



ЦЕНТР РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

*Особенности проектирования составов
бетонов и применения
пластифицирующих добавок в
бетонных смесях с использованием зол и
шлаков.*

ДОКЛАДЧИК:

Директор по развитию ООО «ЦРСТ»

Попов Владимир Владимирович

г. Ростов-на-Дону

26.04.2017 г.

В расчетной практике проектирования составов тяжелого бетона наибольшее распространение получила эмпирическая зависимость вида (формула Болломея — Скрамтаева):

$$R_{сж} = AR_{ц} (Ц / B - 0,5)$$

где A – коэффициент пропорциональности, отражающий влияние совокупности неучтенных технологических факторов; $R_{ц}$ – активность цемента.

Она справедлива для $Ц/B < 2,5$. При $Ц/B > 2,5$ или $R_{сж} < 2AR_{ц}$ следует пользоваться формулой:

$$R_{сж} = AR_{ц} (Ц / B + 0,5)$$

Осадка конуса бетонной, смеси, см	Водопотребность бетонной смеси, л/м ³		
	без добавок	с суперпластификатором	с пластифицирующей добавкой
1-4	185	-	-
5-9	205	140-155	155-170
10-15	215	155-170	170-185
16-20	230	170-185	185-200
21-25	240	185-200	200-210

Примечания:

1 . Расход воды в таблице приведен для Ц/В = 1,25-2,5, при Ц/В < 1,25 и Ц/В > 2,5 расход воды соответственно уменьшают или увеличивают.

2. Расход воды в таблице приведен для цементов с нормальной плотностью (НГ), равной 25-30 %. При увеличении или уменьшении нормальной плотности на 1 % объем воды увеличивают или уменьшают на 2 %.

Расход цемента C , кг, на 1 м^3 в начальном составе бетона рассчитывают по формуле:

$$C = C/B \cdot B$$

где, C/B - цементно-водное отношение, определенное ранее
 B - расход воды, л, принятый по таблице.

Абсолютный объем заполнителей, $V_з$, л, рассчитывается по формуле

$$V_з = 1000 - B/\rho_в - C/\rho_ц$$

где $\rho_ц$ - плотность цемента, кг/л.

$\rho_в$ - плотность воды, кг/л.

Количество мелкого заполнителя (песка) рассчитывают по формуле

$$П = V_з \cdot r \cdot \rho_п$$

где $П$ - расход песка в бетоне, кг;

r - доля песка в смеси заполнителей;

$\rho_п$ - плотность зерен песка, кг/л;

Определение доли песка в смеси заполнителей на 1 м³ бетонной смеси (при удобоукладываемости бетонной смеси от Ж = 20 с до ОК = 10 см)

Расход цемента, кг/м ³	Наибольшая крупность щебня, мм		
	10	20	40
200	0,45	0,42	0,39
300	0,42	0,39	0,36
400	0,39	0,36	0,33
500	0,36	0,33	0,30
600	0,33	0,30	0,27

Примечания:

