленных из отдельных фракций, а также фракций от 80(70) до 120 мм, свыше 120 до 150 мм.

Полные остатки на контрольных ситах при севе щебня и гравия должны соответствовать указанным в таблице 5.1.

Таблица 5.1

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 80	до 10	до 0,5

Примечание: 1. Для щебня и гравия фракции от 5(3) до 10 мм и смеси фракций от 5(3) до 20 мм применяют дополнительно нижние сита 2,5 (1,25) мм, полный остаток на которых должен быть от 95 до 100% по массе. 2. По согласованию с потребителем допускается изготавливать щебень и гравий с полным остатком на сите 0,5 (d+D) от 30 до 80% по массе.

Форму зерен щебня и гравия характеризуют содержанием зерен пластинчатой (лепестчатой) и игольчатой формы в соответствии с данными таблицы 5.2.

Таблица 5.2

Группа щебня	Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы, %
1	до 10 включительно
2	свыше 10 до 15 "
3	" 15 до 25 "
4	" 25 до 35 "
5	" 35 до 50 "

Примечание: По согласованию с потребителем допускается выпуск щебня из изверженных горных пород, содержащего свыше 50%, но не более 65% пластинчатых и игловатых зерен.

Прочность щебня и гравия характеризуется маркой, определяемой по дробимости щебня (гравия при сжатии (раздавливании) в цилиндре).

Марки по дробимости щебня из осадочных и метаморфических пород должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 5.3; а из изверженных пород - в таблице 5.4.

Таблица 5.3

Марка по дробимости щебня из осадочных метаморфических пород	Потеря массы при испытании щебня, %	
	в сухом состоянии	в водонасыщенном состоянии
1200	до 11 включит.	до 11 включит.
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

Таблица 5.4

Марка по дробимости щебня из изверженных пород	Потеря массы при испытании щебня, %	
	из интрузивных пород	из 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

Допускается определять марку щебня из осадочных и метаморфических горных пород как в сухом, так и в насыщенном водой состоянии. При несовпадении марок по дробимости оценивают по результатам испытания в насыщенном водой состоянии.

Марки по дробимости щебня из гравия и гравия должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 5.5.

Таблица 5.5

Марка по дробимости щебня из 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

Содержание зерен слабых пород в щебне и гравии в зависимости от вида горной породы и марки по дробимости не должно быть более указанного в таблице 5.6.

Таблица 5.6

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

Содержание пылевидных и глинистых частиц не должно превышать показателей, приведенных в таблице 5.7.

Таблица 5.7.

Вид породы и марка по дробимости щебня и гравия	Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе
1	2
Щебень из изверженных и метаморфических пород марок: свыше 800	1
свыше 600 до 800 включительно	1
Щебень из осадочных горных пород марок: от 600 до 1200 включительно	2
200, 400	3
Щебень из гравия и валунов и гравий марок: 1000, 800	1
600	2
400	3

Помимо указанных выше вредных примесей в щебне (гравии) нормирует содержание глины в комках, а также значение суммарной удельной эффективности естественных радионуклидов (ГОСТ 8267-93).

5.3 Технические требования к щебню кубовидному из плотных горных пород (СТБ 1311 -2002)

Кубовидный щебень получается путем дробления плотных горных пород на специальных дробильно-сортировочных установках и содержит зерен кубовидной формы не менее 50%, пластинчатых и игловатых зерен - не более 15% по массе. Он получается из горных пород (гранит, диорит, габро и др).

Сорт кубовидного щебня	Содержание зерен кубовидной формы % по массе не менее	Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы % по массе не более	Содержание пылевидных и глинистых частиц % по массе не более
I	65	8	0,5
II	50	15	1,0

Его выпускают в виде следующих основных фракций, мм (по ситам с круглыми отверстиями): от 2,5 до 5; св. 5 до 7,5; св. 5 до 10; св. 7,5 до 12,5; с 10 до 10 до 15; св. 12,5 до 17,5; св. 15 до 20.

Соответствие размеров фракции щебня по ситам с круглыми отверстиям и зерен щебня по ситам с квадратными отверстиями приведено в таблице 5.8

Таблица 5.8

Диаметр отверстия сита с круглыми отверстиями из стандартного набора, мм	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
Соответствующий размер зерен по ситам с квадратными ячейками, мм	2	4	6,3	8	10	12	14	16

Щебень кубовидный, в зависимости от содержания зерен кубовидной, пластинчатой и игольчатой формы, а также содержания пылевидных и глинистых частиц, классифицируют по сортам в соответствии с таблицей 5.9.

Таблица 5.9

Сорт кубовидного щебня	Содержание зерен кубовидной формы % по массе не менее	Содержание зерен пластинчатой и игольчатой формы % по массе не более	Содержание пылевидных и глинистых % по массе не более
I	65	8	0,5
II	50	15	1,0

Пример условного обозначения щебня кубовидного I сорта фракции 5-10 мм: ЩК-1/5-10 СТБ 1311-2002.

Полные остатки на контрольных ситах при рассеве щебня кубовидного (зерновой состав щебня) для каждой фракции должен соответствовать указанному в таблице 5.10.

Таблица 5.10

Фракция щебня, мм	Диаметр отверстия контрольного сита, мм				
	менее d	d	0,5(d+D)	D	более D
от 5 до 7,5 включ.	2,5	5	-	7,5	10
" 5 " 10 "	2,5	5	7,5	10	12,5
" 7,5 " 12,5 "	5	7,5	10	12,5	15
" 10 " 15 "	7,5	10	12,5	15	17,5
" 12,5 " 17,5 "	10	12,5	15	17,5	20
" 15 " 20 "	12,5	15	17,5	20	25
Полный остаток на сите, % по массе	от 95 до 100	от 90 до 100	от 30 до 80	до 10	не допуск.

