



структуру самого диатомита и, желательнее, повысить пористость. Для этого в диатомит вводились различные порообразующие добавки, такие как опилки, целлюлоза, графит, доломит, а также раствор сахара.

Каждый состав, помимо диатомита, содержал 30 объемных % опилок и определенное количество добавок. Образцы формовали в виде цилиндров размером 20x20 мм из масс заданного состава, предварительно подвергнутых вылеживанию в течение суток. После чего образцы сушили при температуре при 100 °С в течении 4 часов, а затем обжигали при 1100 °С по определенному режиму.

По полученным данным петрографии введение графита и сахара создает дополнительную частично восстановительную среду, которая приводит к ускорению разложения глинистой части исходного сырья с образованием непрерывных прослоек стеклофазы. Поровая структура, присущая исходному диатомиту полностью исчезает. Образцы характеризуются достаточно высокой плотностью (в среднем 0,80 – 0,85 г/см<sup>3</sup>).

При введении целлюлозы структура исходного диатомита полностью сохраняется, однако прочность высушенного полуфабриката и обожженных образцов низкая.

Введение доломита приводит к точечной кристаллизации псевдоволластонита и клиноэнстатита. Структура частиц диатомита сохраняется полностью, но прочность образцов также низка.

В таблице представлены результаты исследования некоторых свойств образцов с различным содержанием добавок.

Таким образом, из исследуемых добавок наиболее подходящими для увеличения теплоизолирующих свойств в совокупности с опилками являются целлюлоза и доломит, введение которых необходимо сопроводить мерами, повышающими прочность образцов. В числе этих мер нами рассматриваются использование пластификаторов, упрочняющих полуфабрикат, а также создание условий для более полного образования и роста прочных кристаллических фаз волластонита и клиноэнстатита.

УДК 666.972.53:666.972.162

Д.В. Гербер, Ю.Р. Кривобородов

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

### **ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА**

This study pertains to the influence of composition of viscosity modifying agent, and two types of High Range Water Reducer (based on polycarboxylic ether - PCE - technology) in an SCC system. The experimental investigation includes the evaluation of concrete rheological parameters as well as empirical laboratory tests on frost durability. Within the scope of a parameter study the



influence of the mixture composition of different self-compacting concretes on the fresh concrete properties was investigated.

Это исследование касается влияния добавок-модификаторов (регулятор вязкости, воздухововлекающей добавки и суперпластификаторов на поликарбоксилатной основе) на свойства самоуплотняющегося бетона. Экспериментальное исследование включает как оценку реологических параметров бетона, так лабораторной тестирование морозостойкости. В рамках исследования также изучено влияние состава СУБ на свойства свежего бетона.

Самоуплотняющийся бетон (СУБ) представляет собой материал, который способен уплотняться под действием собственного веса, полностью заполняя форму даже в густоармированных конструкциях. Он находит все более широкое применение.

Отказ от виброуплотнения, помимо экономии энергии, времени и трудозатрат, приводит также к существенному улучшению качества бетонных и железобетонных конструкций, их однородности, обеспечивает малую проницаемость и защиту арматуры от коррозии, повышает износостойкость и долговечность опалубки на стройплощадках и формооснастки на заводах сборного железобетона.

Требования к свежему СУБ. Функциональные требования к свежеприготовленному СУБ отличаются от требований к обычному бетону. СУБ является жидкой системой и проявляет основные свои свойства в пластичном состоянии. Степень самоуплотняемости бетона определяется по следующим свойствам.

*Заполняющая способность* — полное заполнение форм и инкапсуляция арматуры и закладных деталей, значительная горизонтальная и вертикальная текучесть бетона в форме с сохранением его однородности. Степень заполнения обычно определяется тестом на «оседающую текучесть», или «J-кольцевым тестом». В зависимости от требований, оседающая текучесть варьируется от 550 до 850 мм.

*Соппротивление сегрегации* — поддержание однородности всей смеси и при транспортировке, и при формовании. Динамическая устойчивость — это сопротивление сегрегации при транспортировке и укладке бетона. Тогда как статическая устойчивость связана с сопротивлением сегрегации, протечкам и оседанию поверхности после формовки

Для создания СУБ необходимо правильно подобрать гранулометрию заполнителя, также возможно использовать тонкий наполнитель (зола-унос или микрокремнезем). Необходимо строить совместную кривую.

Наиболее часто СУБ применяют для ответственных конструкции, которые могут иметь сложную форму, густое армирование и которые должны выдерживать высокие нагрузки и иметь длительный срок эксплуатации. Поэтому СУБ должны обладать высокой степенью стойкости к коррозионным воздействиям. Например, к бетонам для дорожных и аэродромных покрытий предъявляются требования по содержанию воздуха в смеси (5–6%) - для получения высокой морозостойкости, нормируется содержание  $C_3A$  в цементе.

В качестве вяжущего в составе СУБ использовали 4 различных цемента. Их минералогический состав приведен в таблице 1. Для создания СУБ в работе использовался гранитный щебень двух фракций 5 – 20 и 5 –



10. Песок - Мкр = 1,9. В качестве наполнителя применялся Маршалит – пылевидный кварцевый песок, Суд = 550 м<sup>2</sup>/кг.

