МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСТИТЕТ»

Кафедра «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению контрольных работ по дисциплине

«Легкие и ячеистые бетоны»

РАСЧЁТ СОСТАВА КЕРАМЗИТОБЕТОНА

по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

очной (заочной) форм обучения

Ростов-на-Дону
ДГТУ

2022

УДК 69.009.1

Составитель: к.т.н., декан факультета «Инженерно-строительный», доцент кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии», Х.С. Явруян

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Легкие и ячеистые бетоны» для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Обучающиеся знакомятся с основными методиками по проектированию состава лёгкого бетона. Приведены материалы для решения задач по расчёту состава бетонов. – Ростов н/Д: Донс. гос. техн. ун-т, 2022. – 12.

УДК 69.009.1

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Донского государственного технического университета

Научный редактор канд. техн. наук, доцент А.В. Налимова

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» канд. техн. наук, доцент А.В. Налимова

В печать ___.___.2022г.
Формат 60×84/16. Объем ___усл.п.л.
Тираж 50 экз. Заказ № ___.

Издательский центр ДГТУ
Адрес университета и полиграфического предприятия:
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Доской государственный
технический университет, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Лёгкому бетону и железобетону принадлежит важная роль в решении технической задачи по дальнейшему снижению массы возводимых зданий и уменьшению материалоёмкости строительства. Вместе с тем, наружные стены и покрытия из малотеплопроводных лёгких бетонов сберегают тепло в помещениях и тем самым позволяют меньше тратить топлива и энергии на отопление зданий. Из лёгкого железобетона изготовляют укрупнённые конструкция и объёмные элементы, применение которых в полносборном строительстве ускоряет монтажные работы и сводит к минимуму потребность в ручном труде.

Есть ещё одно очень важное достоинство у лёгкого бетона, а именно – возможность его использования в разнообразных строительных конструкциях, что позволяет рассматривать лёгкий бетон как универсальный материал. В этом убеждает разнообразие видов лёгкого бетона, применяемых в строительстве:

− конструкционный плотностью 1400 … 1800 кг/м3 с прочностью на сжатие 15 … 50 МПа, чаще всего используемый для легких несущих железобетонных конструкций (пролётных строений мостов, ферм, гидротехнических сооружений, элементов перекрытий и покрытий зданий и др.);

− конструкционно-теплоизоляционный плотностью 501 … 1400 кг/м3 с прочностью 2,5 … 10 МПа, являющийся основным материалом ограждающих конструкций зданий;

− теплоизоляционный и акустический плотностью до 500 кг/м3, широко применяемый в слоистых конструкциях как утеплитель и звукопоглощающий материал.

В методических указаниях приводятся примеры расчёта составов лёгких бетонов различного состава.

РАСЧЁТ СОСТАВА КЕРАМЗИТОБЕТОНА

Определение расхода материалов на 1 м^3 керамзитобетона

1. *Общий расход крупного и мелкого заполнителя*:

$$З = \rho_{сух} - 1{,}15Ц,$$

где $\rho_{сух}$ – требуемая плотность сухого керамзитобетона, кг/м^3;

1,15 - коэффициент, учитывающий воду, связанную с цементом (15%);

Ц – расход цемента, кг/м^3, который определяют по табл. 1 и уточняют по табл. 2 и 3.

Таблица 1

Расход цемента для керамзитобетона различных марок

Крупный заполнитель	Предельная крупность заполнителя, мм	Расход цемента, кг/м^3, для керамзитобетона марки					
		50	75	100	150	200	250
Керамзитовый гравий	10	–	–	200 – 240 / 230 – 260	250 – 280 / 270 – 300	300 – 330 / 310 –350	340 –390 / –
	20	170 – 190 / 180 – 200	200 – 220 / 210 – 230	235 – 260 / 240 – 270	275 – 310 / 290 –320	320 – 330 / 340 – 380	370 – 420 / –
	30	190 – 210 / 200 – 230	220 – 235 / 240 – 260	240 – 290 / 280 – 320	300 – 340 / 350 –390	360 – 400 / –	–
Керамзитовый щебень	10	–	–	200 –250 / 230 –280	270 – 300 / 290 –330	320 – 350 / 340 –410	360 – 400 / –
	20	180 – 200 / 190 – 210	210 – 230 / 220 – 240	240 – 285 / 260 – 290	295 – 340 / 320 – 350	350 – 400 / 370 – 430	410 – 430 / –
	40	200 – 220 / 210 – 240	230 – 260 / 250 – 280	270 – 310 / 300 – 340	330 – 360 / 370 – 410		–

