

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,  
 Погорелова И.А., канд. техн. наук, доц.,  
 Слепухин А.С., аспирант,  
 Плехова С.И., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ БЕТОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУПЕРПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ ПОЛИКАРБОКСИЛАТА

ludmilasuleimanova@yandex.ru

Оптимизации бетонных смесей в производственных условиях с учетом требований к свойствам продукции и по экономическим причинам, придается большое значение. Для получения высокоподвижных бетонов целесообразны суперпластифицирующие добавки на основе эфиров поликарбоксилата. Получены высокотехнологичные самоуплотняющиеся бетоны с применением добавок MasterGlenium 115 и MasterGlenium SKY 591 классом по подвижности П5.

**Ключевые слова:** высокотехнологичный бетон, добавка, суперпластификатор на основе поликарбоксилата, самоуплотняющийся бетон.

Оптимизации бетонных смесей в производственных условиях с учетом требований к свойствам продукции и по экономическим причинам, придается большое значение. Предприятия, осуществляющие производство железобетонных изделий и конструкций или бетонных смесей не обходятся без применения специальных добавок для бетона, существенно улучшающих качество и характеристики смеси и регулирующих процессы схватывания цемента и его твердения.

Современные производители бетона и железобетонных изделий и конструкций учитывают все возможности и нюансы, позволяющие рационально подобрать и приготовить высокотехнологичную бетонную смесь, увеличить прочность, влагонепроницаемость, морозостойкость, трещиностойкость, сделать продукцию высокого качества с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Для повышения эффективности работы производители бетона и железобетонных изделий и конструкций используют специальные добавки в бетоны, воздей-

ствующие на поведение вяжущего на различных стадиях схватывания и твердения, и влияющие на качественные характеристики, как сборной, так и монолитной продукции, в течение всего периода эксплуатации.

Традиционно, бетоны представляют собой трехкомпонентную систему из цемента, заполнителя и воды. В последнее время все больше наблюдается переход от трехкомпонентной системы к четырех-, пятикомпонентной системам с использованием современных модификаторов бетона, микрозаполнителей и других компонентов (рис. 1), вводимых в незначительном объеме (десятых и сотых долей процента по отношению к массе цемента), но существенно влияющих на химические процессы твердения бетона, обеспечивающих оптимизацию и улучшение физико-механических характеристик изделий, и в том числе прочности, морозостойкости, водопоглощения и т.д.

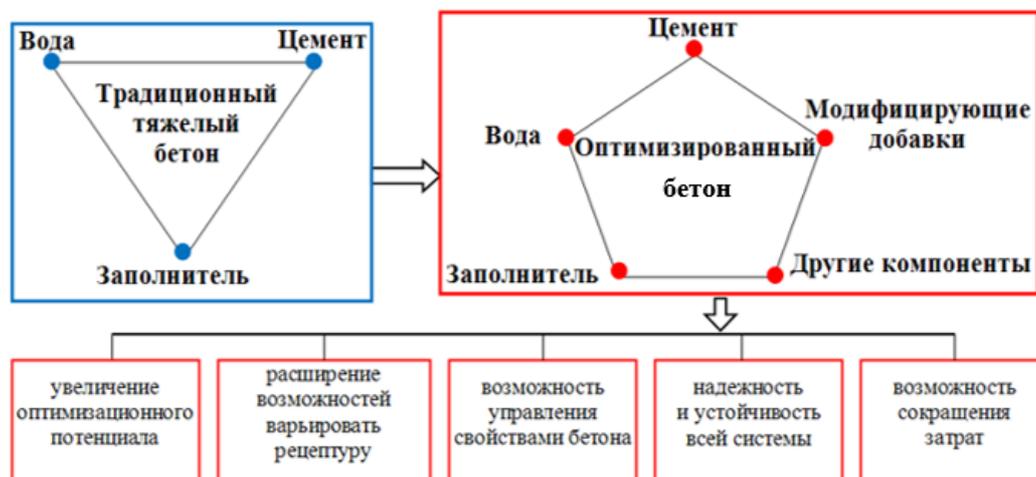


Рис. 1. Переход от трех к пятикомпонентной системе при оптимизации бетонов

В настоящее время наибольшее значение имеют суперпластифицирующие добавки на основе эфиров поликарбоксилата (PCE), разработка которых тесно связана с созданием самоуплотняющихся бетонов (SCC). Первый патент на эту группу веществ и их использование в качестве суперпластификаторов для бетона был заявлен в начале 80-х годов прошлого столетия в Японии. С использованием суперпластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов были построены известные объекты: мост через залив в Токио (Tokio Bay Bridge) и высотные здания в центре Токио (Tokio Central Towers) [1–3].

