

Бетоны нового поколения на основе сухих тонкозернисто-порошковых смесей

Д.т.н., профессор В.И. Калашников;

д.т.н., профессор О.В. Тараканов;

к.т.н., профессор Ю.С. Кузнецов;

аспирант В.М. Володин;

старший преподаватель Е.А. Белякова,*

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Ключевые слова: высокопрочный бетон; бетон общестроительного назначения; бетон нового поколения; суперпластификатор; каменная мука; удельный расход цемента на единицу прочности

За последние 60 лет цементные бетоны общестроительного назначения прошли три этапа своего развития. Первый этап, начавшийся со второй половины XIX века, продолжался до 1970 г. Бетоны этого периода могут быть названы бетонами старого поколения. Они содержат в своем составе четыре основных компонента: цемент, песок, щебень и воду. Химические добавки использовались в основном в бетонах специального назначения: это пуццолановые, жаростойкие, из минеральных добавок, уплотняющие, противоморозные, ускорители и замедлители твердения. Сильные пластификаторы в бетонах начали применяться с 1969 г. [1-4].

Природные рыхлые, пористые и водопотребные пуццоланы использовались в гидротехнических бетонах. Хотя микрокремнезем (МК) был уже известен, вследствие высокой дисперсности и отсутствия сильных пластификаторов он не нашел применения в практике. В качестве пластификаторов с 1930 г. использовались в основном отходы производства: сульфитно-дрожжевая бражка, упаренная последрожжевая мелассная барда, сульфитно-спиртовая барда; лигносульфонаты – лигносульфонат технический, лигносульфонат технический модифицированный.

Второй переходной этап – период применения эффективных суперпластификаторов первого поколения, начался с 1970 г. Он характеризуется рецептурой бетонов старого поколения, модифицированных суперпластификаторами (СП) на нафталиновой и меламиновой основе. В связи с тем, что такие пластификаторы выпускаются и в настоящее время, а в России в основном количестве, пластифицированные бетоны переходного периода производятся в объеме, близком к 100%. К сожалению, нет статистических данных о производстве непластифицированных бетонов старого поколения без СП. По нашим оценкам, в большинстве районов, областей и республик выпускаются бетоны без СП. Их производители оставляют без внимания значительные революционные преобразования в рецептуре бетонов.

1990 г. – начало эры эффективных суперпластификаторов второго поколения на карбоксилатной основе вместо нафталиновой. Однако в рецептуре, составе и структуре песчаных и щебенистых бетонов не произошло особых изменений. Кардинальным изменением явилось введение в 1995 г. пуццоланического микрокремнезема (МК), кислой золы и каменной муки [5-10]. В этот период в передовых зарубежных странах бетоны становятся многокомпонентными, включающими 6-7 компонентов за счет использования МК и дисперсных наполнителей – кварцевой (микрокварц) и каменной муки (базальтовой, гранитной, известняковой и др.). В России бетоны нового поколения не производятся и в настоящее время.

Нельзя сказать, что порошковая активация бетонов не использовалась во втором переходном периоде и в начале третьего периода, но такая активация не преследовала целей кардинально изменить реологию бетонных смесей с суперпластификаторами. Основное ее назначение – снизить расход цемента в бетонах переходного поколения за счет активных тонкодисперсных наполнителей. Полиструктурная теория, разработанная академиком В.И. Соломатовым и развитая его научной школой, предусматривала введение тонкодисперсных наполнителей в количестве 20-40% взамен цемента. При этом устанавливался максимум прочности в функции объемного содержания наполнителя.

Третий период предусматривал получение высокопрочных и особовысокопрочных бетонов путем добавления в бетон переходного поколения значительного количества порошкового Калашников В.И., Тараканов О.В., Кузнецов Ю.С., Володин В.М., Белякова Е.А. Бетоны нового поколения на основе сухих тонкозернисто-порошковых смесей

дисперсного наполнителя, необходимых количеств микрокремнезема и тонкозернистого песка фракции 0,1-0,5÷0,16-0,63 мм. Мы назвали такие бетоны порошково-активированными.

Порошковая активация мелкозернистых и щебеночных бетонов может осуществляться на основе готовой сухой цементно-дисперсной смеси.

