

## КОМПЛЕКСНЫЕ ДОБАВКИ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И БЕТОНОВ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

*В. Т. Перцев, А. А. Леденев, О. Б. Рудаков*  
*Воронежский государственный*  
*архитектурно-строительный университет (Россия)*

Важным и актуальным является расширение сырьевой базы минеральных компонентов, применяемых в качестве носителей поверхностно-активных веществ и других химических компонентов комплексных добавок. Другой актуальной задачей, является ускорение процессов схватывания и твердения бетонов, что позволяет облегчить уход за бетоном в условиях сухого и жаркого климата за счет снижения периода набора критической прочности. В работе представлены результаты исследований по разработке комплексных органоминеральных добавок полифункционального действия для регулирования свойств бетонных смесей и бетонов в условиях повышенных температур. В результате исследований установлено влияние компонентов, входящих в состав комплексных добавок на изменение свойств цементного теста и камня, а также на свойства бетонных смесей и бетонов. Установлено влияния комплексных органоминеральных добавок на изменение реологических свойств цементного теста в условиях повышенных температур. Показано, что на эффективность действия разработанных комплексных органоминеральных добавок полифункционального действия существенное влияние оказывает вид минерального компонента и химической добавки, совместное использование которых способствует взаимному усилению эффективности действия отдельных компонентов. Полученные результаты на бетонных смесях и бетонах соотносятся с результатами, полученными на цементном тесте и камне.

**Ключевые слова:** *добавки для бетона, ускорители твердения, комплексные добавки, реологические свойства, бетоны, бетонные смеси, температура, минеральные компоненты, поверхностно-активные вещества, сроки схватывания.*

The important and actual expansion of a raw-material base of the mineral components applied as carriers of surface-active substances and other chemical components of complex admixtures. Other actual problem, acceleration of processes of hardening accelerators concrete that allows to facilitate care of concrete in the conditions of a dry and hot climate at the expense of decrease in the period of a set of critical durability is. In work results of researches on working out complex organic mineral additives of multifunctional action for regulation of properties of concrete mixes and concrete in the conditions of the raised temperatures are presented. As a result of researches influence of the components which are a part of complex additives on change of properties of the cement test and a stone, and also on properties of concrete mixes and concrete is established. It is established influences complex organic mineral additives on change rheological properties of the cement test in the conditions of the raised temperatures. It is shown, that on efficiency of action developed complex organic mineral additives of multifunctional action essential influence renders a kind of a mineral component and the chemical additive which sharing promotes mutual strengthening of efficiency of action of separate components. The received results on concrete mixes and concrete correspond with the results received on the cement test and a stone.

**Key words:** *admixtures for concrete, hardening accelerators, complex admixtures, rheological properties, concrete, concrete mix, temperature, mineral components, surface-active substances, setting time.*

Известно, что использование комплексных органоминеральных добавок, содержащих минеральные и химические компоненты, позволяет получать высококачественные бетоны с улучшенными свойствами [1–3]. Однако, важным и актуальным вопросом является расширение сырьевой базы минеральных компонентов, применяемых в качестве носителей поверхностно-активных веществ (ПАВ) и других химических компонентов. Другой актуальной задачей, является ускорение процессов схватывания и твердения бетонов, что позволяет облегчить уход за бетоном в условиях сухого и жаркого климата за счет снижения периода набора критической прочности. При этом важным и открытым является вопрос о совместимости применения компонентов в составе комплексных добавок и эффективности их действия в цементных системах в условиях повышенных температур.

Целью работы является исследование и разработка комплексных органоминеральных добавок полифункционального действия для регулирования свойств бетонных смесей и бетонов в условиях повышенных температур.

Для разработки комплексных добавок в качестве минеральных компонентов применяли материалы природного и техногенного происхождения: молотый кварцевый песок, молотый гранулированный шлак, молотый известняк и молотый керамический кирпич с удельной площадью поверхности 300–700 м<sup>2</sup>/кг. В качестве ПАВ использовался суперпластификатор С-3. Ускорителями твердения являлись: нитрат натрия, сульфат натрия, хлористый кальций и нитрит натрия. Оценка эффективности действия разработанных добавок проводили согласно ГОСТ 30459-2003 и ГОСТ 24211-2003.

В ходе исследований свойств минеральных компонентов и эффективности их взаимодействия с ПАВ и другими химическими компонентами [4, 5] были разработаны составы комплексных добавок четырех видов (табл. 1).