Примечание. Над чертой – расход цемента для жестких бетонных смесей с показателем жёсткости 60 … 80 с, под чертой – для подвижных смесей с осадкой конуса 3 … 5 см.

Таблица 2

Поправочные коэффициенты к расходу цемента в зависимости от насыпной массы заполнителя

Насыпная плотность заполнителя, кг/м^3	Поправочный коэффициент	Наибольшая марка бетона на данном крупном заполнителе при его расходе 0,8 м^3 на 1 м^3 бетона	Насыпная масса заполнителя, кг/м^3	Поправочный коэффициент	Наибольшая марка бетона на данном крупном заполнителе при его расходе 0,8 м^3 на 1 м^3 бетона
250	1,3	100	500	1	250
300	1,2	150	600	0,95	300
400	1,1	200	800	0,5	400

Таблица 3

Поправочные коэффициенты к расходу цемента в зависимости от его марки

Марка цемента	Поправочный коэффициент	Марка цемента	Поправочный коэффициент
250	1,3	500	0,9
300	1,2	600	0,8
400	1,1	–	–

2. *Расход песка*:

$$П = \frac{З\rho^{п} r}{r\rho^{п} - (1 - r)\rho^{щ}},$$

где $\rho^{п}$, $\rho^{щ}$ – плотность песка и крупного заполнителя (щебня или гравия) в насыпном состоянии, кг/м^3;

r – доля песка в общем объёме смеси мелкого и крупного заполнителя, принимаемая по табл. 2.

3. *Расход щебня* или гравия:

$$Щ = З – П.$$

Расход крупного заполнителя не должен превышать 0,9 м^3 на 1 м^3 бетона.

4. *Расход воды* определяют по табл. 4.

Предварительный состав керамзитобетона уточняют пробными замесами, как и при подборе состава обычного бетона.

Таблица 4

Водопотребность керамзитобетонной смеси, л/м3

Осадка конуса, см	Жёсткость, с	Керамзитобетон					
		на кварцевом песке			на керамзитовом песке		
		при объёмной (насыпной) массе керамзитового гравия, кг/м^3					
		300	500	800	300	500	800
–	90-100	175-190	165-180	155-170	210-225	200-215	190-205
–	60-80	185-200	175-190	165-180	225-240	215-235	205-225
–	30-50	195-210	185-200	175-190	250-270	240-260	230-250
–	15-25	205-220	195-210	185-200	275-300	265-290	255-280
3-5	–	215-230	205-220	195-210	300-325	290-315	270-305
6-8	–	225-240	215-230	205-220	325-350	315-340	305-330
9-12	–	235-250	225-240	215-232	350-375	340-365	330-355

Примечания: 1. Данные таблицы приведены для керамзитобетона на сухом керамзитовом гравии с предельной крупностью зёрен 20 мм и на песке средней крупности. При предельной крупности зёрен керамзитового гравия 10 мм расход воды увеличивают на 20 л, а при предельной крупности зёрен 40 мм уменьшают на 15 л.

2. Данные таблицы относятся к керамзитобетону, содержащему 35 … 40% песка от общего объёма смеси заполнителей. При меньшем или большем содержании песка расход воды соответственно уменьшают или увеличивают на 1 … 1,5 л на каждый процент изменения содержания песка.

3. В случае применения пуццолановых или шлакопортландцементов, а

также тонкомолотых добавок к портландцементу расход воды увеличивают на 15 … 20 л.

4. Данные таблицы приведены для керамзитового гравия. При наличии керамзитового щебня расход воды увеличивают на 15 … 20 л.