Широкая и разнообразная номенклатура сухих строительных смесей, выпускаемых в Западных странах и в России, не коснулась производства сухих бетонных смесей. Выпускать такие смеси для бетона как композиционного материала, включающего цемент, песок и щебень, неразумно и неэкономично. Транспортировать большие объемы щебня и песка в регионы, в которых эти компоненты имеются в достаточном количестве, не имеет смысла. Кроме того, такие смеси нельзя загружать, разгружать и транспортировать пневмотранспортом, они сепарируются при загрузке емкостей. То же самое относится к песчаным бетонам, в которых содержатся средние и крупные пески с размерами частиц 2-5 мм.

Последние достижения в технике бетона ознаменовались внедрением высокопрочных и особовысокопрочных бетонов из саморастекающихся бетонных смесей с прочностью 150-200 МПа [11-15]. При создании таких бетонов используются не суперцементы сверхвысоких марок, а традиционные цементы марок 500-550 (классов ЦЕМ 42,5-52,5). Наиболее полная реализация особых реологических свойств в саморастекании и самоуплотнении бетонных смесей достигнута в тонкодисперсных минерально-цементно-водных системах с гиперпластификаторами (ГП) последних поколений [16-18]. Добавление в минерально-цементные дисперсии реакционно-активных пуццоланических добавок – микрокремнезема, высокодисперсного метакаолина – позволило связывать в бетоне «балластную» гидролизную $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – портландит – в дополнительные цементирующиеся вещества с повышением начальной и нормированной 28-суточной прочности с кардинальным улучшением всех физико-технических свойств бетонов. Это относится, прежде всего, к порошковым бетонам (ПБ), изготавливаемым из тонкозернисто-порошковых сухих смесей. В таких смесях содержится 50-60% порошкового компонента (цемент, молотая горная порода, микрокремнезем) и 40-50% тонкозернистого (кварцевый песок фракции 0,1-0,6 мм).

Таким образом, реологическая матрица должна быть воднодисперсной, и ее дисперсная фаза должна быть способна к адсорбции олиго- или полиионов ГП и диспергироваться на дискретные частицы из агрегатов (кластеров), образующихся при затворении минеральных порошков водой без поверхностно-активных веществ.

В порошково-активированных щебеночных бетонах нового поколения (рис. 1) имеются три реологические матрицы. Матрица первого рода состоит из цемента, молотого кварцевого песка (каменной муки), микрокремнезема, суперпластификатора и воды; матрица второго рода включает матрицу первого рода и тонкий песок; матрица третьего рода (растворная часть бетона) состоит из матриц первого и второго рода и среднего или крупного песка. В бетоне старого поколения (рис. 2) отсутствует матрица второго рода, а матрица третьего рода состоит из цемента, воды, суперпластификатора и рядового песка.

Кафедра технологии бетонов, керамики и вяжущих Пензенского государственного университета архитектуры и строительства около 15 лет занимается разработкой и исследованием свойств разных видов высокопрочных и особовысокопрочных бесщебеночных порошковых бетонов [3-5], песчаных и щебеночных бетонов на порошковой связке классов по прочности В80-В140. Изготовленные в лаборатории кафедры в 2008-2009 гг. порошковые бетоны из тонкозернисто-порошковой сухой смеси с содержанием цемента (Ц) в пределах 680-750 кг на 1 м^3 бетона, микрокремнезема от 7 до 15% от массы Ц, молотого песка до $S_{\text{уд}} = 3200-3600 \text{ см}^2/\text{г}$ – 350-375 кг на 1 м^3 , тонкозернистого песка фр. 0,16-0,63 мм – 700-750 кг на 1 м^3 , гиперпластификатора марки Melflux (1641F, 2641F, 2651F) – 0,8-0,9% от массы цемента, при В/Т = 0,10-0,13, были нами испытаны на долговременную прочность. Некоторые бетоны были изготовлены со стальной или акрилонитрильной фиброй. Результаты испытания приведены в табл. 1. Порошковая связка прошла успешное испытание для изготовления традиционных бетонов М200-800. В таких видах бетонов достигнуто небывало низкий удельный расход цемента на единицу прочности – 3,4-4,5 кг/МПа, в том числе в бетонах без МК.

