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 практической работе

«Расчет состава ячеистого бетона»

по дисциплине

«Технология легких и ячеистых бетонов»

(раздел «газобетоны»)

Ростов-на-Дону

2021

УДК 666.973.6(07)

Составитель: доц., канд. техн. наук Х.С. Явруян

Методические указания к лабораторной работе по курсу «Технология легких и ячеистых бетонов» (раздел «газобетоны»). Ростов- на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2021. – 12 с.

Методические указания предназначены для систематизации и закрепления студентами теоретических разделов курса, углублению знаний в области расчета состава ячеистых бетонов. Представлена методика расчета состава ячеистых бетонов.

Предназначены для подготовки бакалавров направления 08.03.01 «Строительство», профиль «Производство строительных материалов, изделий и конструкций», очной и заочной формы обучения.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Донского государственного технического университета

Научный редактор канд. техн. наук, доцент А.И. Шуйский

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

В печать __.__.2021г.
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

© Донской государственный
Технический университет, 2021

Введение

Проектирование состава ячеистого бетона ведется с учетом следующих исходных данных: марки бетона и его плотности (указываются в рабочих чертежах на изделия); вида вяжущего и удельной поверхности вяжущего и сухой силикатной смеси; содержания активного CaO в извести.

В качестве вяжущих для ячеистого бетона применяют: портландцемент, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 10178—76, при условии отсутствия в его составе добавок трепела, опоки, трассов, глиежа, глинита; известь (кипелка, пушонка), удовлетворяющую требованиям ГОСТ 9174—77, содержащую активных CaO и MgO не менее 70 % и «пережога» не более 2 %. Скорость гашения извести-кипелки должна быть в пределах от 2 до 25 мин; шлаковое вяжущее, имеющее сроки схватывания: начало — не позднее 1 ч, конец — не позднее 3 ч. Примерный состав: шлак — 80...85 %, известь негашеная или портландцемент— 12...15 %, гипсовый камень или гипс строительный — 3...5 %, кремнеземистый компонент — песок кварцевый, зола-унос ТЭЦ, содержащая не менее 50 % стекловидных и оплавленных частиц, потери при прокаливании у которой не превышают 3 % для золы бурых и 5 % для золы каменных углей. Удельная поверхность должна быть в пределах 3000...5000 см^2/г, набухание в воде не более 5 %. Цементно-зольные лепешки должны выдерживать испытание на равномерность изменения объема в соответствии с ГОСТ 310.3 —76.

В качестве порообразователей применяют алюминиевую пудру ПАП-1 и ПАП-2 (ГОСТ 5491—71) или пенообразователи — клееканифольный, смоло-сапониновый (ПО-6), морпен, пеностром и др.

Целью работы является расчет состава ячеистого бетона при заданных марке по плотности, технологии производства и сырьевых материалах.

Расчет состава ячеистого бетона ведут в такой последовательности:

1. Выбирают соотношение между кремнеземистым компонентом и вяжущим веществом (С) по табл. 1.

Оптимальное соотношение кремнеземистого компонента и вяжущего устанавливают экспериментально по показателям прочности образцов-кубов, изготовленных из ячеистого бетона с выбранными величинами С при текучести смеси, указанной в табл. 2.

Таблица 1

Значения С

Вид вяжущего	Отношение кремнеземистого компонента к вяжущему (*С*) по массе в ячеистобетонной смеси	
	для автоклавного бетона	для безавтоклавного бетона на золе-уноса
Цементное	0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2	0,75; 1; 1,25
Известковое	3; 3,5; 4; 4,5; 5,5; 6	—
Известково-белитовое	1; 1,25; 1,5; 2	—
Известково-шлаковое	0,6; 0,8; 1	0,6; 0,8; 1
Высокоосновное зольное	0,75; 1; 1,25	—
Шлакощелочное	0,1; 0,15; 0,2	—

Таблица 2

Текучесть ячеистобетонной смеси

Заданная плотность ячеистого бетона, кг/м^3	Диаметр расплыва смеси по Суттарду, см		
	на цементном, известково-цементном, шлакощелочном вяжущем	на известковом, известково-шлаковом и известково-белитовом вяжущем	на высокоосновном зольном вяжущем
При литьевом способе формования			
300	38	30	—
400	34	25	25
500	30	23	23
600	26	21	21
700	22	19	20
800	18	17	18
При вибрационном способе формования			
500	15	—	—
600	13	—	—
700	11	—	—
800	9	—	—