Рекомендации по выбору заполнителей для керамзитобетона даны в табл. 5.

Подвижность или жёсткость керамзитобетонных смесей для конструкций различных типов представленных в табл. 6.

Таблица 5

Рекомендации по выбору заполнителей для керамзитобетона

Керамзитобетон и его марка	Максимальная плотность керамзитобетона в высушенном состоянии, кг/м^3	Примерный расход цемента, кг/м^3	Рекомендуемая насыпная масса, кг/м^3		расход сортированного мелкого и крупного заполнителя, м^3, на 1 м^3		Предельная крупность керамзитового гравия или щебня, мм	Доля песка в общем объёме смеси мелкого и крупного заполнителя при использовании	
			керамзитового гравия или щебня	керамзитового песка (из гравия или щебня)	отдельно мелкого и отдельно крупного заполнителя	мелкого заполнителя и двух фракций		Гравия	Щебня
Конструктивно-теплоизоляционный, марок 50-100	1400	175 … 250	300 400 500	600 800 1000	1,45	1,55	10 20 40	0,5 … 0,6 0,4 … 0,5 0,35 …0,45	0,55 …0,65 0,45 …0,55 0,4 … 0,5
Конструктивный, марки 100 и более	1800	250 … 400	400 500 600 800	600 800 1000 1200	1,4	1,5	10 20 – –	0,55 …0,65 0,5 … 0,6 – –	0,6 … 0,7 0,55 …0,65 – –

Примечание. В качестве мелкого заполнителя для конструктивного керамзитобетона можно применять кварцевый песок, для конструктивно-

теплоизоляционного – доменный гранулированный шлак или золу, если при этом плотность бетона не превысит заданную.

Таблица 6

Подвижность или жёсткость керамзитобетонных смесей для конструкций различных типов

Конструкции	**Средство укладки**	**Осадка конуса,см**	**Жёсткость, с**
Тонкостенные железобетонные изделия (плоские и часторебристые панели, настилы, тонкие плиты ограждений и покрытий), бетонируемые в вертикальном положении в кассетных формах.	Наружные тисковые вибраторы. Глубинные вибраторы.	10 - 12 6 - 8	– –
Крупные блоки (стеновые, фундаментные, санитарно-технические), бетонируемые на стенде в горизонтальном или вертикальном положении, а также железобетонные массивные изделия (балки, прогоны, лестничные марши и т. д.), изготовляемые по стендовой технологии.	Поверхностные, глубинные или наружные вибраторы, а также пневмотрамбовки или вибробетоноукладчики	3 - 5	–
Крупные блоки, бетонируемые в горизонтальном положении, а также железобетонные массивные изделия, изготовляемые по поточной технологии	Виброплощадки с пригрузом и вибровкладышами		15 - 25 30 - 50
Тонкостенные железобетонные изделия, бетонируемые в горизонтальном положении.	Виброплощадки с пригрузом и вибровкладышами, виброштампы		60 - 80 80 - 100

ЗАДАЧИ

Задача 1. На 1 м^3 керамзитобетона надо цемента 210 и керамзитового заполнителя КЗ 760 кг, а воды 180 л. Плотность цемента 3,1 г/см^3, керамзита 2,5 г/см^3. Воды, химически связанной с цементом, в бетоне 15% по отношению к количеству цемента. Определить: а) плотность бетонной смеси: б) плотность затвердевшего керамзитобетона в сухом состоянии и при влажности 6%; в) пористость керамзитобетона.

Решение.

1. Плотность бетонной смеси

$$\rho_{бс} = 210 + 760 + 180 = 1150 \text{ кг/м}^3.$$

2. Плотность керамзитобетона:

– в сухом состоянии $\rho_{кер.б}$ = 1,15Ц + КЗ = 1,15 * 210 + 760 = 1002 кг/м^3;

– при влажности 6% $\rho^{в}_{кер.б}$ = 1,06 *1002 = 1062 кг/м^3.

