

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

Ключевые слова: ускорители твердения, тяжелый бетон, физико-механические свойства.

В работе представлены результаты исследований влияния известных ускорителей твердения в сравнении с новыми добавками. Определены оптимальные дозировки модификаторов, изучено влияние исследуемых добавок на двух видах портландцемента на сроки схватывания и нормальную густоту цементного теста, кинетику твердения тяжелого бетона, тепловыделение и контракцию цемента.

Keywords: Hardeners, heavy concrete, physical and mechanical properties.

The results of studies of the effect known hardening accelerators compared to the new ones. The optimal dosage of modifiers to study the effect of additives investigated on two types of portland cement on setting time and the normal density of the cement paste, the kinetics of heavy concrete hardening, heat and contraction of cement.

Введение

В монолитном строительстве при бетонировании бетонных и железобетонных конструкций в ряде случаев возникает необходимость ускорить рост прочности уложенного бетона с целью сокращения сроков его выдержки перед распалубкой с последующим ускорением строительного процесса. Для этого эффективно использование электролитов – добавок-ускорителей твердения бетона.

В настоящее время известно значительное количество добавок, которые могут применяться в качестве ускорителей твердения. К ним относят хлорид кальция, сульфат натрия, нитрит-нитрат-хлорид кальция и др. При выборе ускорителей твердения необходимо учитывать побочное действие добавок, оказывающих влияние на арматуру, закладные детали и бетон [1]. Например, хлориды способствуют коррозии стальной арматуры, поэтому их количество в железобетоне ограничивается 0.5%, не допускают его применения в конструкциях с тонкой и предварительно напряженной арматурой [2].

Сульфат натрия может вызвать появление высолов на поверхности конструкций.

В связи с этим перспективным является применение в технологии бетона бесхлоридных ускорителей твердения [3].

Среди большого числа неорганических добавок наиболее широкое применение для цементных бетонов находят электролиты. По данным Ребиндера [4] действие электролитов на твердение цемента состоит либо в их влиянии на растворимость новообразований, либо в их непосредственном участии в процессе гидратации с образованием высоководных комплексных гидратов типа гидросульфохлоралюминатов. Возникновение таких соединений является причиной интенсивного диспергирующего действия электролитов на вяжущее, что вызывает ускорение твердения и образование плотных структур гидрофильного геля, придающих затвердевшему цементному камню и раствору высокую водонепроницаемость. Механизм действия добавок электролитов состоит либо в изменении растворимости вяжущего и продуктов

его гидратации вследствие изменения ионной силы раствора, вызванной присутствием электролитов, либо в химическом взаимодействии электролитов с вяжущим с образованием трудно растворимых или малодиссоциирующих соединений. Характерной особенностью большинства электролитов является их активное воздействие на процессы структурообразования цементного камня, заключающегося в уплотнении структуры за счет увеличения количества продуктов гидратации, особенно низкоосновных гидросиликатов кальция и повышения прочности кристаллического скелета [5].

В соответствии с ГОСТ 24211-2008 [6] добавки – ускорители твердения относятся ко второй группе добавок, регулирующих свойства бетонов и растворов, применяемых для модификации в зависимости от основного эффекта воздействия.

В последнее время на рынке добавок для бетонов появились новые ускорители твердения, такие как: «Мобет 1», «Sika® Rapid 2».

Экспериментальная часть

Нами проведены испытания указанных добавок по методике ГОСТ 30459-2008 [7]. Их эффективность как ускорителей твердения сравнивалась с добавками сульфата алюминия и сульфата натрия. Изучалось влияние добавок на нормальную густоту и сроки схватывания цементного теста, водопотребность бетонной смеси и прочностные показатели тяжелого бетона.

Добавка «Мобет-1» произведена на ООО «Бийскхимстройматериалы» по ТУ 2600-003-54575429-2008.

Добавка «Мобет-1» порошок от белого до серого цвета. Насыпная плотность колеблется от 650 до 700 кг/м³. Оптимальное содержание по рекомендациям производителя составляет для добавки «Мобет-1» – 1.5-2%.

Добавка «Sika® Rapid 2» (далее Rapid) представляет собой желто-зеленоватую жидкость, плотность 1.4 кг/дм³, pH 8.0±0.5, отвечает требованиям норм PN-EN 934-2. Основа по данным производителя – смесь органических и

неорганических компонентов. Оптимальное содержание по рекомендациям производителя составляет 1-2% в зависимости от ожидаемого эффекта.

Сульфат натрия (СН) – применялся в виде безводной соли – кристаллов белого цвета с желтым оттенком по ГОСТ 6318-68*. Оптимальная дозировка 1-2% от массы цемента.