2. Определяют водотвердое отношение, обеспечивающее заданную текучесть смеси, удовлетворяющую требованиям табл. 2, с учетом температуры шлама. Температура шлама в момент выгрузки из смесителя принимается для газобетонной смеси на портландцементе и нефелиновом цементе 45°С, смешанном вяжущем – 35°С, известково-шлаковом вяжущем – 40°С, на известь-кипелке – 30°С, В/Т – отношение пенобетона на цементе или смешанном вяжущем, определяют при температуре 25°С, на шлаковом вяжущем – при 15 °С.

Для расчетов значения В/Т может быть принято: при литьевой технологии – для ячеистых бетонов на цементе В/Т=0,5; на извести – 0,5...0,55, на смешанном вяжущем – 0,46...0,5; на золе – 0,6; при вибротехнологии: для ячеистых бетонов на песке В/Т=0,3; на золе – 0,4.

3. Определяют расход материалов на один замес ячеистого бетона, кг:

$$P_{сух} = \frac{\rho_c}{K_c} V; \qquad P_{вяж} = \frac{P_{сух}}{1+C},$$

$$P_ц = P_{вяж} n; \qquad P_и = P_{вяж}(1-n);$$

$$P_к = P_{сух} - \left(P_ц + P_{иф}\right), \qquad P_в = P_{сух} B/T; \qquad (1)$$

$$P_{иф} = \frac{P_и}{A_ф} 100; \qquad P_п = \frac{П_Г}{\alpha K} \cdot V \cdot 1000,$$

где ρ_c — плотность ячеистого бетона в сухом состоянии, кг/м^3;

V — заданный объем замеса ячеистой смеси, м^3;

K_c—коэффициент увеличения массы в результате твердения за счет химически связанной воды (для расчетов принимают Кс = 1,1);

К — выход пор (отношение объема пор к массе порообразователя; для расчетов принимают К=1390 л/кг при использовании алюминиевой пудры, К=20 л/кг в случае применения пенообразователей), л/кг;

а — коэффициент использования порообразующей способности (для расчетов принимают *а* = 0,85);

$P_{вяж}$, $P_ц$, $P_к$, $P_п$ — расход вяжущего, цемента, кремнеземистого компонента, по-

рообразователя, кг;

$P_и$ – расход извести, содержащей 100% CaO, кг;

$A_ф$ – фактическое содержание CaO в извести (активность), %;

$P_{иф}$ – расход извести с фактическим содержанием CaO, кг;

$P_в$ – расход воды, л;

n – доля цемента в смешанном вяжущем, принимается в зависимости от условий эксплуатации ячеистобетонного изделия в диапазоне от 0,35 до 0,7;

$П_г$ – пористость ячеистого бетона, доли единицы объема;

$$П_Г = 1 - \frac{\rho_c}{K_c}(W + B/T), \qquad (2)$$

W – удельный объем сухой смеси, м^3/кг

ρ_c — плотность ячеистого бетона в сухом состоянии, т/м^3

$$W = \frac{1 + B/T}{\rho_{ф.р}} - B/T, \qquad (3)$$

$\rho_{ф.р}$ – фактическая плотность раствора, кг/м^3.

Рассчитанный состав является ориентировочным. Его уточняют приготовлением опытных замесов и испытанием образцов.

Результаты расчетов заносят в табл. 3

Таблица 3

Результаты подбора состава ячеистобетонной смеси

С	В/Т	Диаметр расплыва смеси по Суттарду, см	Расход материалов на замес, кг					$П_г$, -
			$P_{вяж}$		$P_к$	$P_п$	$P_в$	
			$P_и$	$P_ц$				

Пример

Рассчитать расход материалов на 1 $м^3$ газосиликатобетона плотностью в сухом состоянии 700 $кг/м^3$, предназначенного для изготовления наружных стеновых панелей промышленных зданий по литьевой технологии с последующим автоклавным твердением.

Характеристика материалов: вяжущее — известь-кипелка активностью 90%, песок кварцевый, порообразователь — алюминиевая пудра.

Решение. Расчет расхода материалов на 1 $м^3$ бетона.