Примечание: d, и D - наименьший и наибольший диаметры контрольных сит, соответствующие предельным размерам зерен для каждой фракции.

Полные остатки на контрольных ситах при рассеве щебня кубовидного мелкого (от 2,5 до 5 мм) должны соответствовать указанному в таблице 5.11.

Таблица 5.11

Диаметр отверстия Контрольных сит, мм*	1,25	2,5	5	7,5
Полный остаток на Сите, % по массе*	от 98 до 100	от 95 до 100	до 10	не допуск.

Прочность щебня кубовидного характеризуется маркой, определяемой по дробимости щебня при сжатии (раздавливании) в цилиндре, которые приведены в таблице 5.12.

Таблица 5.12

Марка по дробимости	Потеря массы при испытании в сухом состоянии, %
1600	до 9 включительно
1400	свыше 9 до 12включ.
1200	" 12 " 16 "
1000	" 16 " 20 "

5.4 Методы физико-механических испытаний

Щебень из плотных горных пород испытывают в соответствии с ГОСТ 8269.0-97. Пробы взвешивают с погрешностью до 0,1% массы, если в стандарте на конкретные виды испытаний не даны другие указания.

Пробы и навески в воздушно-сухом состоянии высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре (100 ± 5) С до тех пор, пока разница между результатами двух последовательных взвешиваний будет не более 0,1 массы навески. Каждое последующее взвешивание проводят после высушивания в течение не менее 1ч и охлаждения не менее 45 мин.

Результаты испытаний рассчитывают с точностью до второго знака после запятой, если не даны другие указания относительно точности вычисления.

5.4.1 Определение зернового состава

Средства контроля: весы циферблатные по ГОСТ 29329 или лабораторные по ГОСТ 24104, обеспечивающие погрешность взвешивания не более 0,1% массы; шкаф сушильный; сита с круглыми отверстиями, соответствующими номинальным размерам зерен данной фракции: 1,2Д; Д; 0,5(д+Д); 0,5 и 1,25 мм. Для отсева фракций от 5(3) до 20 мм - диаметр 10 мм.

Зерновой состав щебня (гравия) определяют путем отсева на стандартном наборе сит. Из щебня (гравия) испытываемой фракции (или смеси фракций), отобранного по стандартной методике и высушенного до постоянной массы, берут пробу массой 5, 10, 20, 40 кг при наибольшей крупности зерен соответственно 10, 20, 40, свыше 40 мм. И просеивают через стандартный набор сит.

После отсеивания определяют частные и полные остатки на каждом сите и записывают в таблицу 5.13.

Таблица 5.13

Диаметр отверстий контрольных сит, мм	кон-	d=	0,5(d+Д)=	Д=	1,25Д=
Частные остатки на ситах, % по массе					
Полные остатки на ситах, % по массе					

Рассев несортированного щебня (гравия), а также песчано-гравийной смеси производят с применением полного набора стандартных сит: 2,5, 5(3), 7,5; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70(80) мм.

При испытании гравия, загрязненного глиной, рассев производят после предварительной промывки с определением содержания пылевидных и глинистых частиц. Содержание пылевидных и глинистых частиц включают при расчете результатов отсева в массу частиц, проходящих через сито с размером отверстий 1,25 мм.

5.4.2 Определение средней плотности зерен щебня (гравия)

Средняя плотность зерен заполнителя - это отношение массы пробы сухого щебня (гравия) к суммарному объему его зерен. Объем зерен заполнителя определяют по разности результатов взвешивания пробы на воздухе и в воде. Так как при взвешивании в воде возможно её проникание в поры зерен заполнителя, последний должен быть предварительно насыщен водой.

Для определения плотности зерен щебня (гравия) крупностью до 40 мм берут пробу массой около 2,5 кг, высушивают её до постоянной массы, а затем просеивают через сито с размером отверстий, наименьшему размеру зерен данной фракции щебня (гравия). Из остатка на сите берут две навески, до 1000 г каждая, и насыщают их водой комнатной температуры в течение двух часов. При этом уровень воды в сосуде должен быть выше поверхности зерен не менее, чем на 20 мм.

Насыщенную пробу заполнителя вынимают из воды, удаляют влагу с его поверхности влажной тканью и сразу же взвешивают сначала на обычных, а затем на гидростатических весах.

Среднюю плотность в г/см^3 вычисляют по формуле:

$$\rho_k = \frac{m \cdot \rho_w}{m_1 - m_2},$$

где m - масса пробы в сухом состоянии, г;
 m_1 - масса пробы в насыщенном водой состоянии на воздухе, г;
 m_2 - масса пробы в насыщенном водой состоянии в воде, г;
 ρ_w - плотность воды, равная 1 г/см^3 .

Среднюю плотность зерен щебня (гравия) вычисляют как среднее арифметическое результатов определения двух навесок. При этом расхождение между результатами двух определений не должно превышать $0,2 \text{ г/см}^3$. При больших расхождениях производить третье определение и вычисляют среднее арифметическое двух ближайших значений.

5.4.3 Определение средней насыпной плотности щебня (гравия)

Высушенный до постоянной массы заполнитель насыпают в предварительно взвешенный мерный цилиндр с высоты 100 мм до образования конуса, который снимают линейкой вровень с краями (без уплотнения), после этого мерный цилиндр с щебнем (гравием) взвешивают.