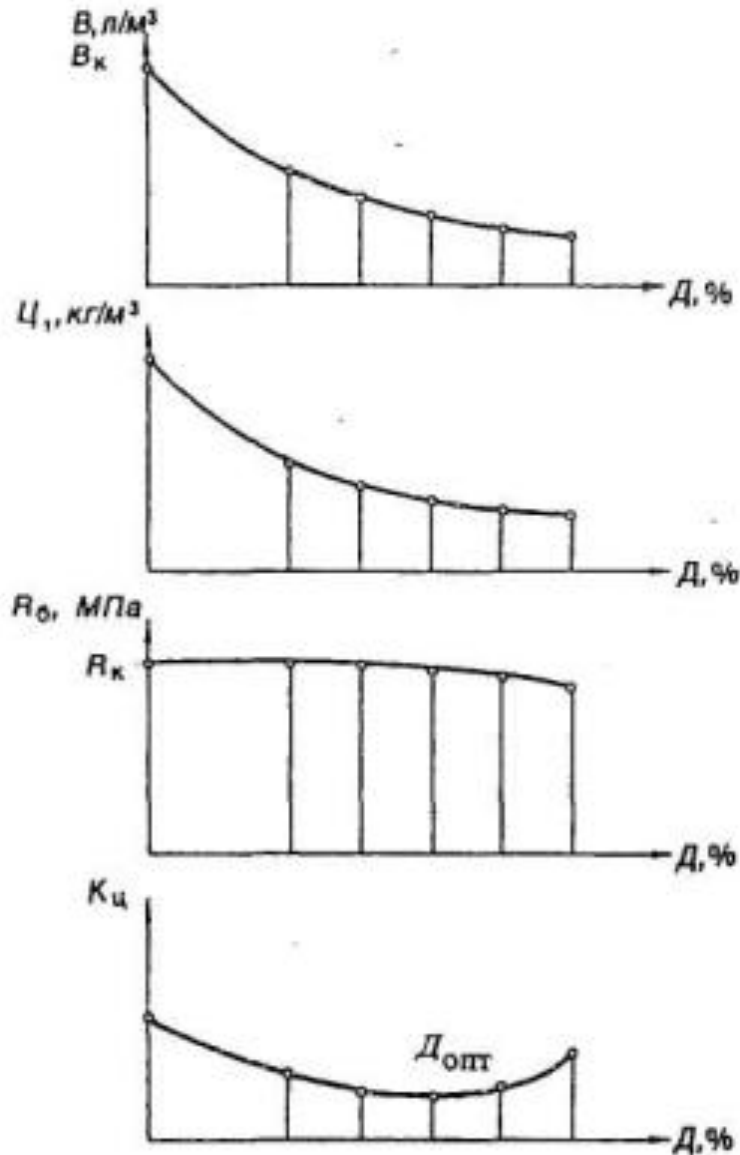
1. Таблица составлена для песка $M_k = 2$ и щебня. При увеличении или уменьшении M_k на $\pm 0,5$ доля песка r увеличивается или уменьшается на 0,03.
2. При использовании гравия доля песка r уменьшается на 0,05.
3. Для жестких бетонных смесей $Ж > 20$ с доля песка уменьшается на 0,04; при подвижных бетонных смесях с $ОК \geq 10$ см доля песка увеличивается на 0,04.

Количество крупного заполнителя рассчитывают по формуле:

$$\mathit{Щ} = V_3 * (1-r) * \rho_{щ}$$

где $\mathit{Щ}$ - расход крупного заполнителя, кг.

Определение оптимальной дозировки добавки



Определяют оптимальное содержание добавки при заданном значении удобоукладываемости бетонной смеси и из условия достижения наименьшего значения коэффициента расхода цемента K_c :

$$K_c = Ц/10 \cdot R_b$$

Для этого рассчитывают и подбирают три-четыре состава бетона с разным количеством добавки в пределах рекомендуемых.

Эмпирически определив коэффициент А и используя понятие "приведенной активности смешанного вяжущего", можно значительно увеличить "разрешающую способность" формулы Болломея-Скрамтаева, сделать ее пригодной для расчета В/В соотношения в бетонах с различными минеральными и химическими добавками.

$$R_{\text{вяж}} = R_{\text{сж}} / (A * (B/B - 0,5))$$

Под "приведенной активностью смешанного вяжущего" понимается совокупное влияние всех компонентов химической реакции (цемент, минеральная добавка, вода и химическая добавка) на прочность бетона.

Расход цемента, кг	Расход золы-уноса, кг (% от В)	Расход пластификатора, кг (% от В)	В/В	R _{ср} 28 сут, НУ, МПа	R _{вяж} , МПа
360	0	3,6 (1,0)	1,71	37,2	54
306	54 (15)	3,6 (1,0)	1,71	35,6	51,6
252	102 (30)	3,6 (1,0)	1,71	30,5	44,2

Алгоритм расчета состава бетона с применением пластифицирующих и минеральных добавок

1. Определение требуемой прочности;
2. Определение значения Ц/В в составе без минеральной добавки;
3. Определение расхода воды, цемента и заполнителей;
4. Проведение предварительных замесов с частичной заменой цемента на минеральную добавку;
5. Определение эффективной дозировки пластификатора;
6. Получение результатов и их анализ с целью уточнения коэффициента пропорциональности A и "приведенной активности смешанного вяжущего";
7. Проектирование состава бетона с учетом полученных данных.

Пример. Требуется подобрать состав бетона с применением добавки «Реопласт ЛС05» и молотого гранулированного шлака. Заданный уровень прочности: в возрасте 28 сут - 30,0 МПа. Заданная удобоукладываемость бетонной смеси $OK = 16-20$ см.

Материалы: цемент ПЦ 500 Д0; песок $M_k = 2,5$ плотностью зерен 2,65 кг/л; щебень из гравия с предельной крупностью зерен 20 мм и плотностью зерен 2,63 кг/л.