Как следует из табл. 1, бетоны с прочностью на сжатие 100-129 МПа через 28 суток нормально-влажностного твердения после естественного твердения на воздухе от года до двух лет существенно повышают свою прочность. Прирост прочности на сжатие составляет от 8,5 до 50%, на растяжение при изгибе – от 12,4 до 60%. Таким образом, в высококачественном микрооднородном бетоне «чудес», связанных с потерей его прочности, не обнаружено. ПБ-МК-21, ПБ-МК-46, ПБ-МК-53, ПБ-МК-54, имевшие более низкую прочность 100-110 МПа, через 28 суток

Калашников В.И., Тараканов О.В., Кузнецов Ю.С., Володин В.М., Белякова Е.А. Бетоны нового поколения на основе сухих тонкозернисто-порошковых смесей

показали более высокий прирост прочности на сжатие (34-50%). Таким образом, некоторые бетоны нового поколения подчиняются по приросту прочности к 1 году известному логарифмическому закону: $R_{365} = R_{28} \cdot \lg_{365} / \lg_{28}$. В настоящее время испытаны бетоны в возрасте 3-4 лет. Результаты показывают, что прочность со временем возрастает и спадов прочности не происходит.

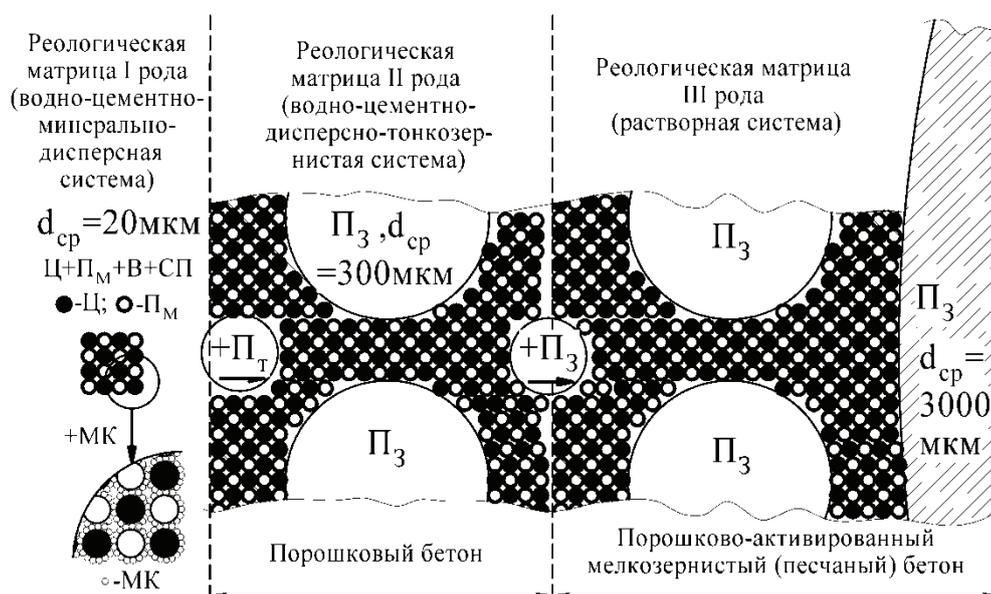


Рисунок 1. Топологическая структура порошково-активированного бетона нового поколения (щебень условно не показан)

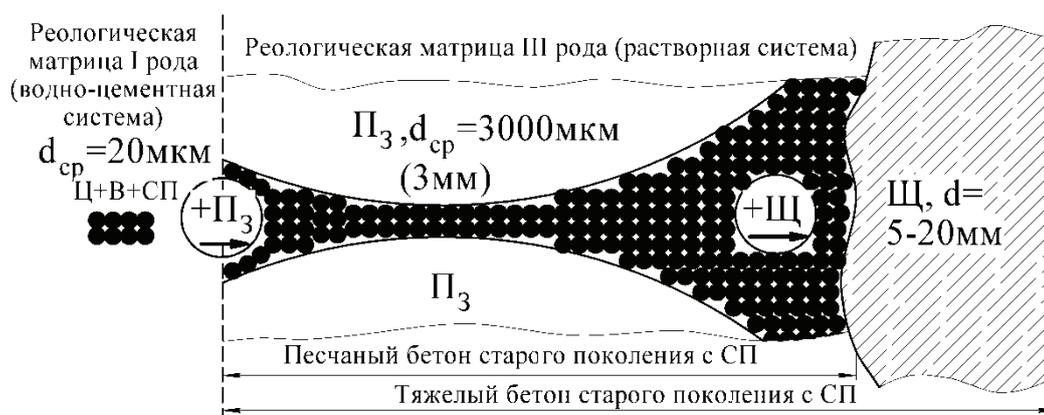


Рисунок 2. Топологическая структура бетонов старого поколения (в том числе СП)

Таким образом, вследствие чрезвычайно высокой прочности цементирующей связи из тонкозернисто-порошковой сухой смеси она может быть универсальной для изготовления: порошкового высокопрочного и особовысокопрочного бетона; песчаного бетона на мелком, среднем и крупном песке; щебеночного высокопрочного, особовысокопрочного бетона и бетона прочностью при сжатии 20-80 МПа.