Вместимость мерного цилиндра в зависимости от крупности заполнителя должна быть при $D - 10 \text{ мм} - 5 \text{ л}$; $D - 20 \text{ мм} - 10 \text{ л}$ и $D - 40 \text{ мм} - 20 \text{ л}$.

Среднюю насыпную плотность щебня (гравия) вычисляют с точностью до 10 кг/м^3 по формуле:

где m - масса мерного цилиндра, кг;

$$\rho_n = \frac{m_1 - m}{V}$$

m_1 - масса мерного цилиндра со щебнем (гравием), кг;

V - вместимость мерного цилиндра, м^3 .

Определение средней плотности производят два раза, при этом каждый раз берут новую пробу щебня (гравия).

5.4.4 Определение пустотности щебня (гравия)

Пустотность щебня (гравия) определяют на основании предварительно установленных значений средней плотности зерен и средней насыпной плотности щебня (гравия).

Пустотность заполнителя в процентах по объему вычисляют по формуле:

где ρ_n - средняя насыпная плотность щебня (гравия), кг/м^3 ;

$$V_n = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_k \cdot 1000} \right) \cdot 100$$

ρ_k - средняя плотность зерен щебня (гравия), г/см^3 .

5.4.5 Определение содержания пылевидных и глинистых частиц

Аппаратура: весы по ГОСТ 23711 или ГОСТ 24104, обеспечивающие погрешность взвешивания не более 0,1 %; шкаф сушильный; цилиндрическое ведро высотой не менее 300 мм с сифоном или сосуд для отмучивания песка; секундомер по ГОСТ 5072-79.

Содержание пылевидных и глинистых частиц определяют по изменению массы навески щебня (гравия) после отмучивания частиц крупностью до 0,05 мм.

Высушенную до постоянной массы пробы щебня (гравия) массой не менее 5 кг помещают в сосуд и заливают водой так, чтобы высота слоя воды над щебнем была около 200 мм. Щебень выдерживают в воде в течение 2 ч, периодически его перемешивают.

После этого содержимое сосуда снова энергично перемешивают и оставляют в покое на 2 мин., затем сливают полученную при промывке воду со взвешенными в ней пылевидными и глинистыми частицами, оставляя слой воды над щебнем не менее 30 мм. Снова доливают воду до первоначального уровня (200 мм), перемешивают, оставляют на 2 мин и снова сливают. Так поступают до тех пор, пока вода не будет оставаться чистой и прозрачной. Тогда воду сливают, а щебень высушивают при температуре 105-110 С и взвешивают.

Содержание в щебне (гравии) отмучиваемых пылевидных частиц ($P_{\text{отм}}$) в процентах по массе вычисляют по формуле:

$$P_{\text{отм}} = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 \cdot$$

где m - масса высушенной навески до отмучивания, г;
 m_1 - масса высушенной навески после отмучивания г.

5.4.6 Определение содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы

Из лабораторной пробы от каждой фракции испытываемого щебня (гравия) берут аналитические пробы массой (г) не менее:

0,25 - для щебня размером фракции, мм от	5(3) до 10;
1,0 то же	св. 10 до 20;
5,0 " "	" 20 " 40;
10,0 " "	" 40.

Средства контроля: весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329 или лабораторные по ГОСТ 29104; штангенциркуль по ГОСТ 166; сита из стандартного набора.

Аналитическую пробу взвешивают и из неё отбирают зерна, толщина которых меньше длины в три раза и более.

Соотношение размеров зерен определяют при помощи передвижного шаблона или штангенциркуля.

Зерна пластинчатой и игловатой формы взвешивают и определяют их содержание в % от исходной пробы по формуле:

$$P_{\text{зи}} = \frac{m_1}{m} \cdot 100 \cdot$$

где m_1 - масса аналитической пробы, г;
 m - масса зерен пластинчатой и игловатой формы, г.

5.4.7 Определение дробимости

Средства контроля: пресс гидравлический с максимальным усилием до 500 кН, цилиндры стальные с внутренним диаметром и высотой 75 и 150 мм со съёмным дном и плунжером, весы настольные по ГОСТ 29329 или лабораторные по ГОСТ 29104, сита из стандартного набора, шкаф сушильный, сосуд для насыщения щебня водой.

Дробимость щебня (гравия) определяют по степени разрушения зерен при сжатии (раздавливании) в цилиндре.

При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси двух или более смежных фракций, исходный материал рассеивают на стандартные фракции и каждую фракцию испытывают отдельно. От каждой фракции отбирают две аналитические пробы массой не менее 0,5 кг каждая при испытании в цилиндре диаметром 75 мм и не менее 4 кг - при испытании в цилиндре диаметром 150 мм. Щебень (гравий) допускается испытывать как в сухом, так и в насыщенном водой состоянии.

Цилиндр диаметром 150 мм применяют при определении марки щебня (гравия), диаметром 75 мм - для приемочного контроля качества щебня (гравия) фракций 5-10 и 10-20 мм.

Пробу щебня (гравия) насыпают в цилиндр с высоты 50 мм так, чтобы после выравнивания верхний уровень материала примерно на 15 мм не доходил до верхнего края цилиндра. Затем в цилиндр вставляют пуансон, при этом плита пуансона должна быть на уровне верхнего края цилиндра.

