

УДК 691.542

*Баженов Ю.М., академик РААСН,
МГСУ, г. Москва, Россия*

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЦЕМЕНТЫ И БЕТОНЫ

В последние десятилетия XX века произошли существенные изменения в технологии цементных систем и бетонов. Получили применение новые добавки-модификаторы структуры и свойств бетона, композиционные вяжущие вещества, дисперсные минеральные наполнители и интенсивная технология бетона, обеспечивающая получение материалов высокого класса с гарантированными свойствами. Возросли возможности целенаправленного управления технологией цементных систем и бетонов и разнообразие применяемых технологических приемов приготовления бетона и изделий и конструкций на его основе. На смену традиционным материалам приходят многокомпонентные цементные системы и бетоны, включающие комплексы добавок-модификаторов и активных тонкодисперсных минеральных компонентов.

Наибольшее распространение среди добавок-модификаторов получили суперпластификаторы и комплексные органно-минеральные добавки, включающие суперпластификатор и микрокремнезем. Эффективность добавки зависит от способа ее введения в материал. Совместный домол цемента с суперпластификатором позволяет в два раза увеличить значение оптимальной дозировки добавки по сравнению с ее введением в бетонную смесь и, соответственно, в 1,7...2 раза увеличить эффект ее воздействия на водопотребность смеси: например, нормальная плотность цементного теста снижается с 28 до 14% и водопотребность бетонных смесей одинаковой подвижности на 40...50%, в то время как при введении суперпластификатора непосредственно в бетонную смесь водопотребность уменьшается всего на 20...25%.

Разработанные в России **многокомпонентные композиционные цементные системы**, включающие цемент, суперпластификатор и другие химические добавки и активные минеральные тонкодисперсные компоненты, получившие название **вяжущих** или **цементов низкой водопотребности (ВНВ)** являются более эффективными в технологии бетона чем обычные цементы. За счет изменения состава вяжущего и используемых компонентов получают ВНВ различных свойств (табл. 1).

Замена части цемента (или цементного клинкера) активными минеральными добавками снижает эффективность действия суперпластификатора и, соответственно, повышает нормальную плотность ВНВ и уменьшает его прочность, определенную по испытаниям в равноподвижных смесях. Поскольку при испытаниях ВНВ используются растворы с низкими $В/Ц=0,25...0,3$, то возникает необходимость разработки специальных методов оценки качества композиционных вяжущих и установления соответствия между свойствами ВНВ и цемента, и учета особенностей их испытания при оценке влияния вяжущих на прочность и другие свойства бетона.

Необходимо учитывать, что приблизительно 70...80% общего вклада в повышении прочности достигается за счет снижения водопотребности смеси и приготовления цементного камня и раствора при низких значениях водоцементного отношения, и, соответственно, повышения их плотности, и лишь 20...30% - за счет увеличения тонкости помола и удельной поверхности вяжущего и создания более прочной и монолитной тонкозернистой структуры материала.

Заметное влияние на свойства композиционных вяжущих веществ оказывает вид минерального тонкодисперсного компонента (табл. 2). Наилучшие результаты достигаются при применении доменного шлака или специальных расширяющихся компонентов.

Композиционные вяжущие вещества одновременно являются и быстротвердеющими системами, что позволяет перейти на безобогревное твердение при изготовлении сборного железобетона или повысить темпы возведения монолитных зданий и сооружений. Низкие значения нормальной плотности композиционных вяжущих позволяет получить высокую плотность и прочность цементного камня, что обеспечивает значительное повышение долговечности бетонов,

приготовленных на этих вяжущих (табл.3).