1. Определяем соотношение между кремнеземистым компонентом и вяжущим *С* по табл. 1. Для газосиликатобетона на известковом вяжущем оно составляет 3; 3,5; 4; 4,5; 5,5 и 6. Допустим, что испытание образцов показало, что оптимальное значение С=4.

2. Определяем текучесть шлама по табл. 2. Для ячеистого бетона плотностью 700 $кг/м^3$, изготавливаемого по литьевой технологии на известковом вяжущем – 19 см.

3. Определяем В/Т. При текучести шлама 19 см для газобетона на известковом вяжущем В/Т может быть принято (с последующей проверкой опытным путем) 0,5.

4. Определяем пористость бетонной смеси, которая должна быть создана порообразователем для получения газосиликатобетона плотностью 700 $кг/м^3$ при $К_с$ = 1,1, W=0,38, В/Т=0,5:

$П_г = 1 – ρ_с/К_с (W + В/Т) = 1 – 0,7/1,1 (0,38 + 0,5) = 0,44.$

5. Определяем расход алюминиевой пудры:

$Р_п = П_г V/αK = 0,44 · 1000/0,85 · 1390 = 0,732.$

6. Определяем расход извести:

$Р_{сух}= ρ_с V/К_с =700 · 1/1,1 = 636$ кг;

$Р_и = Р_{сух}/(1+С) = 636/(1 + 4,0) = 127$ кг.

Т.к. по заданию активность извести – 90%, то фактический расход извести составит: $Р_{иф}= Р_и/А_ф 100 = 127/90 · 100 = 141$кг.

7. Определяем расход песка:

$Р_к= Р_{сух}– Р_{вяж} = 636 – 127 = 509$ кг.

8. Определяем расход воды:

$Р_в = Р_{сух}(В/Т) = 636 · 0,5 = 318$ кг.

Исходные данные по вариантам

№	Способ поризации	Марка по плотн	Технология формования	Вяжущее			КК		С	$\rho_{ф.р.}$, кг/м^3	V замеса, м^3
				Ц	И/Акт,%	ИЦ	Песок	Зола			
1	Газо	300	литьевая	+			+		0,75	1300	0,5
2	Газо	400	литьевая	+			+		1	1400	0,5
3	Газо	500	литьевая	+			+		1,25	1500	0,5
4	Газо	600	литьевая	+			+		1,5	1600	0,5
5	Газо	700	литьевая		+/60		+		3	1700	0,5
6	Газо	800	литьевая		+/70		+		3,5	1800	0,5
7	Газо	300	литьевая		+/80			+	4	1300	1
8	Газо	400	литьевая		+/90			+	4,5	1400	1
9	Газо	500	вибрац.			+		+	5,5	1500	1
10	Газо	600	вибрац.			+		+	6	1600	1
11	Газо	700	вибрац.			+		+	3	1700	1
12	Газо	800	вибрац.			+		+	3,5	1800	1
13	Газо	500	вибрац.			+		+	4	1400	1
14	Пено	300	–	+			+		0,75	1000	0,5
15	Пено	400	–	+			+		1	1100	0,5
16	Пено	500	–	+			+		1,25	1200	0,5
17	Пено	600	–	+			+		1,5	1300	0,5
18	Пено	700	–		+/60		+		3	1400	0,5
19	Пено	800	–		+/70		+		3,5	1500	0,5
20	Пено	300	–		+/80			+	4	1000	1
21	Пено	400	–		+/90			+	4,5	1100	1
22	Пено	500	–			+		+	5,5	1200	1
23	Пено	600	–			+		+	6	1300	1
24	Пено	700	–			+		+	3	1400	1
25	Пено	800	–			+		+	3,5	1500	1

Задачи

1. Рассчитать расход материалов на замес объемом 500 л для приготовления ячеистого бетона плотностью в сухом состоянии 300 кг/м^3 по литьевой технологии. Материалы: вяжущее — портландцемент, кварцевый песок, алюминиевая пудра.

Расчеты вести при С=0,75; $\rho_{ф.р}$=1300кг/м^3.

2. Рассчитать расход материалов на замес объемом 500 л для приготовления ячеистого бетона плотностью в сухом состоянии 400 кг/м^3 по литьевой технологии. Материалы: вяжущее — портландцемент, кварцевый песок, алюминиевая пудра.

Расчеты вести при С=1; $\rho_{ф.р}$=1400кг/м^3.