Задачи исследований:

- разработка рецептуры сухих бетонных смесей с оптимальным соотношением цемента, молотого песка, микрокремнезема, ГП;
- определение плотности сухих смесей;
- изготовление ПБ, порошково-активированных щебеночных бетонов (ПАЩБ), порошково-активированных мелкозернистых бетонов (ПАМБ), порошковых клеев и изучение их свойств.

Таблица 1. Долговременная прочность порошковых бетонов

Показатели	Прочностные показатели реакционно-порошковых бетонов через, суток									
	ПБ-МК-21*		ПБ-МК-30		ПБ-МК-36Б**		ПБ-МК-46		ПБ-МК-52	
	28	610	28	480	28	480	28	480	28	385
Прочность, МПа - при сжатии	101	148	129	140	114	145	108	162	120	148
- на растяжение при изгибе	10,5	14,1	10,0	13,2	12,2	19,7	9,3	12,8	12,4	15,3
Прирост прочности на сжатие, %	46,5		8,5		27,2		50		23,3	
Прирост прочности на растяжение при изгибе, %	34,3		32		61,5		37,6		23,4	
Показатели	ПБ-МК-53*		ПБ-МК-53А***		ПБ-МК-54***		ПБ-МК-56		ПБ-МК-57***	
	28	385	28	385	28	385	28	365	28	385
	Прочность, МПа - при сжатии	105	144	110	148	106	144	119	134	115
- на растяжение при изгибе	12,1	13,6	12,6	17,6	12,4	16,4	11,3	12,9	13,4	15,8
Прирост прочности на сжатие, %	37,1		34,5		35,8		12,6		20	
Прирост прочности на растяжение при изгибе, %	12,4		39,7		32,25		14,2		17,9	

* – армированные стальной нержавеющей фиброй, $d = 0,15\text{мм}$; $l = 8\text{-}9\text{мм}$ (1% по объему бетона);

** – армированные акрилонитрильной фиброй, $d = 2,5\text{мм}$; $l = 4\text{мм}$ (0,3% по объему бетона);

*** – армированные комбинированной фиброй (стальной (0,9%) и акрилонитрильной (0,1%).

Для изготовления сухой тонкозернисто-порошковой бетонной смеси использовались: ПЦ М500 Д0 Вольского, Красноярского и Топкинского заводов; белый цемент М500 Щуровского завода; кварцевый молотый песок (P_m) $S_{уд} = 1400\text{-}4000\text{ см}^2/\text{г}$ Сурского, Башмаковского, Ивановского месторождений (Пензенская область) и Ачинского месторождения (Красноярский край); тонкозернистый песок фракции $0,16\div 0,63\text{ мм}$ (P_r); микрокремнизем гранулированный (МК) Новокузнецкого завода ферросплавов и порошкообразный – Липецкого металлургического комбината; ГП на поликарбоксилатной основе Melflux 1641, 2651, 5581F.

В отдельных случаях использовалась металлическая нержавеющая фибра диаметром 0,15 мм, длиной 7-9мм и полиакрилонитрильная Ricem MC 2,5/8 мм.

Цемент из-за отсутствия эффективного смесителя-активатора смешивался предварительно с ГП Melflux пересыпанием на полиэтиленовой пленке и в шаровой лабораторной мельнице МБЛ с малым количеством шаров в течение 10 минут без увеличения удельной поверхности. Гранулированный МК вследствие плохого распускания в воде кратковременно (5-10 минут) диспергировался с тонкозернистым песком в мельнице. После совместного смешивания компонентов сухая смесь непрерывно засыпалась в миксерную мешалку с предварительно отдозированным в нее количеством воды в течение 5-6 минут при 400 об/мин. Смесь разливалась в зависимости от назначения в формы $40\times 40\times 160\text{ мм}$, $100\times 100\times 100\text{ мм}$, $70\times 70\times 280\text{ мм}$, $100\times 100\times 400\text{ мм}$ или в пластмассовые формы для отделочных плит с размерами $600\times 300\times 15\text{ мм}$.