**Табл. 1. Минералогический состав цемента.**

Минералогический состав клинкера, %	Цементы			
	«Новорос-цемент», «Пролетарий» ПЦ500-Д0-Н	«Белгородский цемент» ПЦ500-Д0-Н	«Вольскцемент» ПЦ500-Д0-Н	Aalborg White, CEM I 52,5 R, Дания
C <sub>3</sub> S	61,4	64	65	77
C <sub>2</sub> S	17	16	12	15
C <sub>4</sub> AF	13,7	14	15	1
C <sub>3</sub> A	7,9	6	4	5

В работе использовались следующие добавки: а) суперплатификаторы на основе эфиров поликарбоновых кислот компании BASF – Glenium ACE 430 и Glenium ACE 315, отличающиеся пространственным строением функциональных групп.

**Табл. 2. Составы и характеристики СУБ.**

Состав	Шифр состава							
	Б - 10	Б - 11	Б - 22	Б - 23	Б - 17	Б - 19	Б - 1	Б - 2
цемент, кг	440(Н *)	440(Н)	350(Б)	350(Б)	400(В)	400(В)	380(А)	380(А)
наполнитель, кг	-	-	80	80	80	80	-	80
щебень 5 - 20, кг	425	425	450	450	425	425	435	435
щебень 5 - 10, кг	420	420	445	445	420	420	430	430
песок, кг	870	870	890	890	890	890	890	870
вода, кг	190	190	195	195	190	190	180	180
Glenium 430, % от ПЦ	-	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Glenium 315, % от ПЦ	1,3	1,3	-	-	-	-	-	-
Micro Air 114, % от ПЦ	-	0,2	-	0,2	-	0,1	-	-
RheoMatrix 100, % от ПЦ	0,1	0,1	-	-	-	-	0,15	-
В/(Ц+Н)	0,43	0,43	0,45	0,45	0,4	0,4	0,47	0,39
РК через 5 мин, см	67	63	67	65	70	65	65	70
Время истечения из V-воронки, мин	12	8	5	6	8	9	11	11
воздухововлечение в бетонную смесь, %	0,4	4,4	0,3	7,1	0,8	3	0,3	0,3

\* Н - «Новоросцемент»; Б - «Белгородский цемент»; В - «Вольскцемент»; А - Aalborg White.

У Glenium ACE 430 более короткая основная цепь и более длинные боковые цепочки; б) для обеспечения необходимой вязкости СУБ использовали модификатор вязкости на основе эфира целлюлозы – RheoMatrix 100; в)



воздухововлекающую добавку MicroAir 114 на основе водного раствора поверхностно-активных веществ.

Соотношения заполнителей было подобрано экспериментально, основываясь на непрерывности гранулометрического состава и рекомендациям для СУБ. Дозировка добавок подбиралась также экспериментально и на основании более ранних исследований. Составы бетонных смесей представлены в таблице 2. Смешивание проводилось в лабораторной мешалке. После перемешивания производилось определения подвижности смеси методом «оседающей текучести». Спротивляемость к сегрегации оценивалась по времени истечения через V – воронку.

Также измерялось количество вовлеченного воздуха и плотность смеси. Результаты испытаний приведены в табл. 3. Определяли морозостойкость бетонов при циклическом замораживании образцов в растворе 5% NaCl до температуры  $-50^{\circ}\text{C}$  и оттаивания при  $+20^{\circ}\text{C}$  (ГОСТ 10060.2).

Результаты испытаний показывают, что использование воздухововлекающей добавки в СУБ, в сочетании с суперпластификатором и модификатором вязкости существенно повысило морозостойкость бетона. Например, составы бетонов на Б10 и Б19 соответствуют марке F300 для бетонов дорожных и аэродромных покрытий.

По влиянию на реологические характеристик, заметно некоторое уменьшение текучести в составах с высоким содержанием воздуха, а также составы с модификатором вязкости. Но эти составы обладают большей сопротивляемостью к расслоению, о чем свидетельствует меньшее время прохождения через V – воронку.

Таким образом, совместное использование комбинации модифицирующей вязкость добавки, воздухововлекающей добавки и суперпластификаторов на поликарбоксилатной основе обеспечивает создание бетонов заданной морозостойкости, не оказывая, при этом, негативного влияния на реологию самоуплотняющегося бетона.

УДК 691:620.17:628.544

Н.Ю. Михайленко, Н.Н. Клименко, Т.О. Бабина

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НЕДЕФИЦИТНОГО МЕСТНОГО СЫРЬЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

In work possibility of use of domain slag of Open Society "Uralstal", quartz sand of Yamal and liquid glass binding was investigated at manufacturing of building materials. It is shown that the given raw components can be used at synthesis nonfired high-silica a building material.

В работе исследовались перспективы использования доменного шлака ОАО «Уралсталь», кварцевого песка Ямала и жидкостекольного связующего при изготовлении строи-