При испытании на гидравлическом прессе нагрузку доводят до 50 кН (5 тс) со скоростью 1-2 кН (100-200 кгс) в секунду для цилиндра диаметром 75 мм и 200 кН (20 тс) - для цилиндра диаметром 150 мм.

После сжатия пробу взвешивают и просеивают через сито размер отверстия которого для фракции 5-10 - 1,25 мм, для фракции 10-20 мм - 2,5 мм и для фракции 20-40 мм - 5 мм.

Остаток щебня (гравия) на сите взвешивают и определяют показатель дробимости D_p с точностью до 1% по формуле:

$$D_p = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 ,$$

где: m_1 - испытываемая навеска щебня (гравия), г;

m - масса остатка на контрольном сите после просеивания раздробленной в цилиндре пробы материала, г.

За результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний.

5.4.8 Определение содержания зерен слабых пород в щебне (гравии) и слабых разновидностей в горной породе

Средства контроля: весы циферблатные по ГОСТ 29329 или лабораторные - по ГОСТ 24104; шкаф сушильный; сита из стандартного набора; лупа минералогическая; игла стальная по ГОСТ 8030; молоток столярный типа МСТ-3 по ГОСТ 11042.

Определение содержания в щебне (гравии) зерен слабых пород определяют путем их выделения по характерным признакам.

От каждой фракции щебня (гравия) берут аналитическую пробу как при отборе пробы при определении пластинчатых и игловатых зерен (0,25... 10 кг) и высушивают до постоянной массы. Затем проводят разборку пробы каждой фракции щебня (гравия), выделяя зерна слабых пород с пределом прочности при сжатии в насыщенном водой состоянии менее 20 Мпа (200 кгс/см²).

При выделении зерен слабых пород руководствуются следующими отличительными принципами: зерна слабых пород легко разламываются руками и разрушаются легкими ударами молотка. При царапании иглой по поверхности зерна остаётся след (на поверхности зерен изверженных и метаморфических пород оставляет след стальная игла). Слабые зерна карбонатных пород обычно имеют окатанную форму.

В целях уточнения - допускается использование механического индикатора прочности камня типа Т - 3.

Выделенные из пробы зерна слабых пород взвешивают и определяют их содержание $X_{св}$, %, по формуле:

$$X_{св} = \frac{m_2}{m} \cdot 100 ,$$

где m_1 - масса аналитической пробы, г;

m - масса зерен слабых пород, г.

Результаты всех выполненных определений качественных параметров щебня (гравия) сводятся в таблицу 5.14.

Таблица 5.14

Номер бригады (звена)	Вид испытываемого заполнителя	Номинальный размер зерен, мм		Группа по форме зерен	Дробимость (потеря по массе) Др, %
		макс. d	мин. d		
1	2	3	4	5	6

Продолжение таблицы 5.14

Марка по дробимости	Содержание зерен слабых пород, %	Содержание пылевидных и глинистых частиц %	Средняя плотность		Пустотность V_p , %
			зерен	насыпная	
			$\rho, \text{кг/м}^3$	$\rho_n, \text{кг/м}^3$	
7	8	9	10	11	12

В заключении лабораторной работы делаются выводы о рациональности применения испытываемых заполнителей в бетонах, дается сравнительная оценка их качества.

6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОРИСТЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ»

К пористым заполнителям относят сыпучие материалы, плотность зерен которых не превышает 2 г/см^3 , а средняя насыпная плотность - не более 1200 кг/м^3 для крупного заполнителя и 1400 кг/м^3 - для песка.

Пористые заполнители для бетонов по происхождению разделяют на три группы;

1. Природные:

- щебень из пористых горных пород вулканического и осадочного происхождения;
- природный и дробленный пористый песок; материалы из отсевов дробления пористых пород.

2. Из отходов промышленности: - щебень и песок из пористых шлаков;

- грубодисперсные золы-уносы, золо-шлаковые смеси и др.

3. Искусственные специального применения:

- керамзит и его разновидности (зольный гравий, глинозольный керамзит, вспученные аргиллит и трепел), получаемые обжигом со вспучиванием подготовленных гранул из природного сырья, отходов промышленности или их смеси;
- термолит, получаемый при обжиге без вспучивания щебня или подготовленных гранул кремнистых опаловых пород;
- аглопорит, получаемый спеканием при обжиге подготовленных гранул песчано-глинистых пород, а также отходов от добычи, переработки и сжигания ископаемого твердого топлива (золы ТЭС, отходы углеобогащения);
- шлаковая пемза, получаемая поризацией расплава шлаков металлургического и химического производства;
- вспученный перлит, получаемый вспучиванием при обжиге подготовленных зерен из вулканических водосодержащих пород.

6.1 Содержание работы

Студентами проводятся испытания пористых искусственных заполнителей нескольких видов на соответствие требованиям СТБ 1217-2000 "Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия". В работе определяются следующие основные показатели свойств и качества пористых заполнителей по ГОСТ 9758-86 "Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытания":

- насыпная плотность;

- плотность зерен крупного заполнителя;
- истинная плотность;
- объем межзерновых пустот и пористость зерен;
- водопоглощение крупного заполнителя;
- зерновой состав крупного заполнителя;
- прочность крупного заполнителя (сдавливанием в цилиндре);
- коэффициент формы зерен крупного заполнителя;
- содержание расколотых зерен в гравии.

6.2 Технические требования на искусственный пористый гравий, щебень и песок

Гравий, щебень и керамзит щебнеподобный изготавливают следующих фракций: от 5 до 10; от 10 до 20 и от 20 до 40 мм. По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготовление этих заполнителей фракций от 2,5 до 10 мм и смеси фракций от 5 до 20 и для теплоизоляционных засыпок - от 5 до 40 мм.

