

УДК 691.327.001 (575.2) (04)

## КИНЕТИКА ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭКСТРАГИРУЕМЫХ ВЕЩЕСТВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

*Д.Х. Саидов*

Приведены результаты исследования влияния экстрагируемых веществ из состава хлопчатника на повышение прочности и коррозионной стойкости цементных бетонов. Показано, что эти вещества повышают прочность бетона и его коррозионную стойкость в условиях агрессивного влияния растворов серной кислоты.

*Ключевые слова:* кинетика; цементсодержащие композиции; прочность; стебли хлопчатника (гуза-пая); коррозионная стойкость; агрессивная среда; серная кислота.

При эксплуатации цементсодержащих композиций в составах бетонных и железобетонных изделий и конструкций на них влияют разные природные факторы: изменение влажности и температуры, агрессивные вещества, особенно растворенные в грунтовых водах различные неорганические соли и органические вещества, замораживание воды в порах цементного камня при отрицательных температурах и другие факторы. Если структура камня, образующегося из цементсодержащих композиций, проницаема и непрочна, то под влиянием указанных факторов она разрушается, что приводит к потере прочности и долговечности строительных изделий и конструкций. Разрушение цементного камня под влиянием агрессивных веществ называется коррозией бетона и ежегодный ущерб от коррозии бетона строительных конструкций и изделий исчисляется огромными суммами в масштабах любой страны. Поэтому повышение прочности и коррозионностойкости бетонных материалов является актуальной проблемой сохранения строительных объектов и увеличения их долговечности.

Наиболее технологичным методом повышения прочности цементного камня и предотвращения коррозии бетона в строительных сооружениях является модифицирование цемента химическими добавками – веществами, способными снижать водопотребность вяжущего при одновременном улучшении технологических свойств цементсодержащих композиций для повышения

непроницаемости образующегося из них камня. Эти добавки – модификаторы свойств вяжущих материалов – вводятся в состав последних в десятых или сотых долях от их массы, однако они способны существенно изменять качество строительных изделий. Важным условием при выборе добавок к вяжущим материалам является их доступность и возможность получения из местных видов сырья, оптимальное содержание в составе вяжущего для эффективного модифицирования его свойств, отсутствие побочного отрицательного влияния на отдельные свойства строительных изделий.

В работе [1] одним из авторов был разработан способ получения добавки к вяжущим веществам из экстрагируемых в растворе щелочи компонентов из состава стеблей хлопчатника. Состав данной добавки является многокомпонентным и состоит из крахмала, пектинов, неорганических солей, полисахаридов, циклических спиртов, красителей, танинов, гемицеллюлозы, урановых кислот и некоторых фракций целлюлозы. В данной работе приводятся экспериментальные результаты влияния полученной добавки из стеблей хлопчатника на свойства цементсодержащих композиций для повышения прочности и коррозионностойкости бетонных изделий в различных агрессивных средах.

С использованием цемента М 400 минералогического состава (масс.%):  $C_3S$  – 61,  $C_2S$  – 17,  $C_3A$  – 6,1 и  $C_4AF$  – 14 были изготовлены образцы бетона размером 10x10x10 см

Расход добавки, подвижность бетонной смеси и прочность бетона

Показатели свойств и состав бетона	Расход добавки, % от массы цемента	Подвижность бетонной смеси, см	Прочность бетона на сжатие (МПа) после 28 сут твердения	
			нормальные условия	естественные условия
1	-	1	34,2	28,7
2	0,05	1	49,2	42,7
3	0,10	1	52,9	45,9
4	0,20	1	47,5	41,3
5	0,275	1	46,5	41,2
6	0,50	2	44,9	40,7

при соотношении компонентов 1:1,7:3,45:0,45 (цемент:песок:щебень:вода). Добавку вводили в состав бетонной смеси с водой затворения в количестве 0,05–0,5% от массы цемента. В течение суток образцы находились в лабораторных условиях, затем часть образцов твердела в нормальных условиях при комнатной температуре, другая часть была помещена на крыше здания, где дальнейшее твердение образцов происходило в естественных условиях. В таблице приведены результаты влияния добавки на свойства бетонной смеси и прочность бетона.