3. Рассчитать расход материалов на замес объемом 500 л для приготовления ячеистого бетона плотностью в сухом состоянии 500 кг/м^3 по литьевой технологии. Материалы: вяжущее — портландцемент, кварцевый песок, алюминиевая пудра.

Расчеты вести при С=1,25; $\rho_{ф.р}$=1500кг/м^3.

4. Рассчитать расход материалов на замес объемом 500 л для приготовления ячеистого бетона плотностью в сухом состоянии 600 кг/м^3 по литьевой технологии. Материалы: вяжущее — портландцемент, кварцевый песок, алюминиевая пудра.

Расчеты вести при С=1,5; $\rho_{ф.р}$=1600кг/м^3.

5. Рассчитать расход материалов на замес объемом 500 л для приготовления газосиликатобетона плотностью в сухом состоянии 700 кг/м^3 по литьевой технологии. Материалы: вяжущее — известь-кипелка активностью 60 %, кварцевый песок, алюминиевая пудра.

Расчеты вести при С=3; $\rho_{ф.р}$=1700кг/м^3.

6. Рассчитать расход материалов на замес объемом 500 л для приготовления газосиликатобетона плотностью в сухом состоянии 800 кг/м^3 по литьевой технологии. Материалы: вяжущее — известь-кипелка активностью 70 %, кварцевый песок, алюминиевая пудра.

Расчеты вести при С=3,5; $\rho_{ф.р}$=1800кг/м^3.

7. Рассчитать состав 1 м^3 газосиликатобетона плотностью в сухом состоянии 300 кг/м^3, предназначенного для изготовления стеновых блоков по литьевой технологии с последующим автоклавным твердением. Материалы: вяжущее — известь-кипелка активностью 80%, зола, алюминиевая пудра.

Расчеты вести при С=4; $\rho_{ф.р}$=1300кг/м^3.

8. Рассчитать состав 1 м^3 газосиликатобетона плотностью в сухом состоянии 400 кг/м^3, предназначенного для изготовления стеновых блоков по литьевой технологии с последующим автоклавным твердением. Материалы: вяжущее — известь-кипелка активностью 90%, зола, алюминиевая пудра.

Расчеты вести при С=4,5; $\rho_{ф.р}$=1400кг/м^3.

9. Рассчитать расход материалов на замес объемом 1000 л для приготовления ячеистого бетона плотностью 500 кг/м^3. Изготовление ведется по вибрационной технологии с последующим автоклавным твердением.

Материалы: известь-кипелка активностью 100 %, портландцемент, зола, алюминиевая пудра, вода. Расчеты вести при С=5,5; $\rho_{ф.р}$=1500кг/м^3.

10. Рассчитать расход материалов на замес объемом 1000 л для приготовления ячеистого бетона плотностью 600 кг/м^3. Изготовление ведется по вибрационной технологии с последующим автоклавным твердением.

Материалы: известь-кипелка активностью 100 %, портландцемент, зола, алюминиевая пудра, вода. Расчеты вести при С=6; $\rho_{ф.р}$=1600кг/м^3.

11. Рассчитать расход материалов на замес объемом 1000 л для приготовления ячеистого бетона плотностью 700 кг/м^3. Изготовление ведется по вибрационной технологии с последующим автоклавным твердением.

Материалы: известь-кипелка активностью 100 %, портландцемент, зола, алюминиевая пудра, вода. Расчеты вести при С=3; $\rho_{ф.р}$=1700кг/м^3.

12. Рассчитать расход материалов на замес объемом 1000 л для приготовления ячеистого бетона плотностью 800 кг/м^3. Изготовление ведется по вибрационной технологии с последующим автоклавным твердением.

Материалы: известь-кипелка активностью 100 %, портландцемент, зола, алюминиевая пудра, вода. Расчеты вести при С=3,5; $\rho_{ф.р}$=1800кг/м^3.

13. Рассчитать расход материалов на замес объемом 1000 л для приготовле-

ния ячеистого бетона плотностью 500 кг/м^3. Изготовление ведется по вибрационной технологии с последующим автоклавным твердением.

Материалы: известь-кипелка активностью 100 %, портландцемент, зола, алюминиевая пудра, вода. Расчеты вести при С=4; $\rho_{ф.р}$=1400кг/м^3.