Сульфат алюминия (СА) применялся в виде гидрата $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ (ГОСТ 12966-85).

Сульфатносодовая смесь (ССС), отход производства Богословского алюминиевого завода, содержит Na_2SO_4 69,6%, Na_2CO_3 21%, Al_2O_3 1,9%, H_2O остальное.

Для исследования влияния добавок на свойства цементного теста и физико-механические показатели тяжелого бетона использован портландцемент ПЦ400-Д20 Вольского завода, и портландцемент ПЦ400-Д20 Ульяновского завода, состав которых приведен в табл.1.

Таблица 1 – Минералогический состав используемых портландцементов

Процентное содержание главных окислов				Содержание основных минералов			
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
22.55	4.75	4.7	65.04	57	21	4.6	14
22.1	5.0	9.0	64.0	54	20	11	12

Исследования кинетики тепловыделения при гидратации цемента проводились термосным методом с использованием измерительного комплекса «ТЕРМОХРОН DS1921», выпускаемого НТЛ ЭлИн, г. Москва.

Прочность тяжелого бетона определялась в соответствии с ГОСТ 18105-86 [8].

Контракцию цементного теста с добавками определяли на контракциометрическом тестере активности цемента «Цемент-прогноз», выпускаемого НПП «Интерприбор», г. Челябинск.

Результаты исследований

Определено влияние исследуемых добавок на нормальную густоту и сроки схватывания цементного теста.

Для портландцемента Вольского завода начало схватывания с добавками уменьшается на 68-109 мин, конец схватывания – на 140-227 мин, по сравнению с контрольным составом. По эффективности влияния на начало схватывания добавки располагаются в следующей последовательности: СА, «Мобет-1», «Rapid», CCC, СН. По эффективности влияния на конец схватывания добавки располагаются в следующей последовательности: СА, «Rapid», «Мобет-1», CCC, СН.

Для портландцемента Ульяновского завода начало схватывания с добавками уменьшается на 59-100 мин, конец схватывания – на 145-231 мин, по сравнению с контрольным составом. По эффективности влияния на начало схватывания добавки располагаются в следующей последовательности: СА, «Мобет-1», «Rapid», CCC,

СН. По эффективности влияния на конец схватывания добавки располагаются в следующей последовательности: СА, «Rapid», «Мобет-1», CCC, СН.

Изучено влияние исследуемых добавок на физико-механические свойства тяжелого бетона нормального твердения в возрасте 1, 3, 7 и 28 суток. Для эксперимента определен тяжелый бетон производственного состава ($\rho=450$ кг/м³, $P=595$ кг/м³, $\rho_{ц}=1140$ кг/м³) с осадкой конуса 8-9см. Заполнителями служили обогащенный песок Камского месторождения с модулем крупности 2,7, щебень из гравия Камского месторождения фракции 5-20мм.

Результаты испытаний на портландцементе Вольского завода приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Кинетика твердения бетона с исследуемыми добавками

№ п/п	Содержание добавок, %					Прочность бетона при сжатии (МПа) в возрасте, сут:			
	Мобет-1	CCC	СН	СА	Rapid	1	3	7	28
1	-	-	-	-	-	<u>7.52*</u> 100%	<u>18.05*</u> 100%	<u>29.38*</u> 100%	<u>36.8*</u> 100%
2	1.5	-	-	-	-	<u>8.2</u> 109%	<u>19.46</u> 108%	<u>29.97</u> 102%	<u>36.8</u> 100%
3	2	-	-	-	-	<u>8.35</u> 111%	<u>19.67</u> 109%	<u>29.97</u> 102%	<u>36.8</u> 100%
4	-	1.5	-	-	-	<u>10.15</u> 135%	<u>20.57</u> 114%	<u>33.2</u> 113%	<u>40.11</u> 109%
5	-	2	-	-	-	<u>10.38</u> 138%	<u>21.48</u> 119%	<u>34.49</u> 114%	<u>40.48</u> 110%
6	-	-	1.5	-	-	<u>10.07</u> 134%	<u>21.84</u> 121%	<u>33.78</u> 115%	<u>37.53</u> 102%
7	-	-	2	-	-	<u>10.53</u> 140%	<u>24.37</u> 135%	<u>37.02</u> 126%	<u>37.53</u> 102%
8	-	-	-	1.5	-	<u>10.15</u> 135%	<u>19.31</u> 107%	<u>30.55</u> 104%	<u>37.17</u> 101%
9	-	-	-	2	-	<u>10.83</u> 144%	<u>19.46</u> 108%	<u>30.55</u> 104%	<u>37.17</u> 101%
10	-	-	-	-	1.5	<u>9.92</u> 132%	<u>22.38</u> 124%	<u>33.78</u> 115%	<u>41.22</u> 112%
11	-	-	-	-	2	<u>10.68</u> 142%	<u>24.91</u> 138%	<u>38.19</u> 130%	<u>41.22</u> 112%

Примечание*: над чертой приведено среднее значение показателя; под чертой – относительное значение показателя в % от контрольного.

