

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ В НИЗКОПРОЧНЫХ БЕТОНАХ

Розглянуті проблеми використання суперпластифікаторів у бетонах міцністю до 20 МПа, вирішення яких забезпечує значний економічний ефект.

Изложены проблемы использования суперпластификаторов в бетонах прочностью менее 20 МПа, решение которых обеспечивает значительный экономический эффект.

The article deals with the issue of using super-plasticizers in concrete grades with strength less than 20 MPa, which provides substantial economic effect.

Современные нормы и рекомендации не разрешают применять суперпластификаторы в бетонах прочностью менее 20 МПа [1; 2]. Это связано с тем, что практически при любых количествах вводимого суперпластификатора, даже последнего поколения, не удается существенно улучшить удобоукладываемость таких бетонных смесей, устранить водоотделение.

В результате бетонные смеси с расходами цемента менее 250 кг на кубометр бетона практически невозможно транспортировать бетононасосами, их сложно уплотнять, особенно в монолитных конструкциях. Зная эти особенности бетонных смесей, конструкторы практически не используют их в тех конструкциях, где прочности 5...15 МПа вполне достаточно для обеспечения необходимой прочности и долговечности.

Это приводит к значительным необоснованным перерасходам цемента, бетонные смеси с расходом цемента менее 250 кг на кубометр практически не используются в строительстве. А применение так называемых тощих бетонных

смесей весьма ограничено из-за невозможности их транспортировки современными бетононасосами и надежного виброуплотнения.

Установленные нами закономерности по необходимости обеспечения рационального зернового состава компонентов бетонной смеси для повышения эффективности использования цемента в бетонах [3; 4] позволили также выявить и важную закономерность по применению суперпластификаторов для бетонов с расходами цемента менее 250 кг на кубометр.

В качестве примера в табл. 1 представлены результаты испытаний контрольных образцов бетона в 28-суточном возрасте нормального твердения с различными расходами цемента. В качестве наполнителя использованы хвосты обогащения железных руд, 90 % зерен которых соизмеримы с размером зерен цемента. Применялся также шлакопортландцемент криворожского завода активностью 40 МПа, гранитный щебень максимальной крупностью 20 мм и днепропетровский песок с модулем крупности 1,45.

Таблица 1

Составы и результаты испытания контрольных образцов

№ состава	Расход материалов на м ³ , кг					Уд-укл. ОК, см	Плотность, кг/м ³		Прочн. R _б , МПа	10R _б /Ц
	Ц	Н	Щ	П	В		свежеотформов.	затв.		
1	125	375	1200	570	170	5	2447	2375	19,8	1,58
2	250	250	1200	570	170	8	2497	2419	37,2	1,49
3	125	125	1200	820	160	1	2375	2325	12,9	1,03
4	125	—	1200	900	170	1	2387	2319	9,8	0,78
5	250	—	1200	820	170	2	2435	2379	29,8	1,19
6	120	360	1200	520	200	8	2339	2275	15,3	1,27
7	100	380	1200	520	200	7	2352	2271	13,8	1,38
8	75	400	1200	520	200	7	2347	2257	9,3	1,24

Для улучшения удобоукладываемости использован суперпластификатор «FLVICEM» итальянской фирмы «COLMEF», рекомендуемый расход которого составляет 0,5...1,5 % от массы цемента. Применяемые составы и результаты испытаний контрольных образцов представлены в табл. 1.

Анализ результатов этого эксперимента, а также визуальные наблюдения позволяют определить следующие закономерности. Эффективность используемого в этом эксперименте суперпластификатора «FLVICEM», расход которого составлял 1,5 % от массы цемента, значительно выше применяемых нами в других экспериментах суперпластификаторов СЗ и ПФС. Однако в составах без наполнителя, даже при использовании такого эффективного суперпластификатора, получить хорошую удобоукладываемость смеси не удалось. Наблюдалось значительное водоотделение в этих составах (№ 4, 5, см. табл. 1), но удобоукладываемость оставалась в пределах 1–2 см.

Аналогичная закономерность наблюдалась и по составу № 3, расход наполнителя в котором 125 кг. Хорошо уплотнить образцы из этих составов не удавалось.