14.Рассчитать расход материалов на замес объемом 500 л для приготовления пенобетона плотностью в сухом состоянии 300 кг/м^3, предназначенного для теплоизоляции стальных труб. Материалы: портландцемент М400, песок кварцевый, пенообразователь, вода. Расчеты вести при С=0,75; $\rho_{ф.р}$=1000кг/м^3.

15.Рассчитать расход материалов на замес объемом 500 л для приготовления пенобетона плотностью в сухом состоянии 400 кг/м^3, предназначенного для теплоизоляции стальных труб. Материалы: портландцемент М400, песок кварцевый, пенообразователь, вода. Расчеты вести при С=1; $\rho_{ф.р}$=1100кг/м^3.

16.Рассчитать расход материалов на замес объемом 500 л для приготовления пенобетона плотностью в сухом состоянии 500 кг/м^3, предназначенного для теплоизоляции наружных стен зданий. Материалы: портландцемент М400, песок кварцевый, пенообразователь, вода. Расчеты вести при С=1,25; $\rho_{ф.р}$=1200кг/м^3.

17.Рассчитать расход материалов на замес объемом 500 л для приготовления пенобетона плотностью в сухом состоянии 600 кг/м^3, предназначенного для теплоизоляции наружных стен зданий. Материалы: портландцемент М400, песок кварцевый, пенообразователь, вода. Расчеты вести при С=1,5; $\rho_{ф.р}$=1300кг/м^3.

18.Рассчитать расход материалов на замес объемом 500 л для приготовления пеносиликата плотностью в сухом состоянии 700 кг/м^3, предназначенного для теплоизоляции наружных стен зданий. Материалы: известь-кипелка активностью 60 %, песок кварцевый, пенообразователь, вода. Расчеты вести при С=3; $\rho_{ф.р}$=1400кг/м^3.

19.Рассчитать расход материалов на замес объемом 500 л для приготовления пеносиликата плотностью в сухом состоянии 800 кг/м^3, предназначенного для теплоизоляции наружных стен зданий. Материалы: известь-кипелка активностью 70 %, песок кварцевый, пенообразователь, вода. Расчеты вести при С=3,5;

$\rho_{ф.р}$=1500кг/м^3.

20.Рассчитать расход материалов на 1 м^3 пеносиликата плотностью в сухом состоянии 300 кг/м^3, предназначенного для изготовления стеновых блоков. Материалы: известь-кипелка активностью 80 %, зола, пенообразователь, вода. Расчеты вести при С=4; $\rho_{ф.р}$=1000кг/м^3.

21. Рассчитать расход материалов на 1 м^3 пеносиликата плотностью в сухом состоянии 400 кг/м^3, предназначенного для изготовления стеновых блоков. Материалы: известь-кипелка активностью 90 %, зола, пенообразователь, вода. Расчеты вести при С=4,5; $\rho_{ф.р}$=1100кг/м^3.

22.Рассчитать расход материалов на 1 м^3 ячеистого бетона плотностью в сухом состоянии 500 кг/м^3, предназначенного для изготовления стеновых блоков. Материалы: известь-кипелка активностью 100 %, портландцемент, зола, пенообразователь, вода. Расчеты вести при С=5,5; $\rho_{ф.р}$=1200кг/м^3.

23.Рассчитать расход материалов на 1 м^3 ячеистого бетона плотностью в сухом состоянии 600 кг/м^3, предназначенного для изготовления стеновых блоков. Материалы: известь-кипелка активностью 100 %, портландцемент, зола, пенообразователь, вода. Расчеты вести при С=6; $\rho_{ф.р}$=1300кг/м^3.

24.Рассчитать расход материалов на 1 м^3 ячеистого бетона плотностью в сухом состоянии 700 кг/м^3, предназначенного для изготовления стеновых блоков. Материалы: известь-кипелка активностью 100 %, портландцемент, зола, пенообразователь, вода. Расчеты вести при С=3; $\rho_{ф.р}$=1400кг/м^3.

25.Рассчитать расход материалов на 1 м^3 ячеистого бетона плотностью в сухом состоянии 800 кг/м^3, предназначенного для изготовления стеновых блоков. Материалы: известь-кипелка активностью 100 %, портландцемент, зола, пенообразователь, вода. Расчеты вести при С=3,5; $\rho_{ф.р}$=1500кг/м^3.