Каждая из фракций содержит все размеры в интервале, определяемом между минимальным и максимальным значениями размера зерен.

Песок, в зависимости от зернового состава, подразделяют на три группы: первая - для конструкционно-теплоизоляционного бетона; вторая - для конструкционного бетона; третья - для теплоизоляционного бетона.

Зерновой состав пористых заполнителей каждой фракции должен соответствовать указанному в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Диаметр отверстия контрольного сита	d	D	1,25D
Полный остаток на сите, % по массе	от 80 до 100	до 10	не допускается

где D и d - соответственно наибольший и наименьший номинальные диаметры контрольных сит.

В пористом заполнителе фракций от 2,5 до 10 мм и смеси фракций от 5 до 20 мм содержание зерен размером от 5 до 10 мм должно быть от 25 до 50% по массе.

Зерновой состав песка должен соответствовать указанному в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Размер отверстия контрольного сита	Полный остаток на контрольном сите по объему 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	"
Прочод через сито			
0,16	10-30	0-10	"

В зависимости от насыпной плотности пористые заполнители подразделяют на марки, приведенные в таблице 6.3.

Таблица 6.3

Марка по насыпной плотности	Насып. плотность кг/м³	Марка по насыпной плотности	Насып. плотность кг/м³
200	до 200 включ.	550	св.500 до 550
250	св.200 до 250	600	" 550 " 600
300	" 250 " 300	700	" 600 " 700
350	" 300 " 350	800	" 700 " 800
400	" 350 " 400	900	" 800 " 900
450	" 400 " 450	1000	" 900 " 1000
500	" 450 " 500	1100	" 1000 " 1100

Предельные значения по насыпной плотности для различных видов пористых заполнителей должны соответствовать приведенным в таблице 6.4

Таблица 6.4

Наименование материала	Марка по насыпной плотности, кг/м ³	
	минимальная	максимальная
1	2	3
Гравий керамзитовый	200	600
Керамзит щебневидный	400	800
Щебень аглопоритовый	400	900
Песок керамзитовый	500	1000
Песок аглопоритовый	600	1100

Примечание к таблице 6.4: Допускается для приготовления конструкционных легких бетонов классов В20 и выше, изготовление керамзитового гравия по насыпной плотности марок 700 и 800.

В зависимости от прочности, определяемой испытанием в цилиндре пористые заполнители подразделяют на марки по прочности, приведенные в таблице 6.5. Марки по прочности этих материалов в зависимости от марок по насыпной плотности должны соответствовать требованиям таблицы 6.6.

Таблица 6.5

Марка по прочности	Прочность при сдвливании в цилиндре, Мпад		
	керамзитового гравия	керамзита щебнеподобного	аглопоритового щебня
П15	до 0,5 включ.	-	до 0,3 включ.
П25	св. 0,5 до 0,7вкл.	-	св. 0,3 до 0,4 включ.
П35	" 0,7 " 1,0 "	-	" 0,4 " 0,5 "
П50	" 1,0 " 1,5 "	-	" 0,5 " 0,6 "
П75	" 1,5 " 2,0 "	св. 1,5 до 2,0 вкл	" 0,6 " 0,7 "
П100	" 2,0 " 2,5 "	" 2,0 " 2,5 "	" 0,7 " 0,8 "
П125	" 2,5 " 3,3 "	" 2,5 " 3,3 "	" 0,8 " 0,9 "
П150	" 3,3 " 4,5 "	" 3,3 " 4,5 "	" 0,9 " 1,0 "
П200	" 4,5 " 5,5 "	" 4,5 " 5,5 "	" 1,0 " 1,2 "
П250	" 5,5 " 6,5 "	" 5,5 " 6,5 "	" 1,2 " 1,4 "
П300	" 6,5 " 8,0 "	" 6,5 " 8,0 "	" 1,4 " 1,6 "
П350	" 8,0 " 10,0 "	" 8,0 " 10,0 "	" 1,6 "
П400	" 10,0 "	" 10,0 "	" "

Таблица 6.6

Марка по насыпной плотности	Марки по прочности, не менее		
	керамзитового гравия	керамзита щебнеподобного	аглопоритового щебня
1	2	3	4
200	П15	-	-
250	П25	-	-
300	П35	-	-
350	П50	-	-
400	П50	П50	П35

В материалах потеря массы после 15 циклов попеременного замораживания и оттаивания должна быть не более 8%, содержание водорастворимых сернистых и сернокислых соединений не должна превышать 1% по массе, потеря массы при определении стойкости против силикатного распада не должна превышать 8%, потеря массы при кипячении должна быть не более 5% по массе, потеря массы при прокаливании должна быть не более 3% для аглопоритового щебня, 5%-для аглопоритового песка.

7.0 Методы испытания пористых заполнителей

7.1 Определение насыпной плотности

Аппаратура: пикнометр объемом 100 мл, технические весы ГОСТ 24104-80, сушильный шкаф, сита с сеткой 1,25 и 008, эксикатор.

Насыпную плотность определяют взвешиванием массы высушенной пробы заполнителя в мерном сосуде объемом 1, 2, 5 и 10 л для заполнителя с наибольшей крупностью зерен соответственно до 5, 10, 20 и 40 мм.

Испытание проводят по методике, приведенной в лабораторной работе, по щебню и гравию плотных пород с использованием стандартных мерных сосудов и весов для статического взвешивания с ценой деления не более 1 г по ГОСТ 23676.