Эти составы с низким расходом цемента и суперпластификатором «FLVICEM» имели значительно лучшую удобоукладываемость и связность, чем с СЗ и ПФС. Прочность бетона, полученного из этих составов, существенно выше, чем из составов с таким же расходом цемента и примерно такой же удобоукладываемости, но без суперпластификатора, а также и с суперпластификатором ПФС и значительно более жестких смесей (см. состав № 1, табл. 2). Но коэффициент эффективности использования цемента в этих составах оставался значительно ниже, чем в составах с таким же расходом цемента и рациональным зерновым составом компонентов, который обеспечивался введением необходимого количества наполнителя (см. состав № 1, табл. 1).

Таблица 2

Составы и результаты испытания контрольных образцов бетона с варьированием наполнителя из хвостов обогащения железных руд, добавка ПФС

№ состава	Расход материалов на м ³ , кг						Удобо-уклад.	Плотность, кг/м ³		Прочн. R _б МПа	10R _б /Ц
	Ц	Н	Щ	П	В	ПФС, %		свежеотформ.	затвердевш.		
1	125	–	1250	875	150	0,5	100с	2238	2177	5,92	0,47
2	250	–	1250	750	130	0,5	85с	2325	2310	25,8	1,03
3	375	–	1250	625	115	0,5	88с	2350	2328	47,1	1,26
4	500	–	1250	500	130	0,5	110с	2407	2385	61,5	1,23
5	125	125	1250	750	130	0,5	60с	2325	2288	18,8	1,5
6	125	375	1250	500	120	0,5	70с	2377	2359	20,5	1,64
7	250	125	1250	625	115	0,5	70с	2353	2345	41,0	1,64
8	250	250	1250	500	120	0,5	92с	2372	2365	43,2	1,73
9	375	125	1250	500	130	0,5	85с	2387	2369	53,5	1,43

Особый интерес представляют результаты испытаний образцов составов № 6–8 (см. табл. 1). Даже при значительном расходе воды в бетонных смесях с суперпластификатором «FLVICEM» не наблюдалось водоотделение, эти смеси отличались хорошей удобоукладываемостью, отформованные из них образцы имели гладкую хорошую поверхность. Получить такого качества бетонную смесь при таких низких расходах цемента без введения рационального количества наполнителя невозможно, в том числе и при использовании эффективных суперпластификаторов. Реализация рациональных зерновых составов компонентов бетонных смесей в сочетании с современным эффективным суперпластификатором дает возможность при пониженных расходах цемента получить

высокого качества бетонную смесь и затвердевший из нее низкопрочный бетон с высоким коэффициентом эффективности использования цемента.

Чтобы убедиться в правильности и достоверности полученных результатов исследований, нами проведены дополнительные эксперименты с применением метода математического планирования эксперимента. Применены те же материалы, но в качестве суперпластификатора использовали ПФС. Расход цемента оставался постоянным равным 125 кг на кубометр. Применен трехуровневый трехфакторный эксперимент, принятые значения переменных представлены в табл. 3. При изменении расхода наполнителя из хвостов обогащения железных руд соответственно изменяли расход песка.

Таблица 3

Кодовые и натуральные значения переменных планированного эксперимента

Код	Натуральные значения, расход на кубометр бетона		
	наполнитель X_1 , кг	ПФС X_2 , % от Ц	вода X_3 , л
-1	50	0,5	125
0	300	1,0	140
+1	550	1,5	155

На рис. 1 изображены номограммы плотности, скорости ультразвука и прочности бетона от расхода наполнителя и пластификатора при постоянном содержании воды: *a* – 125, *б* – 140 л/м³ бетона. Анализом представленных на рис. 1 номограмм определены следующие закономерности. Как при расходе воды 125, так и 140 литров на кубометр наибольшие плотность, скорость ультразвука и прочность бетона определены при расходе наполнителя 300...400 кг/м³ и расходе пластификатора 0,7...1,2 % от массы цемента. Но эти характеристики несколько лучше при расходе воды 140 л/м³ бетона.