При изготовлении песчаных бетонов в приготовленную водно-порошковую смесь добавлялся песок с последующим дополнительным перемешиванием; при изготовлении щебеночных бетонов добавлялся щебень фракции $5\div 10\text{ мм}$ или смесь фракций $5\div 10$ и $10\div 20\text{ мм}$.

Контроль консистенции смесей осуществлялся в зависимости от их вида и требуемой технологии уплотнения: по самопроизвольному диаметру расплыва конуса (D_p) от встряхивающего столика на стекле (конуса Хегерманна по ГОСТ 310.4-81); по осадке стандартного конуса (ОК) или по жесткости (Ж) на приборе Красного (ГОСТ 10181.1-81).

Плотность бетонной смеси определяли по взвешиванию мерных сосудов после ее самоуплотнения или вибрационного уплотнения. Выход бетонной смеси контролировался очень точно по следующим параметрам: обмеру затвердевших образцов в герметичных условиях через 12-14 часов после формования; взвешиванию уплотненных потерь бетонной смеси и сосудов с ее остатками. Фактическая плотность сравнивалась с теоретической, рассчитанной по методу абсолютных объемов.

Результаты испытаний представлены в табл. 2. Как следует из табл. 2, используя сухие тонкозернисто-порошковые бетонные смеси, можно изготавливать эффективные высокопрочные порошковые бетоны, порошково-активированные мелкозернистые и порошково-активированные щебеночные бетоны с удельным расходом цемента от 4,1 до 5,5 кг на один МПа прочности. В настоящее время этот показатель для практически всех бетонов марок от М200 до М800, производимых в России, составляет от 8 до 14 кг на один МПа. И лишь у отдельных производителей снижается до 7 кг/МПа. Многокомпонентные бетоны нового поколения характеризуются малой усадкой (0,22-0,3 мм/м), низким водопоглощением (0,6-1,5%), высокой морозостойкостью (для малоцементных с прочностью 20-60 МПа – более 200-500 циклов, для высокопрочных и сверхпрочных – более 1000 циклов попеременного увлажнения и оттаивания). Важно то, что как песчаные, так и щебеночные бетоны, не содержащие в своем составе МК, имеют прочность на 5-15% ниже, чем с МК.

Таблица 2. Составы и свойства бетонных смесей, темпы твердения и прочность бетонов с использованием сухой порошковой бетонной смеси (СПБС)

№ состав		1	2	3	4	5	6	7	
Вид бетонов		РПБ		РППБ		РПЩБ			
Состав бетонной смеси	СПБС	Ц	722	738	497	391	480	480	320
		П _м	332	380	374	293	260	260	235
		МК	79	73,2	-	39	52	-	22,2
		П _г	1046	1042	400	547	485	480	351
	П _з	-	-	1014	950	300	300	510	
	Щ	-	-	-	-	800	840	1028	
	В	218	169	154	152	157	154	120	
ГП, % от Ц		0,9	0,9	0,9	0,9	0,75	0,75	0,9	
В/Ц (В/Т)		0,3(0,1)	0,23(0,08)	0,31(0,06)	0,39(0,07)	0,33(0,06)	0,32(0,06)	0,376 (0,048)	
Плотность бетонной смеси, кг/м ³		2376	2285	2365	2425	2505	2530	2534	
Др, см ОК, см, Ж, с.		ОК 26	ОК 5-6	Ж 10-15	ОК 24	Ж 15-20	ОК 22	ОК 22	
Прочность при сжатии (изгибе), МПа, в возрасте, сут.	1	52(8,0)	После ТВО 134 (13,1)	52(9,4)	-	55,6(7,2)	45,0(7,3)	66(8,6)	
	7	126(10,8)		94,8(12,0)	91,2(11,7)	93(13,2)	90,4(11,3)	111 (12,1)	
	25	147(16,4)		114(12,4)	116(12,1)	120(17,6)	106(13,1)	134 (15,0)	
Цуд, кг/МПа		4,9	5,5	4,4	3,37	4,0	4,5	2,4	

ГП входит в состав СПБС

Сухие смеси, содержащие в своем составе 6 компонентов, определяющих высокую прочность цементирующей матрицы, при использовании на бетонных заводах и ЖБИ увеличивают точность и существенно упрощают процесс дозирования. Они легко перемещаются пневмотранспортом и имеют насыпную плотность на 20-25% больше, чем цемент (табл. 3).