4. Для определения пористости подсчитываем абсолютные объёмы составляющих, дм^3:

Цемента	210 : 3,1 = 68
Керамзита	760 : 2,5 = 304
Воды химически связанной	0,15 * 210 : 1 = 32
Сумма абсолютных объёмов:	404

Пористость: 1 – 0,404 = 0,596 = 0,6, или 60%.

Задача 2. Рассчитать состав конструкционного плотного керамзитобетона марки 200 (плотность в сухом состоянии $\rho^{сух}_{кер.б}$ = 1700 кг/м^3) для первого пробного замеса, если подвижность бетонной смеси по осадке конуса равна 3 см.

Дано: портландцемент марки 500, кварцевый песок средней крупности (насыпная плотность $\rho^{нас}_{пес}$ = 400 кг/м^3 , предельная крупность зёрен 20 мм).

Решение.

1. Определяем расход цемента по табл. 1 с поправками на заполнитель и цемент по табл. 2 и 3:

$$Ц = Ц_0 К_1 К_2 = 340 * 1,1 * 0,9 = 337 кг/м^3.$$

2. Расход воды (по табл. 4) В = 210 кг/м^3.
3. Общий расход заполнителей З (мелкого – П и крупного – $К_р$) при заданной плотности сухого керамзитобетона (1700) определяем по формуле

$$З = П + К_р = \rho^{сух}_{кер.б} – 1,15Ц = 1700 – 1,15 * 337 = 1312кг/м^3.$$

4. Доля песка по объёму по табл. 5 составляет *r* = 0,55 общего объёма смеси мелкого и крупного заполнителя. При использовании кварцевого песка *r* можно уменьшить на 10 … 20%; примем *r* = 0,49.
5. Расход песка по формуле

$$П = \frac{З\rho^{п} r}{r\rho^{п} + (1 - r)\rho^{щ}}$$

$$П = \frac{1312*1500*0,49}{0,49*1500+ 0,51*400} = 1027 кг/м^3$$

Или по объему$Vn = \frac{1027}{1500}$ = 0,685 м^3 на 1м^3 бетона.

6. Расход керамзитового гравия

$$К_р = 1312 – 1027 = 285 кг/м^3,$$

Или по объёму

$$V_{Кр} = \frac{285}{400} = 0,7 м^3/м^3$$

7. Проверка: $V_{Кр} = 0,72<0,9 м^3$,

$$V_{Кр} + V_п = 0,72+0,685 = 1,4 м^3 \text{ (табл. 5)}$$

8. Окончательное соотношение компонентов бетонной смеси по массе для первого пробного замеса при В/Ц = 210 : 337 = 0,62 будет:

$$337 : 1027 : 285 = 1 : 3,05 : 0,846.$$

Варианты к задаче 1

№ варианта	Расход материалов на 1м^3			Плотность цемента, г/см^3	Плотность керамзита, г/см^3	Воды, химически связанной с цементом, %
	Цемент, кг	Керамзит, кг	Вода, л			
1.	180	710	160	3,0	2,2	12
2.	190	720	170	3,1	2,3	13
3.	200	730	175	3,2	2,4	14
4.	210	740	180	3,2	2,5	15
5.	220	750	185	3,3	2,4	15
6.	210	760	190	3,2	2,3	14
7.	200	750	185	3,1	2,2	13
8.	190	740	180	3,0	2,1	14
9.	180	730	180	2,9	2,2	15
10.	190	740	190	3,1	2,3	14

Варианты к задаче 2

№ варианта	Марка керамзитобетона	Плотность керамзитобетона в сухом состоянии, кг/м^3	Осадка конуса, см	Марка портландцемента	Насыпная плотность песка, кг/м^3	Предельная крупность зёрен песка, мм
1.	200	1500	3	400	350	18
2.	200	1600	2,5	500	400	20
3.	200	1700	3,5	600	420	22
4.	200	1750	3,2	500	390	21
5.	200	1780	3,0	600	430	19
6.	200	1740	3,3	400	370	18
7.	200	1650	2,8	500	380	20
8.	200	1670	3,1	600	390	22
9.	200	1720	3,0	500	400	20
10.	200	1680	2,9	500	410	21