Таблица 1

Комплексные добавки, ускоряющие твердение  
и повышающие прочность бетона

Вид добавки	Вид и дозировка компонентов ОМДу, % от массы цемента		
	минеральный компонент	ПАВ	ускоритель твердения
ОМДу-1 (молотый песок + ПАВ + ускоритель твердения)			
ОМДу-1.1	молотый песок (10 %)	С-3 (0,8 %)	NaNO <sub>3</sub> (2 %)
ОМДу-1.2	молотый песок (10 %)	С-3 (0,8 %)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (2 %)
ОМДу-1.3	молотый песок (10 %)	С-3 (0,8 %)	CaCl <sub>2</sub> +NaNO <sub>2</sub> (1,5 + 1 %)
ОМДу-2 (молотый шлак + ПАВ + ускоритель твердения)			
ОМДу-2.1	молотый шлак (10 %)	С-3 (0,8 %)	NaNO <sub>3</sub> (2 %)
ОМДу-2.2	молотый шлак (10 %)	С-3 (0,8 %)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (2 %)
ОМДу-2.3	молотый шлак (10 %)	С-3 (0,8 %)	CaCl <sub>2</sub> +NaNO <sub>2</sub> (1,5 + 1 %)
ОМДу-3 (молотый известняк + ПАВ + ускоритель твердения)			

Вид добавки	Вид и дозировка компонентов ОМДу, % от массы цемента		
	минеральный компонент	ПАВ	ускоритель твердения
ОМДу-3.1	молотый известняк (15 %)	С-3 (0,8 %)	NaNO <sub>3</sub> (2 %)
ОМДу-3.2	молотый известняк (15 %)	С-3 (0,8 %)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (2 %)
ОМДу-3.3	молотый известняк (15 %)	С-3 (0,8 %)	CaCl <sub>2</sub> +NaNO <sub>2</sub> (1,5 + 1 %)
ОМДу-4 (молотый керамический кирпич + ПАВ + ускоритель твердения)			
ОМДу-4.1	молотый керамический кирпич (10 %)	С-3 (0,8 %)	NaNO <sub>3</sub> (2 %)
ОМДу-4.2	молотый керамический кирпич (10 %)	С-3 (0,8 %)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (2 %)
ОМДу-4.3	молотый керамический кирпич (10 %)	С-3 (0,8 %)	CaCl <sub>2</sub> +NaNO <sub>2</sub> (1,5 + 1 %)

Результаты исследований влияния разработанных добавок на свойства цементного теста и камня в возрасте 1 суток показали (рис. 1), что их применение позволяет существенно ускорить процессы твердения и обеспечить более высокие значения прочности по сравнению с прочностью цементного камня без добавок и с отдельно используемыми добавками ускорителями. Наибольшие значения прочности наблюдаются при использовании добавок, включающих сульфат натрия (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) при всех видах минеральных компонентов. Что касается влияния видов минеральных компонентов, то наибольшая эффективность зафиксирована при использовании молотого песка (ОМДу-1) и молотого известняка (ОМДу-3), менее эффективными являются добавки, содержащие молотый кирпич (ОМДу-4) при всех видах ускорителей твердения. Эффективность добавок ОМДу-1, содержащих молотый кварцевый песок, обусловлена формированием более плотной структуры цементного камня [4], а также образованием высокопрочных гидросиликатов кальция.

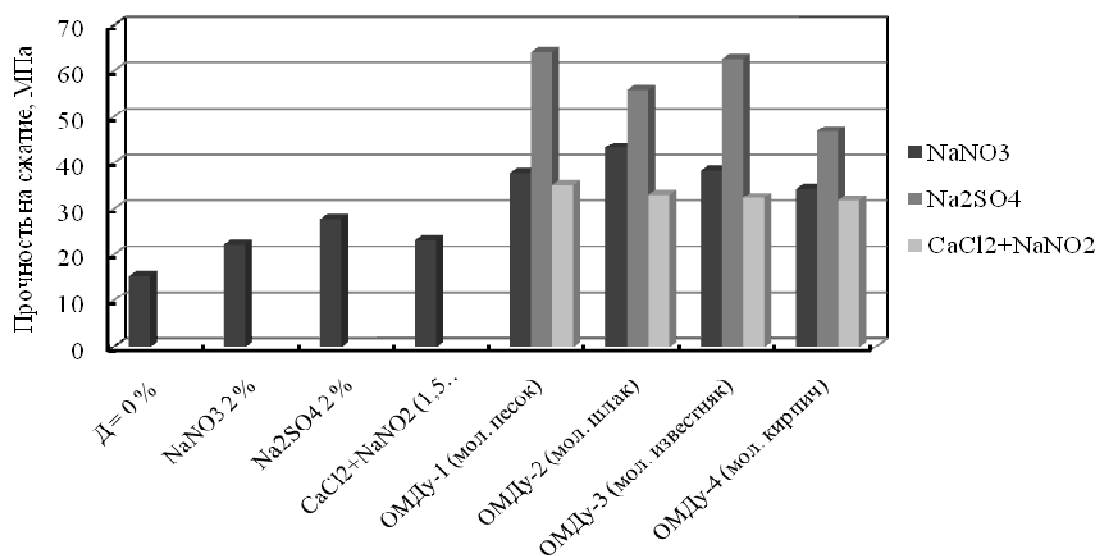


Рис. 1. Влияние вида и состава комплексных добавок ОМДу на прочность цементного камня в возрасте 1 суток твердения