Данные таблицы показывают, что экстрагируемые вещества состава стеблей хлопчатника не увеличивают подвижность бетонной смеси, т.е. добавка не оказывает пластифицирующего влияния на состояние цементсодержащей композиции. В то же время добавка оказывает упрочняющее влияние на скорость твердения бетона. Прочность образцов с добавкой при нормальном твердении на 30...55%, а при естественном твердении на 41...60% больше соответствующих показателей бетона без добавки, причем, если прочность состава естественного твердения без добавки составляет 83,9% значения прочности бетона нормального твердения, то такой показатель для состава с добавкой составляет 86,7...90,6%. Хотя прочность бетона при содержаниях добавки сверх 0,1% выше, чем для образцов без добавки, однако имеет тенденцию к снижению.

На рис. 1 приведены кинетические зависимости набора прочности бетона состава 1:1,79:3,3:0,45 (цемент : песок : щебень : вода) от содержания добавки в разные сроки нормального твердения. Скорость твердения образцов с добавкой в начальные сроки высокая, значения прочности образцов 14-суточного возраста составляют 88...92% показателя в 28-суточном возрасте. Низкие дозировки добавки (до 0,1%)

являются более эффективными для повышения прочности бетона.

Коррозионностойкость цементного камня с добавкой экстрагируемых веществ стеблей хлопчатника исследовали путем хранения образцов бетона состава 1:1,51:2,57:0,4 (цемент: песок: щебень: вода), твердевших в течение 28 сут. в нормальных условиях, в дистиллированной воде и в растворе 0,25 моль/л  $H_2SO_4$  при удельном расходе агрессивной среды 1,7 л на один образец в течение до 180 суток. Отработанную воду и раствор кислоты меняли на свежие порции через каждые 20 суток нахождения в них образцов.

Применяемые вещества в качестве среды воздействия на цементный камень являются сильноагрессивными не только по количеству ионов состава раствора  $H_2SO_4$  и большой растворяющей способности дистиллированной воды, но и по интенсивности напора воздействия этих ионов на единицу поверхности образца. Так, за 180 сут. нахождения образцов бетона в растворе 0,25 моль/л  $H_2SO_4$  при регулярной смене отработанного раствора на свежий, концентрация кислоты возрастает до 2,25 моль/л, а при удельном расходе кислоты на один образец 1,7 л. За этот срок на образец бетона воздействует 3,825 моль/л кислоты или 187,5 г-экв  $H_2SO_4$ . Кроме того, при замене отработанного раствора на свежий происходит циклическое воздействие агрессивной среды на цементный камень. Вначале, при воздействии свежего раствора, степень влияния агрессивных ионов на компоненты цементного камня является сильной, затем, по мере нейтрализации кислоты в результате взаимодействия с щелочными соединениями, в основном с  $Ca(OH)_2$ , она снижается, и в среде отработанного раствора бетон может быть даже защищен от дальнейшего разрушения продуктами коррозии цементного камня.