Рецептура сухих смесей может изменяться и включать в себя не 5, а 4 компонента: цемент, молотый песок, МК и СП. В этом случае она соответствует цементу ЦЕМ V в соответствии с Евразийским стандартом ГОСТ 3108-2003. По этому стандарту ЦЕМ V соответствует цементу, в котором содержание клинкера не превышает 35%. Такой цемент не выпускается ни одним цементным заводом России, хотя стандарт действует уже 10 лет.

Таблица 3. Плотность сухих тонкозернисто-порошковых бетонных смесей при различных соотношениях компонентов

	Соотношение компонентов	$R_{нас,3}$ кг/м ³	$R_{упп,3}$ кг/м ³
Сухая смесь без МК с молотым песком при $S_{уд}=1400\text{см}^2/\text{г}$	Ц : П _М : П _Т 1: 0,5: 1,63	1376	1786
Сухая смесь с МК с молотым песком при $S_{уд}=1400\text{см}^2/\text{г}$	Ц : П _М : П _Т : МК 1: 0,5: 1,38: 0,24	1324	1657
Сухая смесь без МК с молотым песком при $S_{уд}=3200\text{см}^2/\text{г}$	Ц : П _М : П _Т 1: 0,5: 1,63	1336	1783
Сухая смесь с МК с молотым песком при $S_{уд}=3200\text{см}^2/\text{г}$	Ц : П _М : П _Т : МК 1: 0,5: 1,38: 0,24	1277	1752

Технология производства ЦЕМ V отличается от производства вяжущего низкой водопотребности (ВНВ), является более гибкой (и доступной для заводов сборного и монолитного бетонов) в связи с тем, что совместному помолу подвергаются не клинкер с наполнителями и СП, а уже произведенный бездобавочный цемент, СП, МК и молотый песок или другие наполнители (известняк, базальт, гранит или другие горные породы, имеющиеся в районе функционирования цементных заводов).

При производстве сухой смеси осуществляется кратковременный домол, определяющий функцию микрооднородного смешивания компонентов. Естественно, на цементном заводе или на заводах по производству сборного или монолитного бетона должен быть предусмотрен помол наполнителя.

Можно полагать, что если цементные заводы не освоят производство цемента ЦЕМ V, то его освоят отдельные крупные ДСК и заводы сборного и монолитного бетона. Для этого им необходимо организовать классификацию кварцевого песка, его помол и однородное смешение с цементом и другими компонентами.

В г. Красноярске в содружестве с ООО «Новые технологии строительства» по разработанной рецептуре смесей при их оптимизированной модификации из цветного бетона марки М1800-М2000 были изготовлены «Памятник Победы» и обелиск «Аллея Победы».

Выводы

1. Настоящий период в России характеризуется в основном производством пластифицированных 5-компонентных бетонов переходного поколения с СП или 6-компонентных с добавкой МК. Многокомпонентные (7- и 8-компонентные) бетоны в России практически не производятся.
2. Показано, что использование сухих тонкозернисто-порошковых смесей для получения всех видов бетонов нового поколения: реакционно-порошковых, порошково-активированных песчаных и порошково-активированных щебеночных, позволяет повысить прочность бетонов до 120-160 МПа, а фибробетонов – до 160-240 МПа и снизить удельный расход цемента на единицу прочности до 2,4-5,0 кг/МПа. Это определяет глобальную экономику в строительстве и отраслях, сопутствующих производству бетонов.
3. Опасения некоторых специалистов по бетону, связанные с потерей прочности бетонов при длительной эксплуатации, являются беспочвенными. Бетоны нового поколения не снижают прочности при длительном твердении и не показывают сбросов ее во времени.
4. Для производства бетонов нового поколения цементные заводы должны освоить выпуск композиционного цемента ЦЕМ V в соответствии с Евразийским стандартом ГОСТ 3108-2003. Крупные домостроительные комбинаты, заводы по производству бетона и заводы ЖБИ могут перейти на производство бетонов нового поколения, если освоят приготовление сухих реакционно-порошковых смесей на своих площадях.