В середине 90-х годов суперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов начали применять и в Европе. Значительную роль в разработке и внедрении новых видов суперпластификаторов рассматриваемого типа сыграл концерн BASF. Созданные PCE-суперпластификаторы позволяют производителям бетона получать продукты с улучшенными характеристиками и оптимизировать процесс производства, как с точки зрения экономики, так и с точки зрения экологии [4]. Главным положительным свойством поликарбоксилатов и тем новым элементом в способе разработки добавок, является то, что производители бетона могут сначала решить, какие свойства они хотели бы видеть в суперпластификаторе, а затем конструировать молекулы для получения именно заданного результата.

Применение высокоподвижной смеси, при производстве работ обеспечивает следующие преимущества:

- возможность бетонирования густоармированных конструкций при полном исключении виброуплотнения, что способствует улучшению экологии, а также снижению уровня шумового и вибрационного воздействия на рабочих;

- повышение производительности при производстве бетонных работ (увеличение скорости укладки бетона, значительное снижение трудозатрат, повышение оборачиваемости форм опалубки), увеличение темпов строительства;

- при высокой подвижности и стойкости к расслаиванию (высокая связность) самоуплотняющихся смесей гарантируется однородность, низкая пористость и улучшение физико-механических характеристик бетона, более высокое качество поверхности, что значительно увеличивает долговечность конструкций.

Долговечность бетонных конструкций напрямую связана с проницаемостью поверхностного слоя бетона, который должен защищать его от попадания веществ, иницирующих

или распространяющих возможное вредное воздействие ( $\text{CO}_2$ , хлориды, сульфаты, вода, кислород, щелочи, кислоты и т. д.).

На практике долговечность зависит от выбора материалов, состава бетона, а также от степени контроля во время укладки, уплотнения, ухода и выдержки.

Недостаточное уплотнение поверхностного слоя из-за трудностей осуществления виброуплотнения в узких пространствах между опалубкой и арматурными стержнями или другими закладными деталями (например, каналы для размещения высокопрочной напрягаемой арматуры), признано в качестве ключевого фактора недолговечности железобетонных конструкций, подверженных воздействию агрессивных сред. Основной причиной первоначальной разработки самоуплотняющегося бетона в Японии было преодоление именно этой проблемы. Традиционный вибрационный бетон подвергается уплотнению с помощью вибрации (или трамбовки), которая является дискретным, не непрерывным процессом. В случае внутреннего или глубинного вибрирования бетона, даже при правильном выполнении, объем бетона в пределах области воздействия вибратора не получает одинаковое количество энергии уплотнения. Аналогичным образом в случае наружного вибрирования результирующее уплотнение получается неоднородным, в зависимости от расстояния до источника вибрации. И результатом вибрирования является структура бетона с неравномерным уплотнением, следовательно, с различной проницаемостью, что повышает селективное проникновение агрессивных веществ. Последствия неправильного вибрирования (бетон с раковинами, расслоение и т. д.) обладают гораздо более негативным влиянием на проницаемость и в целом на долговечность.

Самоуплотняющийся бетон с заданными свойствами не обладает этими недостатками, образуется материал со стабильной низкой и равномерной проницаемостью, с меньшим количеством слабых мест для вредного воздействия окружающей среды и, следовательно, большей долговечностью [1].

Для разработки высокотехнологичных бетонов использовали портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н (ЗАО «Осколцемент») с нормальной плотностью цементного теста – 26,8 %, пределом прочности при сжатии в возрасте 28 суток – 49,2 МПа (соответствует требованиям ГОСТ 31108-2003, ГОСТ 30515-2013); смесь щебня фракций от 5 до 20 мм (табл. 1) с формой зерна по II группе (ОАО «Павловскгранит») насыпной плотностью 1390 кг/м<sup>3</sup>, маркой по дробимости – 1400, мар-

кой по морозостойкости – F300 (соответствует требованиям ГОСТ 8267-93); песок (1 вид) для строительных работ 1 класса крупный (ОАО «Хромцовский карьер») с модулем крупности  $M_{кр} = 2,7$ , насыпной плотностью  $1540 \text{ кг/м}^3$  (соответствует требованиям ГОСТ 8736-93); песок (2 вид) Верхнекаменского месторождения 1 класса с модулем крупности  $M_{кр} = 1,9 \dots 2,0$ , насыпной плотностью  $1410 \text{ кг/м}^3$  (соответствует требованиям ГОСТ 8736-93); в качестве наполнителя – смесь фракций золошлаковых отходов и золы-уноса Каширской ГРЭС (табл. 2).