Анализ эффективности приводился в соответствии с методикой ГОСТ 30459-2008 [7], в котором для добавок-ускорителей твердения бетона по требованиям надежности необходимо повышение прочности бетона на 30% и более в возрасте 1 суток нормального твердения. Как следует из данных табл. 2, такому условию удовлетворяют добавки «Rapid», CCC, СА, СН, и не удовлетворяет добавка «Мобет-1».

Наиболее эффективным ускорителем в первые сутки твердения является СА. При его применении повышение прочности бетона в первые сутки твердения составляет 44%. Однако в последующие сутки твердения эффективность СА

резко убывает, и на 28-сутки прочность бетона практически не отличается от контрольного.

Добавка «Rapid» является наиболее эффективным ускорителем в первые 7 суток твердения бетона. В этом случае прочность бетона увеличивается по сравнению с контрольным на 42%, 38% и 30% соответственно через 1, 3 и 7 суток нормального твердения.

Добавка СН через сутки твердения повышает прочность бетона на 40%. На 3, 7 и 28 суток прирост прочности составляет соответственно 35%, 26% и 2% по сравнению с составом без добавки.

Добавка ССС через сутки твердения повышает прочность бетона на 38%. На 3, 7 и 28 суток прирост прочности составляет соответственно 19%, 14% и 10%.

Анализируя результаты тепловыделения цементного теста с добавками (рис. 1, 2), видно, что добавки Rapid и СН повышают температуру гидратации на данных портландцементов. Также видно, что все ускорители твердения смещают пик температуры влево по сравнению с контрольным. Сульфат алюминия является ускорителем схватывания. Это видно из графиков, где на двух видах портландцемента максимум температуры за самое короткое время достигается с данной добавкой.

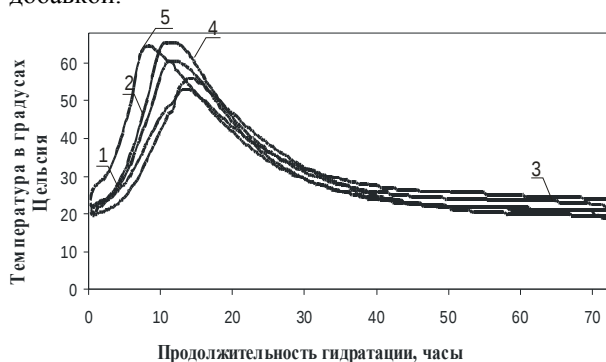


Рис. 1 – Тепловыделение при гидратации Ульяновского портландцемента: 1 - без добавки; 2 – СН; 3 – ССС; 4 – Rapid; 5 – СА

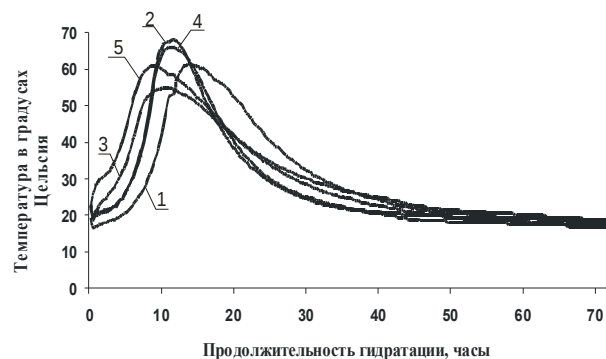


Рис. 2 – Тепловыделение при гидратации Вольского портландцемента: 1 - без добавки; 2 – СН; 3 – ССС; 4 – Rapid; 5 – СА

На рис. 3, 4 представлены результаты контракции цементного теста с изучаемыми добавками. Как видно из полученных данных,

наибольшая контракция цементного теста достигается с добавкой СА на Ульяновском портландцементе, с добавкой «Rapid» – на Вольском портландцементе.