Литература

1. Баженов Ю. М. Технология бетонов XXI века / Академические чтения РААСН. Новые научные направления строительного материаловедения. Часть 1. Белгород, 2005. С. 9–20.
2. Richard P., Cheurezy M. Reactive Powder Concrete with High Ductility and 200-800 MPa Compressive Strength // AGJ SPJ 144-22. 1994. Pp. 507-518.
3. Dugat J., Roux N., Bernier G. Mechanical Properties of Reactive Powder Concretes. Materials and Structures. 1996. Vol. 29. Pp. 233-240.
4. Dallaire E., Bonneau O., Lachemi M., Aïtsin P.-C. Mechanical Behavior of Consined Reactive Powder Concrete // American Society of Civil Engineers Materials Engineering Conference. Washington. 1996. Vol. 1. Pp. 555-563.
5. Kleingelhöfer P. Neue Betoverflüssiger auf Basis Polycarboxylat // Proc. 13. Ybasil. Weimar. 1997. Bd. 1. Pp. 491-495.
6. Калашников В. И. Основы пластифицирования минеральных дисперсных систем для производства строительных материалов: дис... д-ра техн. наук. Воронеж, 1996. 89 с.
7. Калашников В. И., Иванов И. А. О характере пластифицирования минеральных дисперсных композиций в зависимости от концентрации в них твердой фазы // Механика и технология композиционных материалов. Материалы II Национальной конференции. София: БАН, 1979. С. 455-458.
8. Калашников В.И., Иванов И.А., О структурно-реологическом состоянии предельно разжиженных высококонцентрированных дисперсных систем // Труды IV Национальной конференции по механике и технологии композиционных материалов. София: БАН, 1985. С. 127-130.
9. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Стройиздат, 1998. 768 с.
10. Несветаев Г.В., Давидюк А.Н. Гиперпластификаторы Melflux для сухих строительных смесей и бетонов // Строительные материалы. 2010. №3. С. 38-40.
11. Richard P., Cheurezy M. Composition of Reactive Powder Concrete. Scientific Division Bougies // Cement and Concrete Research. 1995. Vol. 25. №7. Pp. 1501-1511.
12. Калашников В.И., Ананьев С.В. Высокопрочные и особовысокопрочные бетоны с дисперсным армированием // Строительные материалы. 2009. №7. С. 59-61.
13. Свиридов Н.В., Коваленко М.Г. Бетон с прочностью 150 МПа на рядовых портландцементях // Бетон и железобетон. №2. 1990. С. 21-22.
14. Фаликман В.Р., Сорокин Ю.В., Калашников О.О. Строительно-технические свойства особовысокопрочных быстротвердеющих бетонов // Бетон и железобетон. 2004. №5. С. 5-10.
15. Bornemann R., Fenling E. Ultrahochfester Beton-Entwicklung und Verhalten // Leipziger Massivbauseminar. 2000. Bd. 10. Pp. 1-15.
16. Калашников В.И. Через рациональную реологию в будущее бетонов. Часть 1. Виды реологических матриц в бетонной смеси и стратегия повышения прочности бетона и экономии его в конструкциях // Строительные материалы XXI века. Технологии бетонов. 2007. №5. С. 8-10.
17. Калашников В.И. Тонкодисперсные реологические матрицы и порошковые бетоны нового поколения // Технологии бетонов. 2007. №6. С. 8-11.
18. Калашников В.И. От высокопрочных и особовысокопрочных бетонов будущего к суперпластифицированным бетонам общего назначения настоящего // Технологии бетонов. 2008. №1. С. 22-26.

** Елена Александровна Белякова, г. Пенза, Россия*

Тел. раб.: +7(8412)49-48-47; эл. почта: var_lena@mail.ru

© Калашников В.И., Тараканов О.В., Кузнецов Ю.С., Володин В.М., Белякова Е.А., 2012

doi: 10.5862/MCE.34.7

Next generation concrete on the basis of fine-grained dry powder mixes

V.I. Kalashnikov;
O.V. Tarakanov;
Y.S. Kusnetsov;
V.M. Volodin;
E.A. Belyakova,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia,
+7(8412)49-48-47; e-mail: var_lena@mail.ru

Key words

high strength concrete; general purpose concrete; next generation concrete; superplasticizer; stone powder; specific cement consumption per unit of strength

Abstract

The testing results and physicochemical properties of next generation concretes with low specific consumption of cement per unit of strength are given.