Эффективность добавок ОМДу-3, содержащих молотый известняк, обеспечивается за счет высокого водоредуцирующего действия модификатора (до 40 %). Одним из факторов, влияющих на эффективность совместного действия компонентов органоминеральных добавок, является процесс адсорбции ПАВ, который определяется как свойствами ПАВ, так и природой частиц твердой фазы. Приведенные данные адсорбции суперпластификатора С-3 (рис. 2) соотносятся с проявлением водоредуцирующего действия.

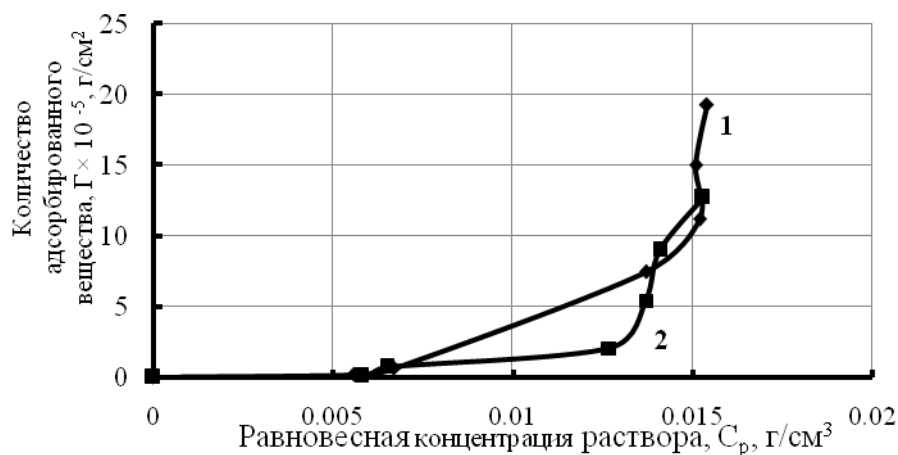


Рис. 2. Изотермы адсорбции С-3 на поверхности:  
1 – молотого известняка; 2 – молотого шлака

Так, для системы «молотый известняк-вода», для которой наблюдаются наибольшие значения водоредуцирующего действия, характерны наибольшие значения адсорбции, за счет более высокой энергии ионного взаимодействия анионоактивных групп ПАВ с заряженными центрами поверхности частиц молотого известняка.

Кроме того, высокая эффективность добавок, ОМДу-3 обусловлена взаимным усилением действия молотого известняка, содержащего до 54 % СаО и ускорителей твердения, совместное использование которых способствует большему пересыщению жидкой фазы ионами Са<sup>2+</sup> и увеличению растворимости силикатных составляющих портландцемента, что приводит к ускорению процессов гидратации и твердения.

Также в работе проводились исследования влияния комплексных органоминеральных добавок на реологические свойства цементного теста в условиях повышенных температур. Результаты испытаний на цементном тесте без добавок показали, что повышение температур, существенно влияет на изменение реологических свойств (рис. 3). Установлено, что величина предельного напряжения сдвига и эффективной вязкости значительно увеличивается (в 10 раз и более) при температуре цементного теста +40 °С и выше по сравнению с цементным тестом при температуре +20 °С.

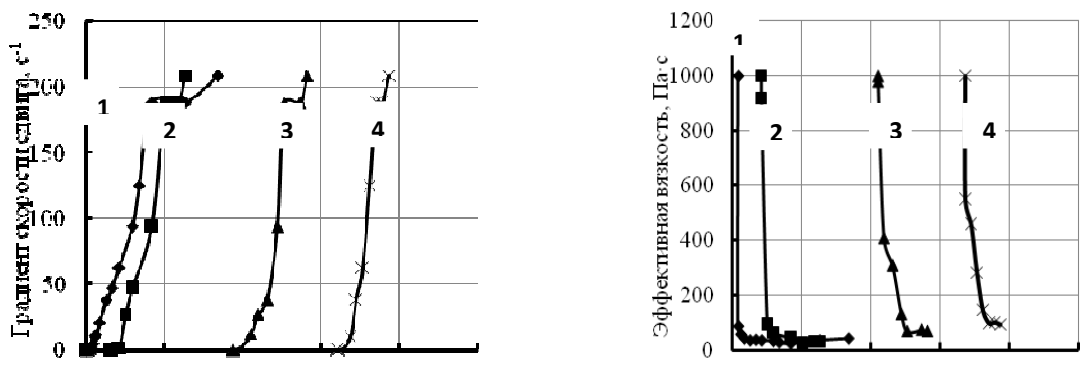


Рис. 3. Влияние температуры на реологические свойства цементного теста без добавок при  $V/C = 0,37$  (расплав цементного теста 13–14 см): 1 – при температуре 20 °С; 2 – при температуре 30 °С; 3 – при температуре 40 °С; 4 – при температуре 50 °С