1. Определяем значение Ц/В в составе без минеральной добавки

$$Ц/В = R_{сж}/A \cdot R_{ц} + 0,5 = 30/0,6 \cdot 50 + 0,5 = 1,5$$

1. Определяем расход воды по таблице представленной выше, $V = 200$;

2. Определяем расход цемента $Ц = Ц/В \cdot V = 1,5 \cdot 200 = 300$;

3. Определяем абсолютный объем заполнителей, V_3 , л

$$V_3 = 1000 - V/\rho_v - Ц/\rho_{ц} = 1000 - 200 - 300/3,1 = 703;$$

4. Количество мелкого заполнителя (песка) рассчитывают по формуле

$$П = V_3 \cdot r \cdot \rho_{п} = 703 \cdot 0,42 \cdot 2,65 = 782$$

5. Количество крупного заполнителя рассчитывают по формуле:

$$Щ = V_3 \cdot (1-r) \cdot \rho_{щ} = 703 \cdot (1-0,42) \cdot 2,63 = 1072.$$

6. Для определения оптимальной дозировки пластификатора рассчитывают и подбирают четыре состава бетонной смеси с добавкой «Реопласт ЛС05» (в пределах 0,15 - 0,3 % массы цемента в расчете на сухое вещество) при значении $Ц/В = 1,5$ и расходе щебня 1072 кг, как в контрольном номинальном составе.

Расход материалов на 1 % м ³ бетона	Содержание добавки в массе, %				
	0	0,15	0,2	0,25	0,3
Цемент, кг	300	300	300	300	300
Вода, л	200	200	200	200	200
Щебень, кг	1072	1072	1072	1072	1072
Песок, кг	782	782	782	782	782
Добавка «Реопласт ЛС05» в расчете на сухое вещество, кг	0	0,45	0,6	0,75	0,9
Осадка конуса бетонной смеси, см	4	11	14	18	20
Плотность бетонной смеси, кг/м ³	2360	2370	2360	2365	2360
Прочность при сжатии бетона в возрасте 28 сут, МПа	29,7	29,1	29,6	30,5	29,3

7. Для подбора номинального состава бетона с пластификатором принимаем дозировку добавки 0,25 % массы цемента. Состав бетона с $C/B = 1,5$ принимают за начальный и подбирают еще два состава бетонной смеси с $B/B = 1,5$ с принятым содержанием добавки 0,25 % массы вяжущего и долей шлака 15 и 30% соответственно. Расход воды и щебня в этих составах назначают таким же, как в начальном составе ($B = 200$ л, $Щ = 1072$ кг). Прочность бетонов с заменой цемента на шлак; $B/B = 1,5$ при соответствующих долях шлака в вяжущем 0; 15 и 30 % составила $R_{4ч} = 30,1; 29,3$ и $26,8$ МПа.

8. Определяем значение фактического коэффициента $A_{ф}$, что составляет 0,6;

9. Определяем «приведенную активность смешанного вяжущего», что составляет 48,8 и 44,3 МПа для вяжущих с долей шлака 15 и 30%.

10. Определяем B/B , обеспечивающего прочность бетона с пластифицирующей и минеральными добавками и определяем расход материалов для приготовления бетонной смеси на смешанных вяжущих.

Оценка эффективности технических решений

Применяемый материал	Рабочий расход, кг/м ³	Стоимость, руб/кг	Вовлеченная стоимость, руб/м ³	Материальные затраты, руб/м ³
Состав №1				
ПЦ500 Д0	300	4,8	1440	2424,3
Песок (Мк=2,5)	870	0,49	426,3	
Щебень 5-20	1080	0,475	513	
Пластификатор	2,5	18	45	
Вода	110	0	0	
Состав №2				
ПЦ500 Д0	258	4,8	1238,4	2388,3
Шлак	46	3,6	165,6	
Песок (Мк=2,5)	870	0,49	426,3	
Щебень 5-20	1080	0,475	513	
Пластификатор	2,5	18	45	
Вода	110	0	0	
Состав №3				
ПЦ500 Д0	228	4,8	1094,4	2435,1
Шлак	98	3,6	352,8	
Песок (Мк=2,5)	870	0,49	426,3	
Щебень 5-20	1080	0,475	513	
Пластификатор	2,7	18	48,6	
Вода	110	0	0	

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



ЦЕНТР РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