It is shown, that application of fine-grained dry mixes for production of all sorts of next generation concrete: reacting-powder, sand powder-activated and crushed-stone powder-activated, will allow improving the durability of concretes and reducing specific consumption of cement per unit of strength.

It is evident that next generation concretes can be not only high strength and super-high strength ones, but also general purpose concretes with the strength performance of Class V15–V40 with specific cement consumption per unit of compression strength equal to 3–5 kg/MPa. To achieve such technical and economic criteria, it is necessary to optimize the composition of rheological matrices in the concrete.

References

1. Bazhenov Yu.M. *Akademicheskiye chteniya RAASN. Novyye nauchnyye napravleniya stroitel'nogo materialovedeniya*. Chast 1 [Academic readings of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. New research areas of construction material science. Part 1]. Belgorod, 2005. Pp. 9–20. (rus)
2. Richard P., Cheurezy M. Reactive Powder Concrete with High Ductility and 200-800 MPa Compressive Strength. *AGJ SPJ 144-22*. 1994. Pp. 507-518.
3. Dugat J., Roux N., Bernier G. Mechanical Properties of Reactive Powder Concretes. *Materials and Structures*. Vol. 29. 1996. Pp. 233-240.
4. Dallaire E., Bonneau O., Lachemi M., Aïtcin P.-C. Mechanical Behavior of Consined Reactive Powder Concrete. *American Society of Civil Engineers Materials Engineering Conference*. Washington, 1996. Vol. 1, Pp. 555-563.
5. Kleingelhöfer P. Neue Betoverflüssiger auf Basis Polycarboxylat. *Proc. 13., Ybasil*. Weimar., 1997. Bd. 1, Pp. 491-495.
6. Kalashnikov V.I. *Osnovy plastifitsirovaniya mineralnykh dispersnykh sistem dlya proizvodstva stroitelnykh materialov: dis... d-ra tekhn. Nauk* [The fundamentals of plasticization of mineral disperse systems for production of construction materials. PhD dissertation]. Voronezh, 1996. 89 p. (rus)
7. Kalashnikov V.I., Ivanov I.A. *Mekhanika i tekhnologiya kompozitsionnykh materialov. Materialy II Natsionalnoy konferentsii* [Mechanics and Technology of composition materials. Materials of II National Conference]. Sofiya: BAN, 1979. Pp. 455-458. (rus)
8. Kalashnikov V.I., Ivanov I.A., system. *Trudy IV Natsionalnoy konferentsii po mekhanike i tekhnologii kompozitsionnykh materialov*. [Proceedings of IV National Conference on Mechanics and Technology of composition materials]. Sofiya: BAN, 1985. Pp. 127-130. (rus)
9. Batrakov V.G. *Modifitsirovannyye betony* [Modified concretes]. Moscow: Stroyizdat, 1998. 768 p. (rus)
10. Netsvetayev G.V., Davidyuk A.N. *Stroitelnyye materialy*. 2010. No. 3. Pp. 38-40. (rus)
11. Richard P., Cheurezy M. Composition of Reactive Powder Concrete. *Cement and Concrete Research*. 1995. Vol. 25. No. 7. Pp. 1501-1511.

Kalashnikov V.I., Tarakanov O.V., Kusnetsov Y.S., Volodin V.M., Belyakova E.A. Next generation concrete on the basis of fine-grained dry powder mixes

12. Kalashnikov V.I., Ananyev S.V. *Stroitelnyye materialy*. 2009. No. 7. Pp. 59-61. (rus)
13. Sviridov N.V., Kovalenko M.G. *Beton i zhelezobeton*. No. 2. 1990. Pp.21-22. (rus)
14. Falikman V.R., Sorokin Yu.V., Kalashnikov O.O. *Beton i zhelezobeton*. 2004. No. 5. Pp.5-10. (rus)
15. Bornemann R., Fenling E. Ultrahochfester Beton-Entwicklung und Verhalten. *Leipziger Massivbauseminar*. 2000. Bd. 10. Pp. 1-15.
16. Kalashnikov V.I. *Stroitelnyye materialy XXI veka. Tekhnologii betonov*. 2007. No. 5. Pp. 8-10. (rus)
17. Kalashnikov V.I. *Tekhnologii betonov*. 2007. No. 6. Pp.8-11. (rus)
18. Kalashnikov V.I. *Tekhnologii betonov*. 2008. No. 1. Pp. 22-26. (rus)

Full text of this article in Russian: pp. 47-53