Насыпную плотность заполнителя вычисляют как среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений с точностью до 10 кг/м³.

7.2 Определение средней плотности зерен крупного заполнителя

Среднюю плотность зерен крупного заполнителя определяют гидростатическим методом по разности массы контейнера с навеской до и после насыщения её водой при взвешивании в воде и на воздухе.

Отбирают пробу заполнителя испытываемой фракции объемом 3 л, высушивают до постоянной массы, отсеивают в течение 1-2 мин на сите с отверстиями 5 мм частицы мельче 5 мм. Испытание выполняется в специальном контейнере на технических весах с приспособлением для гидростатического взвешивания.

Сухой контейнер с крышкой предварительно взвешивают на воздухе, а затем в воде на весах с приспособлением для гидростатического взвешивания. Высушенный контейнер заполняют 1 л пробы заполнителя и взвешивают. Затем контейнер с заполнителем постепенно погружают в сосуд с водой, где он должен находиться в течение 1 ч, причем уровень воды должен быть выше крышки контейнера не менее, чем на 20 мм.

Контейнер с насыщенным водой заполнителем взвешивают на весах с приспособлением для гидростатического взвешивания, вынимают из сосуда с водой, дают в течение 10 мин стечь излишку воды и снова взвешивают на воздухе на технических весах.

Среднюю плотность зерен крупного заполнителя (ρ_k) в г/см³ вычисляют как среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений по формуле:

$$\rho_k = \frac{m_1}{m_2 - m_3} \cdot \rho_w,$$

где m_1 - масса пробы заполнителя, найденная по разности массы контейнера с высушенной пробой и массы контейнера при взвешивании на воздухе, г,

m_2 - масса пробы заполнителя, насыщенного водой, найденная по разности массы контейнера с насыщенной пробой заполнителя и без него при взвешивании на воздухе, г,

m_3 - масса заполнителя в воде, найденная по разности массы контейнера с насыщенной пробой заполнителя и без него при взвешивании в воде, г,

ρ_w - плотность воды (1 г/см³).

7.3 Определение истинной плотности

Истинную плотность (без пор) определяют по объему дистиллированной воды, вытесняемой навеской испытуемого материала из пикнометра емкостью 100 мл при кипячении.

От пробы объемом 1 л дробленого до крупности 5 мм исследуемого заполнителя квартованием отбирают навеску около 200 г.

Затем её измельчают до крупности 1,25 мм и тщательно перемешивают, после чего отвешивают навеску 30 г и в фарфоровой ступке измельчают порошок до полного прохождения через сито с сеткой №008. Порошок высыпают в стаканчик для взвешивания (бюксу), высушивают до постоянной массы, охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над безводным хлористым кальцием (или серной кислотой) и делят пробу на две навески по 15г.

Каждую навеску с помощью воронки высыпают в предварительно взвешенный пикнометр (m_2), после чего взвешивают пикнометр вместе с порошком (m_1). Затем в пикнометр не более чем на 1/2 его объема наливают дистиллированную воду, после чего его ставят на песчаную или водяную баню и кипятят содержимое в течение 15-20 мин с целью удаления из порошка пузырьков воздуха. После этого пикнометр отбирают, охлаждают до комнатной температуры, доливают до метки (риски) дистиллированной водой и взвешивают (m_3).

Затем из пикнометра выливают содержимое, промывают, наливают до метки только дистиллированную воду комнатной температуры, отбирают мягкой тканью и взвешивают (m_4).

Плотность материала заполнителя (ρ) в г/см³ вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{(m_1 - m_2) \cdot \rho_{\text{в}}}{m_1 - m_2 + m_3 - m_4}, \text{ г/см}^3,$$

где m_1 - масса пикнометра с навеской порошка, г;

m_2 - масса пустого пикнометра, г;

m_3 - масса пикнометра с дистиллированной водой, г;

m_4 - масса пикнометра с навеской порошка и дистиллированной водой после удаления пузырьков воздуха, г;

$\rho_{\text{в}}$ - плотность жидкости при 20 С, г/см³, для воды - 1,0.

Истинную плотность заполнителя вычисляют как среднее арифметическое результатов двух определений. Расхождение между результатами не должно быть более 0,05 г/см³.

7.4 Определение средней плотности зерен заполнителя в цементном тесте

Аппаратура: весы по ГОСТ23676-79, сушильный электрошкаф, сита с отверстиями 10, 20, 40 мм, мерный стеклянный цилиндр (1000 мл), виброплощадка.

Навеску высушенного заполнителя ($m_{\text{з}}$) испытываемой фракции, равную по объему 3,5 л, перемешивают на предварительно увлажненном противне с навеской цемента ($m_{\text{ц, кг}}$) в количестве 1,7 кг и кварцевого песка ($m_{\text{п, кг}}$) в количестве 3,4 кг. В полученную смесь постепенно наливают воду до получения малоподвижной бетонной смеси жесткостью 5-10 сек по ГОСТ7473-85. Израсходованное количество воды замеряют ($m_{\text{в, кг}}$).

Перемешанную смесь выдерживают в течение 15 мин, а затем полностью помещают в предварительно взвешенный сосуд емкостью 5 л ($h=186,5$ мм, $d=185$ мм). Смесь и сосуде уплотняют вибрированием в течение 30-60 сек на виброплощадке.