В свою очередь применение разработанных добавок позволяет уменьшить влияние температурного фактора на изменение реологических свойств (рис. 4). При температуре цементного теста +40 °С и выше величина предельного напряжения сдвига увеличивается не существенно (в 1,3 раза), а величина эффективной вязкости остается практически неизменной по сравнению с цементным тестом при температуре +20 °С. Это позволяет сделать вывод о возможности сохранения и регулирования свойств бетонных смесей в условиях повышенных температур.

Следует отметить, что результаты испытаний на бетонных смесях и бетонах соотносятся с результатами, полученными на цементном тесте и камне, так наиболее эффективными являются добавки, содержащие в своем составе сульфат натрия ( $Na_2SO_4$ ), а в качестве минеральных компонентов молотый песок ОМДу-1.2 и молотый известняк ОМДу-3.2.

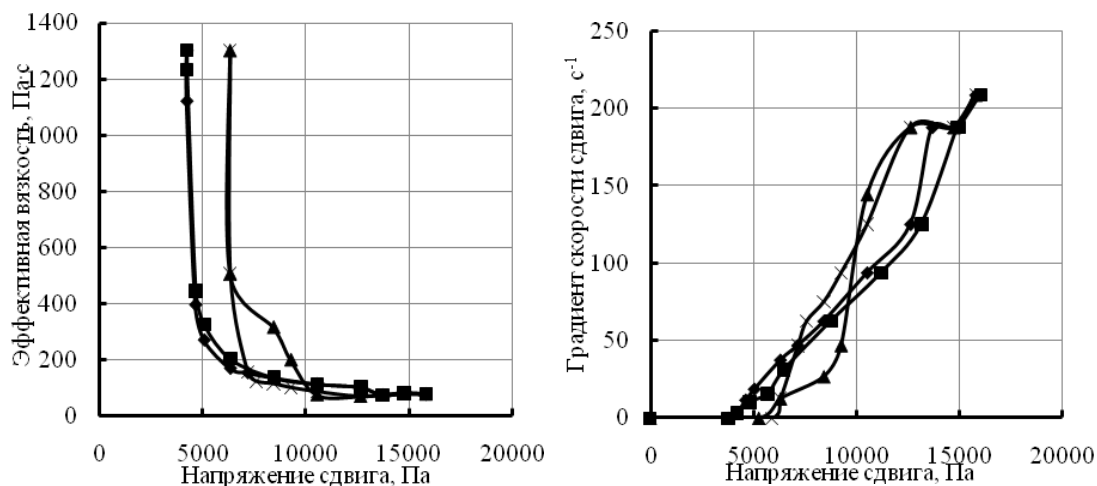


Рис. 4. Влияние температуры на реологические свойства цементного теста, модифицированного комплексной добавкой ОМДу-3.2 при  $V/C = 0,32$  (расплав цементного теста 13–14 см): 1 – при температуре 20 °С; 2 – при температуре 30 °С; 3 – при температуре 40 °С; 4 – при температуре 50 °С

Таким образом, использование разработанных комплексных органоминеральных добавок, ускоряющих твердение и повышающих прочность бетона, позволяет регулировать свойства бетонных смесей и бетонов в условиях повышенных температур. При этом установлено, что на эффективность действия разработанных добавок существенное влияние оказывает вид минерального и химического компонента.

#### Список литературы

1. Баженов Ю. М., Демьянова В. С., Калашников В. И. Модифицированные высококачественные бетоны : учеб. – М. : АСВ, 2006. – 368 с.
2. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – 2-е изд. – М. : Технопроект, 1998. – 768 с.
3. Ратинов В. Б., Розенберг Т. И. Добавки в бетон : учеб. – М. : Стройиздат, 1989. – 188 с.
4. Перцев В. Т., Леденев А. А. Разработка эффективных комплексных органоминеральных добавок для регулирования реологических свойств бетонных смесей : монография. – Воронеж : Воронежский ГАСУ, 2012. – 136 с.
5. Леденев А. А. Особенности получения и применения органоминеральных добавок для бетонов с высокими физико-техническими свойствами // Строительство и архитектура : научный вестник Воронеж. гос. арх.-строит. ун-та. – 2009. – № 4 (16). – С. 78–83.