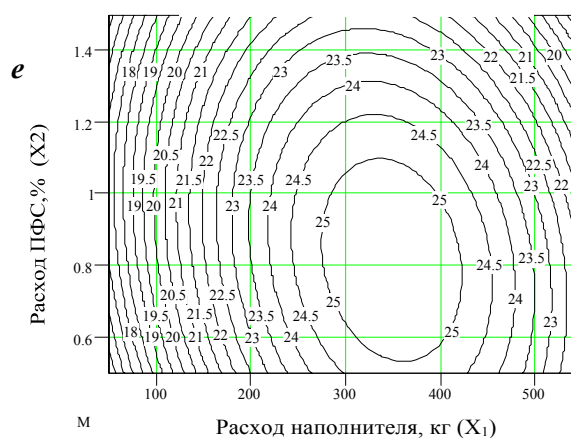
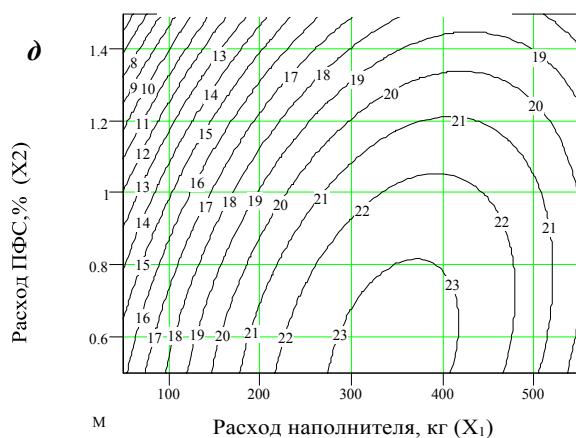
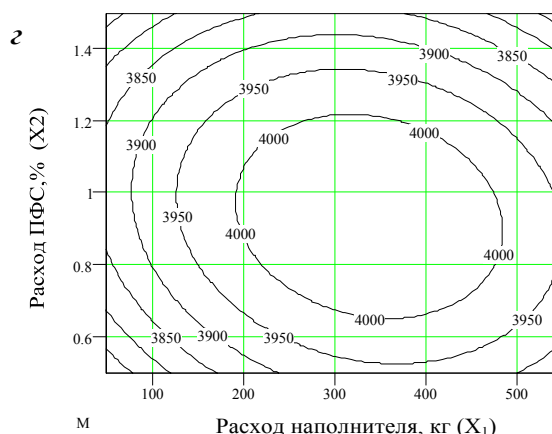
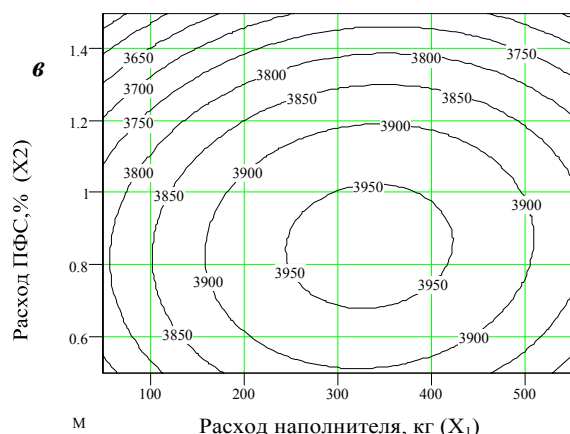
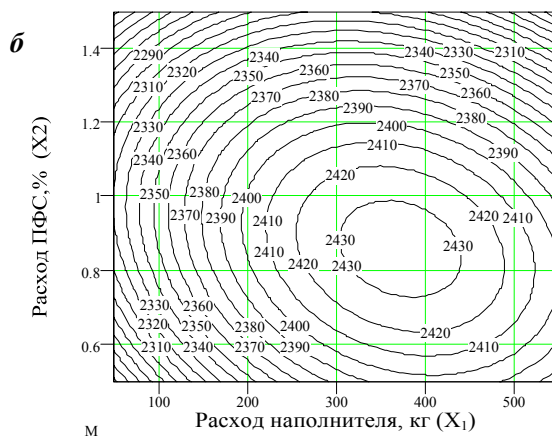
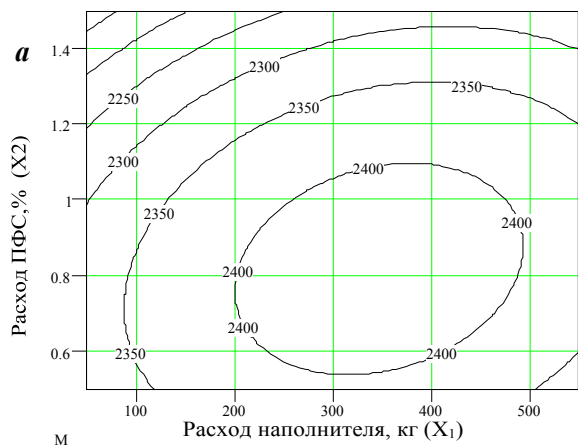