Сосуд с уплотненной смесью взвешивают и определяют массу смеси в сосуде (М,кг) с погрешностью до 10 г и объем смеси в сосуде с погрешностью до 10 мл. Деля массу смеси в сосуде на её объем, вычисляют среднюю плотность бетонной смеси в уплотненном состоянии (ρ , г/см³).

Среднюю плотность зерен крупного заполнителя в цементном тесте ($\rho_{\text{з}}^{\text{нп}}$, г/см³) вычисляют с точностью до 0,1 г/см³ по формуле:

$$\rho_{\kappa}^{ч.м.} = \frac{\rho_{\text{цеи}} \cdot m_{\kappa}}{M - \rho_{\text{цеи}} \cdot \left(\frac{m_{\text{ц}}}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{m_{\text{п.кв}}}{\rho_{\text{п.кв}}} + m_{\text{п}} \right)}$$

где $\rho_{\text{ц}}$ - плотность цемента, принимаемая равной 3,1 г/см³

$\rho_{\text{п.кв}}$ - плотность кварцевого песка, принимаемая равной 2,65 г/см³.

Среднюю плотность зерен заполнителя определяют как среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений.

7.5 Определение объема межзерновых пустот и пористости зерен крупного заполнителя

Определение производят расчетным путем по предварительно установленным средней насыпной плотности заполнителя в сухом состоянии (ρ_n , кг/м³), средней плотности зерен крупного заполнителя (ρ_{κ} , г/см³) и истинной плотности материала заполнителя (ρ , г/см³) по формулам:

$$V_{\text{пост}} = \left(1 - \frac{\rho_n}{1000 \cdot \rho_{\kappa}} \right) \cdot 100 (\%)$$

$$V_{\text{ист}} = \left(1 - \frac{\rho_{\kappa}}{\rho} \right) \cdot 100 (\%)$$

7.6 Определение водопоглощения крупного заполнителя

Пробу заполнителя испытываемой фракции объемом 2,3 или 5 л (в зависимости от крупности заполнителя) высушивают до постоянной массы, делят пополам на две части, взвешивают каждую навеску, укладывают в контейнер, закрывают крышкой и медленно погружают в воду, встряхивая для удаления пузырьков воздуха. Контейнер выдерживают в воде в течение 1 часа, после чего вынимают, подвешивают и дают избыточной воде стечь в течение 10 мин. Далее пробу заполнителя вынимают из контейнера и немедленно взвешивают на технических весах.

Водопоглощение крупного заполнителя ($W_{\text{пост}}$) в процентах по массе вычисляют по формуле:

$$W_{\text{пост}} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100,$$

где m_1 - масса сухой пробы заполнителя, г;

m_2 - масса пробы заполнителя, насыщенного водой, г.

За результат испытания принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений.

Водопоглощение крупного заполнителя ($W_{\text{пост}}$) в процентах по объему вычисляют на основании предварительно установленного значения средней плотности зерен крупного заполнителя по формуле:

$$W_{\text{пост}} = W_{\text{пост}} \cdot \frac{\rho_{\kappa}}{\rho_{\text{в}}},$$

где ρ_{κ} - средняя плотность зерен заполнителя, г/см³;

$\rho_{\text{в}}$ - плотность воды, равная 1 г/см³;

$W_{\text{пост}}$ - водопоглощение крупного заполнителя по массе за 1 час, %.

Водопоглощение заполнителей в течение 1 часа не должно превышать в % по массе:

30	-	для	керамзитового	гравия	марок	до	400;
25	-	"	"	"	"	"	от 450 до 600;
20	-	"	"	"	"	"	свыше 600;
20	-	для	шунгизитового	гравия	марок	до	400;
15	-	"	"	"	"	"	от 450 и выше.

7.7 Определение зернового состава крупного заполнителя

Аппаратура: технические весы по ГОСТ 24104-80, сушильный шкаф, мерные сосуды объемом 1,25 л; сито с отверстиями 5 мм, контейнер для насыщения.

Метод основан на расसेве через набор стандартных сит предварительно высушенной пробы крупного заполнителя или песка.

Пробу заполнителя объемом 2,5, 10, 20 л для фракций 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 мм высушивают до постоянной массы и рассеивают на контрольных ситах соответствующих удвоенному (2D), наибольшему (D) и наименьшему (d) номинальному размеру зерен фракции.

Пробу просеивают небольшими порциями, при этом толщина слоя заполнителя на ситах не должна быть более 1/3 высоты борта сита. Затем подсчитывают сумму частных и полных остатков с точностью до 0,1%. Если сумма всех частных остатков отличается от исходной пробы более чем на 2%, то испытание повторяют на новой пробе заполнителя.

7.8 Определение прочности заполнителя сдавливанием в цилиндре

Аппаратура: гидравлический пресс 50-250 кН, стальной составной цилиндр, весы для статического взвешивания по ГОСТ 23676-79; сушильный шкаф; металлическая линейка.

Прочность заполнителей при сдавливании в цилиндре определяют по нагрузке, соответствующей погружению пуансона на 20 мм в слой испытываемой пробы.

Из высушенной пробы отвешивают навеску, равную по объему 2 л и совком насыпают ее с высоты 100 мм в стальной цилиндр с поддоном так, чтобы после разравнивания металлической линейкой верхний уровень заполнителя доходил до верхнего края цилиндра. Затем на цилиндр надевают приставку и в неё вставляют пуансон. При этом нижняя риска на пуансоне должна совпадать с верхним краем приставки.