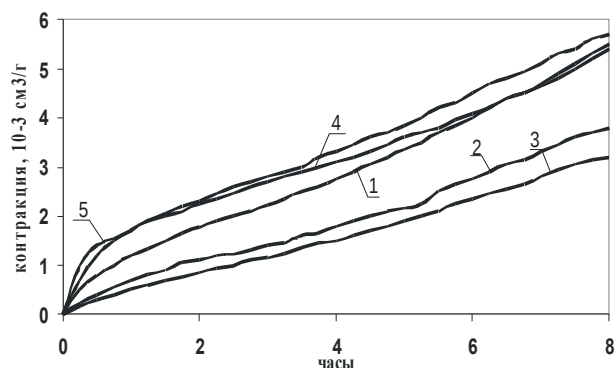


Рис. 3 – Контракция цементного теста на Ульяновском портландцементе: 1 - без добавки; 2 – СН; 3 – ССС; 4 – Rapid; 5 – СА

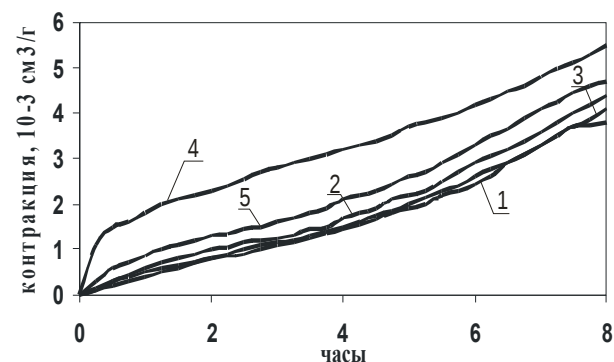


Рис. 4 – Контракция цементного теста на Вольском портландцементе: 1 - без добавки; 2 – СН; 3 – ССС; 4 – Rapid; 5 – СА

Заключение

На основе выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Все исследуемые новые добавки, кроме «Мобет-1», могут быть рекомендованы для увеличения ранней прочности бетона, или для повышения прочности при сжатии бетона после ТВО, или для получения равнопрочных бетонов с уменьшенным расходом цемента.

2. Добавка «Мобет-1» может быть рекомендована в качестве ускорителя схватывания и твердения ремонтных составов.

3. Исследуемые новые добавки не вызывают высолов на поверхности конструкций и эффективно ускоряют набор прочности бетона во все сроки твердения, что дает преимущество при их использовании по сравнению с СА и СН.

4. Эффективность твердения бетонов как на Вольском, так и на Ульяновском портландцементе, отличающихся содержанием трехкальциевого алюмината, различно. В первые сутки твердения наиболее эффективен СА, на 3 и 7 суток – «Rapid» и СН, на 28 суток эффективен «Rapid» и ССС на Вольском портландцементе, и только «Rapid» на Ульяновском портландцементе.

3. Тепловыделение цементного теста с ускорителями твердения характеризуется повышением температуры гидратации на 15-20° С и достижением температурного максимума на 5-9 часов быстрее, по сравнению с составом без добавки.

4. Добавки Rapid и СА резко увеличивают темпы контракции на обоих видах цемента, в то время как добавки СН и ССС уменьшают контракцию на Вольском и практически не влияют на контракцию на Ульяновском портландцементе.

Литература

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: АСВ, 2000 г., 500 с.
2. Пособие по применению химических добавок при производстве сборных железобетонных конструкций и изделий, (к СНиП 3.09.01-85).

3. Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы. Издание 2-е, Ростов на Дону: Феникс, 2007. – 221с.
4. Ребиндер П.А., Сегалова Е.Е., Алинина Е.А., Андреева Е.Н. Физико-механические основы гидратационного твердения вяжущих веществ. Шестой международный конгресс по химии цемента. М., Стройиздат, 1976г., т.2, кн.1.
5. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. М., Стройиздат, издание 2-е, переработанное и дополненное, 1989, с. 188.
6. ГОСТ 24211-2008. Добавки для бетонов. Общие технические требования.
7. ГОСТ 30459-2008. Добавки для бетонов. Методы определения эффективности.
8. ГОСТ 18105-86. Бетоны. Правила контроля прочности.

© **Р. А. Ибрагимов** – канд. техн. наук, доц. каф. технологии, организации и механизации строительства КГАСУ, rusmag007@yandex.ru; **В. С. Изотов** – д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологии, организации и механизации строительства КГАСУ, v_s_izotov@mail.ru.

© **R. A. Ibragimov** - Ph.D. in Engineering, Associate Professor of Dept. of Technology, Organization and Mechanization of Construction, Kazan State University of Architecture and Engineering, rusmag007@yandex.ru; **V. S. Izotov** - D. Sc. in Engineering, Prof., Head of Dept. of Technology, Organization and Mechanization of Construction, Kazan State University of Architecture and Engineering, v_s_izotov@mail.ru.