Рис. 1. Зависимости плотности (*a*, *б*), скорости ультразвука (*в*, *г*), прочности (*д*, *е*) от расхода хвостов обогащения железных руд и пластификатора ПФС при постоянном расходе воды: *a*, *в*, *д* – 125 л; *б*, *г*, *е* – 140 л/м³

Интенсивность уменьшения плотности, скорости ультразвука, прочности по мере уменьшения расхода наполнителя 200...50 кг/м³ и увеличения расхода пластификатора 1,2...1,5 % от массы цемента примерно одинакова. Так, наибольшая прочность составляет 25 МПа, а по мере уменьшения расхода наполнителя в исследуемом диапазоне она снижается до 18 МПа при постоянном расходе пластификатора. А при уменьшении содержания последнего до 0,5 % или увеличении до 1,5 % прочность бетона снижается еще больше и составляет 16 МПа. По мере увеличения содержания наполнителя до предельного (550 кг) прочность бетона также снижается, но менее существенно, чем при его уменьшении до 50 кг/м³ бетона. От расхода пластификатора в исследуемых пределах прочность зависит значительно менее существенно, чем от содержания наполнителя.

Закономерность изменения прочности при постоянном содержании воды 125 л на кубометр примерно такая же, как детально рассмотренная выше при содержании воды 140 л. Но прочность бетона во всем диапазоне изменения расхода наполнителя и пластификатора существенно ниже. Наименьшая прочность определена при содержании воды 125 л, наполнителя 50 кг/м³ бетона, а пластификатора 1,5 % от массы цемента.

Визуальными наблюдениями установлено, что бетонная смесь имеет наилучшие технологические характеристики при расходе наполнителя 300...400 кг/м³ и расходе пластификатора 0,7...1,2 % от массы цемента. Ни один из этих компонентов в отдельности не может обеспечить такие же хорошие удобоукладываемость и нерасслаиваемость бетонной смеси, отсутствие водоотделения, хорошее и быстрое запол-

нение формы. Образцы из такой смеси имеют хорошую гладкую поверхность.

Выводы

1. Эффективно использовать современные суперпластификаторы в низкопрочных бетонах с расходами цемента менее 200 кг на кубометр можно только при обеспечении рационального зернового состава компонентов бетонной смеси, в частности, введением в составы около 300 кг вторичных мелкозернистых продуктов промышленности.

2. Требуются дальнейшие исследования по обеспечению надежного перемешивания смесей с низкими расходами цемента, а также изучению долговечности таких бетонов и защите в них арматуры от коррозии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. – М.: Наука, 1998. – 768 с.
2. Никифоров А. П. Добавки для бетона. Состояние и перспективы // Будівельні конструкції. Сучасні проблеми бетону та його технологій. – К.: НДБК. – 2002. – С. 186–190.
3. Нетеса Н. И. Проблемы экономии цемента в бетонах введением рационального количества микронаполнителей // Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. науч. трудов. – Д.: ПГАСА, 2001. – Вып. 12. – С. 301–305.
4. Нетеса Н. И. Влияние зернового состава компонентов на структуру, прочность и морозостойкость бетонов // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Д.: ПДАБА. – 2002. – Вып. 16. – С. 100–107.

Поступила в редколлегию 24.03.2005.