Остаток заполнителя, невошедший в цилиндр, взвешивают и по разности масс взятой навески и этого остатка определяют массу заполнителя в цилиндре. Деля полученную массу заполнителя на его объем в цилиндре (1770 см³), определяют насыпную плотность заполнителя в цилиндре.

Если отклонения полученных показателей насыпной плотности от насыпной плотности испытываемой фракции, ранее определенной по стандартной методике, превышают минус 4 - плюс 2% для песка фракции 1,25-2,5 и гравия или щебня фракций 5-10 и 10-20 мм и минус 6 - плюс 1% - для фракций гравия или щебня 20-40 мм, то повторно определяют насыпную плотность в цилиндре на другой навеске заполнителя.

После совпадения насыпной плотности проводят испытание заполнителя на прочность. Для этого цилиндр с пуансоном помещают на подушку гидравлического пресса и сдавливают заполнитель до погружения пуансона на 20 мм (до верхней риски) и отмечают показание стрелки манометра на этот момент. Вдавливание пуансона должно проводиться без перекося со скоростью 0,5-1,0 мм в сек.

Прочность при сдавливании заполнителя в цилиндре ($R_{сд}$) в МПа (кгс/см²) вычисляют по формуле:

$$R_{co} = \frac{P}{F}$$

где P - нагрузка при сдавливании заполнителя, соответствующая погружению пуласона до верхней риски, Н (кгс);

F - площадь поперечного сечения цилиндра, равная 0,0177 м² (177 см²).

Прочность заполнителя отдельной фракции в цилиндре вычисляют как среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений.

7.9 Определение коэффициента формы зерен керамзитового гравия

От пробы испытываемой фракции керамзитового гравия отбирают 1 л и квартованием выделяют 50 зерен.

Определение коэффициента формы зерен проводится с помощью штангенциркуля (ГОСТ 166-80). Для этого с точностью до 1 мм штангенциркулем измеряют наибольший и наименьший размер каждого зерна. Затем для каждого зерна вычисляют коэффициент формы по формуле:

$$K_{\phi} = \frac{D_{\text{наиб}}}{D_{\text{наим}}}$$

где $D_{\text{наиб}}$ и $D_{\text{наим}}$ - соответственно наибольший и наименьший размеры зерна, мм.

Коэффициент формы зерен заполнителя $K_{\phi,з}$ вычисляют по формуле:

$$K_{\phi,з} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{\phi,i}}{n}$$

где $K_{\phi,i}$ - коэффициент формы i-го зерна;

n - количество замеренных зерен.

Далее подсчитывают в процентах количество зерен с коэффициентом формы более 2,5.

Среднее значение коэффициента формы зерен керамзитового гравия не должно быть более 1,5. Число зерен гравия с коэффициентом формы более 2,5 не должно превышать 15%.

Для керамзитового гравия высшей категории качества содержание зерен с коэффициентом формы более 2,5 не допускается.

7.10 Определение содержания расколотых зерен в керамзитовом гравии

Пробу гравия объемом 1-4 л делят пополам и каждую половину взвешивают. Из каждой навески внешним осмотром выделяют расколотые зерна, к которым относят зерна, расколотые пополам и зерна, поверхность которых повреждена (сколото, ободрано) более чем на половину. При этом должны учитываться только те повреждения, которые были нанесены после обжига материала.

Содержание расколотых зерен в пробе M_p с точностью до 1% вычисляют по формуле:

$$M_p = \frac{m_2}{m_1} \cdot 100$$

где m_1 - масса пробы, г;

m_2 - масса расколотых зерен, г.

Содержание расколотых зерен вычисляют как среднее арифметическое результатов испытания двух проб для каждой фракции заполнителя.

Содержание в керамзитовом гравии расколотых зерен не должно превышать, % по массе:

10 - для гравия высшей категории качества;

15 - для гравия первой категории качества.

Результаты всех выполненных определений качественных параметров пористых заполнителей сводятся в таблицу 7.1.

Таблица 7.1

№ п/п	Испытываемый заполнитель	Номинальный размер зерен		Средняя насыпная плотность	Средняя плотность зерен, г/см ³
		D	d		
1	2	3	4	5	6

продолжение таблицы 7.1

Объем межзерновых пустот, %	Подпопощение, % по массе и по объему	Прочность на сдвливание, Мпа	Средняя плотность зерен в цементном тесте, кг/дм ³
7	8	9	10

Литература

1. С.М.Ицкович, Л.Д. Чумаков, Ю.М. Баженов Технология заполнителей бетона.-М."Высшая школа", 1991.
2. С.П.Онацкий Производство керамзита. - М.1987.
3. А.В.Стрельский и др. Оценка качества нерудных строительных материалов. -Л. Стройиздат, 1984.
4. Искусственные пористые заполнители и легкие бетоны на их основе. Справочное пособие (под ред. Ю.П. Горлоза). - М., 1987.

Учебное издание

Составители: Плосконосов Владимир Николаевич
Сырица Галина Васильевна

Методические указания

к лабораторным работам по курсу
“Заполнители бетона” для студентов специальности
70 01 01 “Производство строительных изделий
и конструкций”

Ответственный за выпуск: Плосконосов В.Н.
Редактор: Строкач Т.В.
Компьютерная вёрстка: Боровикова Е.А.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 13.09.2004г. Формат 60x84 1/16. Бумага писчая. Гарнитура Arial Narrow.
Усл. п. л. 1,6. Уч. изд. л. 1,75. Тираж 100 экз. Заказ № 874. Отпечатано на ризографе
Учреждения образования «Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.