Таблица 1

#### Зерновой состав смеси щебня фракций от 5 до 20 мм

Диаметр отверстий контрольных сит, мм	2,5	5	12,5	20	25
Полные остатки на ситах, % по массе	99,1	96,6	54,7	3,3	0

В качестве модифицирующих добавок применялись высокоэффективные высоководоредуцирующие, суперпластифицирующие добавки на основе эфира поликарбоксилата MasterGlenium 115, MasterGlenium SKY 591 (табл. 3) (ООО «БАСФ Строительные системы»), рекомендуемые для изготовления высокоподвижных и самоуплотняющихся бетонных смесей с длительной сохраняемостью, с высокими значениями ранней и конечной прочности. Данные добавки позволяют транспортировать бетонную смесь на значительные расстояния без потери ее технических характеристик. Применение добавок способствует значительному снижению водоцементного отношения и получение бетонов с высокими прочностными характеристиками при достаточно низких расходах цемен-

та. При использовании суперпластифицирующих добавок на основе эфира поликарбоксилата исключается растворотделение и оседание крупного заполнителя.

Таблица 2

#### Гранулометрия состава проб золошлаковых отходов

Фракция, мкм	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
	%			
> 315	0,8	5,4	13,8	13,5
200 – 300	0,0	0,1	0,0	0,0
100 – 200	0,1	5,2	4,1	3,8
50 – 100	2,7	15,3	18,5	19,4
45 – 50	2,1	2,9	3,2	3,6
20 – 45	34,6	32,0	29,0	26,4
10 – 20	24,6	16,5	13,4	13,7
5 – 10	16,3	10,5	8,2	9,0
4 – 5	3,9	2,5	2,0	2,2
3 – 4	3,5	2,4	2,2	2,1
2 – 3	3,2	2,2	2,1	2,0

Таблица 3

#### Показатели

Показатель	MasterGlenium 115	MasterGlenium SKY 591
Внешний вид	Однородная жидкость светло-желтого цвета	Однородная жидкость коричневого цвета
Плотность, $\text{кг/м}^3$	1050...1090	1040...1080
Водородный показатель, pH	5,5...7,5	5...9
Содержание Cl-иона, в масс.%, не более	0,1	0,1

Таблица 4

#### Самоуплотняющиеся бетоны B30, F200, W8

№ п/п	В/Ц	Расход $\text{кг/м}^3$					Master Glenium 115, %	Master Glenium SKY591, %	Осадка (расплыв) конуса, см	
		Цемент	Песок		Щебень	Зола				Вода
			1 вид	2 вид						
1	0,5	380	850	850	920	100	190	–	1,3	77
2	0,53	380	850	850	920	100	200	1,2	–	77
3	0,43	400	850	850	920	100	170	1,2	–	78
4	0,4	350	850	850	920	150	170	0,9	–	72
5	0,38	350	850	850	920	160	165	0,8	–	66
6	0,42	350	850	850	920	-	160	–	0,7	52
7	0,37	350	850	850	920	160	160	0,8	–	68
8	0,36	350	850	850	920	157	160	0,8	–	63

Получены самоуплотняющиеся бетоны с применением добавок на основе эфира поликарбоксилата MasterGlenium 115 и MasterGlenium

SKY 591 классом по подвижности П5, классом по прочности B30, F200, W8 (табл. 5), не тре-

бующие трудозатрат для укладки и уплотнения бетонной смеси.

Несомненно, изобретение суперпластификаторов на основе поликарбоксилата является одним из наиболее значительных открытий в области добавок, которые были сделаны за последние годы. Составы с использованием данных материалов помогут решить множество проблем существующих в строительстве на данный момент.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kodama Y. Current condition of self-compacting concrete. Cement Shimbun, No. Dec. 1997.
2. Forster S.W. High-Performance Concrete-Stretching the Paradigm. Concrete International, Oct, Vol. 16, № 10, pp.33-34. 1994
3. Aitcin P.-C. High Performance Concrete. E&FNSpon. 2004. 140 p.
4. Добавки на основе эфиров поликарбоксилатов для изготовления вибрационных и самоуплотняющихся бетонов// Стандарт организации СТО 70386662-306-2013. С. 12-30.

---

---

### **Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Slepukhin A.S., Plekhova S.I.** **TO THE QUESTION OF CONDITION SURVEY OF THE CIVIL BUILDINGS**

*Many of damage and deformation of structural elements and engineering equipment of buildings, leading to a significant decrease of the technical condition, can be avoided by settlement of monitoring system and the technical condition of buildings surveys, and improving the training of specialists in the sphere of housing and communal services.*

**Key words:** *examinations, inspection, technical maintenance, technical condition of buildings, structural elements, engineering systems, damage, defects.*

---

---

**Сулейманова Людмила Александровна**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru

**Погорелова Инна Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: innapogorelova@yandex.ru

**Слепухин Алексей Сергеевич**, аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: lifshets@mail.ru

**Плехова Снежана Игоревна**, аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: plekhova\_92@mail.ru