Таблица 1 - Свойства ВНВ

Вид вяжущего	Нормальная густота	Прочность при сжатии, МПа	Пористость раствора 1:3	
			Общая, %	Преобладающий радиус пор, А
ВНВ-100	14	95	18,0	200...400
ВНВ-50 (50% портландцемента и 50% молотого шлака)	18	60	19,6	1000...4000
Исходный портландцемент	28	50	22,4	4000...6000

Таблица 2 - Влияние на свойства композиционных вяжущих вида минерального компонента

Содержание клинкерного компонента	Вид минерального компонента	Нормальная густота	Прочность при сжатии в возрасте 28 сут., МПа	Относительная прочность в возрасте 1 сут. от 28-суточной, %
50	Мягкие природные пуццоланы, зола-унос	21...24	50	10...15
	Песок, известняк	20...22	55	15...20
	Доменный шлак	18...20	60	20...25
80	Мягкие природные пуццоланы, зола-унос	21...24	70...75	25...30
	Песок, известняк	18...22	75...80	30...35
	Доменный шлак, расширяющиеся добавки	16...18	80...90	40...50
90...95	Доменный шлак, расширяющиеся добавки	15...18	100...120	60...70
Портландцемент (для сравнения)		25...28	50	15...20

Таблица 3 - Морозостойкость и водонепроницаемость бетонов в зависимости от вида и состава композиционных вяжущих

Содержание клинкерного компонента	Вид минерального компонента	Свойства бетона		
		Марка по прочности	Марка по морозостойкости	Марка по водонепроницаемости
50	Природные пуццоланы	600	F300	W8
80	Шлак	700... 800	F400	W12
95	Шлак	800... 1000	F600 и более	W20

Таким образом, **многокомпонентные композиционные вяжущие вещества низкой водопотребности** позволяют существенно повысить прочность и долговечность бетона, открывают широкие возможности совершенствования технологии бетона, особенно в сочетании с добавками-модификаторами и применении многокомпонентных составов бетона.

В технологии **многокомпонентных композиционных бетонов (МКБ)** с целью управления структурообразованием, технологией производства и регулированием свойств материала используют:

- композиционные вяжущие на различной основе (цементе, гипсе, магнезиальных вяжущих и др.), являющиеся многокомпонентными вяжущими низкой водопотребности;

- комплексные модификаторы структуры и свойств, включающие различные химические модификаторы и активные минеральные компоненты, в том числе ультрадисперсные;
- правильно подобранное минеральное сырье заполнителей, обеспечивающее получение экономических и долговечных бетонов;
- интенсивную технологию, обеспечивающую гомогенизацию состава и создание условий оптимального взаимодействия составляющих в процессе образования структуры материала и ее упрочнения.

Эффективные многокомпонентные бетоны могут быть получены и на обычном цементе с использованием комплекса добавок-модификаторов, микрокремнезема и других активных минеральных компонентов. В этом случае хорошие результаты достигаются при применении механо-химической активации. На ее основе возможно получение композиционных вяжущих мокрого помола и приготовление многокомпонентных бетонов по двухстадийной технологии.

Основу современной технологии МКБ составляет создание высококачественного искусственного камня, отличающегося малой дефектностью и устойчивостью структуры, в том числе за счет уменьшения ее перестройки в процессе твердения. На его основе могут создаваться различные качественные бетоны при введении в структуру материала дополнительных составляющих и их модификаций:

- различных минеральных заполнителей и наполнителей - конструкционные бетоны разной прочности и высококачественные бетоны, из которых для условий России особый интерес представляют мелкозернистые и малощебеночные композиционные бетоны;
- регулируемой воздушной фазы - различные виды облегченных конструкционных и высококачественных ячеистых бетонов с повышенными теплозащитными свойствами;
- дисперсных волокнистых материалов - фибробетоны с широким регулированием свойств;
- пигментов, специальных каменных материалов и применении особой технологии - различные виды архитектурно-декоративного бетона;
- отходов промышленности - бетоны с гарантированной экологической безопасностью одновременно с утилизацией отходов, а также возможностью захоронения вредных отходов путем капсулирования их в экологическом непроницаемом бетоне;
- полимерных составляющих - широкой гаммы П-бетонов, в том числе для ремонта, реконструкции, декоративных целей и др.;
- специальных компонентов - особые виды высококачественных бетонов: электротехнических, защитных и др.;
- напрягающих добавок - бетоны для самонапряженных конструкций;
- минеральных наполнителей, различных песков, добавок-модификаторов структуры и регулирования воздушной фазы - растворы различного назначения.

Варьируя составы бетона и комплекс используемых компонентов можно получать многокомпонентные бетоны самых различных свойств и самого разного назначения. Сегодня в технологии бетона применяют свыше 1000 разных видов бетона с прочностью от 0,3 до 150 МПа и плотностью от 200 до 2800 кг/м³.

Для упрощения технологии используют заранее приготовленные органно-минеральные добавки, например добавки МБ, включающие оптимальные дозировки суперпластификатора и микрокремнезема. Влияние комплексной добавки на свойства бетона показано в табл. 4. Сравнивались бетоны, приготовленные из равноподвижных бетонных смесей с осадкой конуса около 20 см. При необходимости получить бетоны более низкой прочности необходимо вводить тонкодисперсные минеральные добавки-разбавители цемента. Однако приготовление бетона с МБ при низких водоцементных отношениях существенно повышает эффективность использования тонкомолотых минеральных компонентов, углубляет гидратацию цемента и обеспечивает получение качественных и долговечных бетонов.

В наивысшей степени достоинства многокомпонентных бетонов воплотились в концепции **бетонов высокого исполнения** или **высококачественных бетонах**. В этих бетонах как бы суммируются требования к технологии и свойства бетонов с отдельными высокими показателями: технология бетонных смесей высокой удобоукладываемости, бетона высокой прочности, стабильности объема и долговечности. Эти бетоны должны иметь прочность при сжатии 60... 120 МПа и

более, морозостойкость свыше 400 циклов, водонепроницаемость более W12, а также низкую проницаемость и ряд других особых свойств.

Таблица 4 - Свойства бетона с добавкой МБ

Расход цемента	В/Ц	Прочность бетона при сжатии, МПа, при содержании добавки, %			Марка по водонепроницаемости при содержании добавки, %		
		0	10	15	0	10	15
300	0,45	28	47	65	W6	W16	W20
400	0,38	38	60	78			
480	0,32	50	75	95			

В технологии высококачественных бетонов наиболее полно реализуются преимущества композиционных вяжущих низкой водопотребности. В табл.5 приведены свойства высококачественных бетонов на ВНВ, в которых в качестве крупного заполнителя использовался щебень и з габродиабаза высокой прочности. Подвижность бетонной смеси составляла 1...4 см. Эти бетоны отличаются не только высокой прочностью в возрасте 28 сут., но и высокой прочностью в возрасте 1 сут. (более 100 МПа). Появление высококачественных бетонов открывает большие возможности совершенствования строительных конструкций, зданий и сооружений.

Таблица 5 - Свойства высококачественных бетонов на ВНВ

Содержание ВНВ, кг/м ³	Водоцементное отношение	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут.		Морозостойкость, цикл.
		1	28	
350	0,27	100,5	152,3	800
450	0,23	131,8	171,5	900
550	0,20	142,1	183,2	1100

Дальнейшее развитие технологии бетонов будет происходить в направлении применения все более тонких компонентов бетона и перехода к строительным композитам гидратационного твердения на основе ультрадисперсных компонентов и специальной технологии.

Новые строительные композиты являются многокомпонентными системами и включают специально подготовленные композиционные цементы, химические добавки- модификаторы, микрокремнезем, наносиликаты или другие ультрадисперсные минеральные компоненты, специальные заполнители и микроволокна. Применение особой технологии (высокого давления и других интенсивных приемов) позволяет снизить водоцементное отношение до 0,06.. 0,12 и достичь особо высокой прочности.

Таблица 6 - Свойства разных видов бетона и композитов

Вид материала	Прочность при сжатии, МПа	Морозостойкость, цикл.
Обычный бетон	10...50	50...300
Многокомпонентный бетон	40...100	200... 500
Высококачественный бетон	80... 160	500... 1000
Бетонные композиты	150...850	>1000

Таким образом, современная технология бетона располагает самыми разнообразными материалами, с широким диапазоном свойств и возможностей (табл.6). Внедрение в строительство многокомпонентных бетонов способствует повышению качества строительных конструкций и ускорению их изготовления или возведения монолитных зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М. Технология бетона, М., Изд. АСВ, 2011, 500 с.