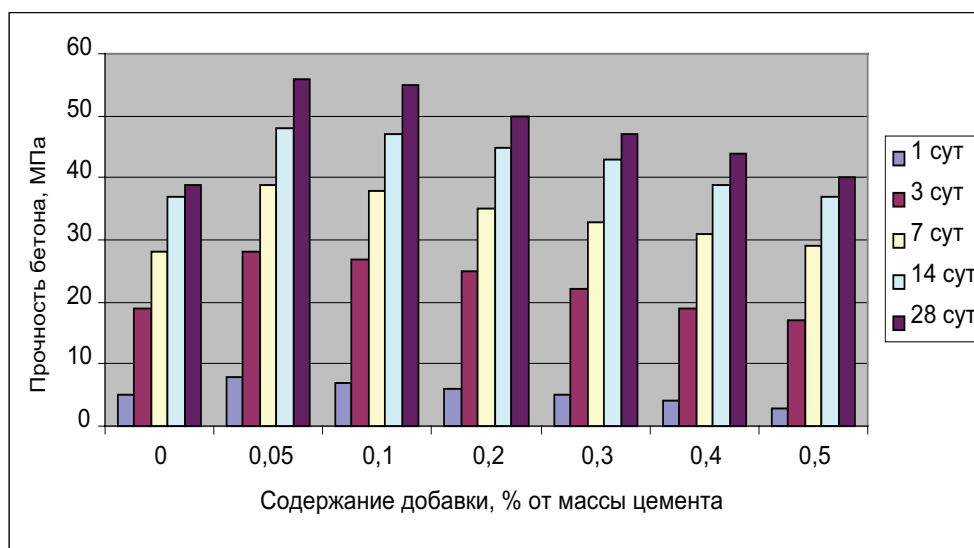


Рис. 1. Кинетические зависимости прочности бетона состава 1:1,79:3,3:0,45 от содержания добавки в портландцементе при твердении образцов в нормальных условиях

Выбор дистиллированной воды и раствора  $H_2SO_4$  в качестве агрессивных веществ для цементного камня мотивирован тем, что вода, выщелачивая  $Ca(OH)_2$ , выводит ее из структуры бетона. Кислота сначала взаимодействует с  $Ca(OH)_2$  с образованием гипса  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , затем вступает в реакцию с остальными минералами – продуктами процессов гидратации и твердения клинкера состава цементного камня. В результате образуются аморфные по структуре вещества, приводящие к снижению прочности

цементного камня. По степени воздействия на цементный камень применяемые среды являются сильноагрессивными [2].

Коррозионностойкость бетона оценивали по величине коэффициента стойкости  $K_c$ , вычисленного как отношение прочности образца, находившегося в агрессивной среде, к прочности эквивалентного образца, твердевшего параллельно в нормальных условиях [2]. На рис. 2 приведены зависимости прочности и коэффициента стойкости образцов бетона в названных

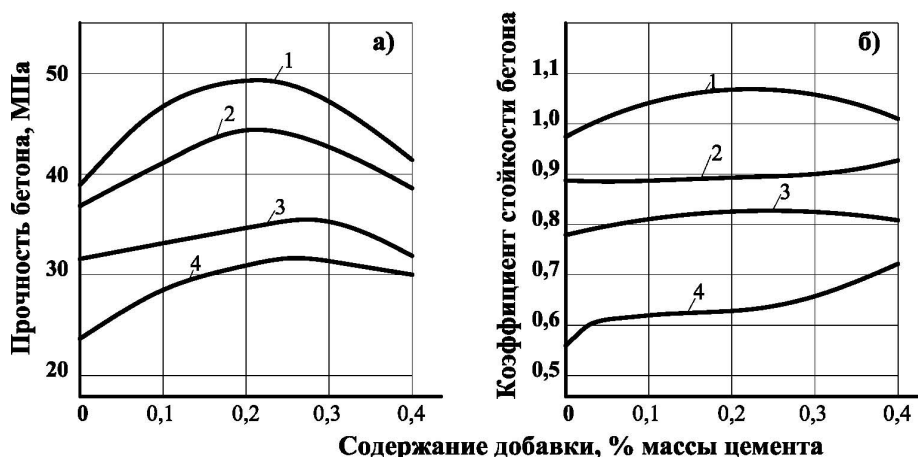


Рис. 2. Зависимость прочности (а) и коэффициента стойкости (б) бетона состава 1:1,51:2,57:0,4 от содержания добавки в портландцементе при нахождении образцов в дистиллированной воде (1,2) и растворе 0,25 моль/л  $H_2SO_4$  (3,4) в течение 1,3 – 30 и 2,4 – 180 сут.

агрессивных средах при разных содержаниях добавки в цементе.

Как видно из рис. 2, при всех расходах добавки стойкость бетона с добавкой экстрагируемых веществ стеблей хлопчатника значительно выше стойкости образцов бетона без добавки. В дистиллированной воде происходит не разрушение образцов, а возрастание их прочности и стойкости. Коэффициент стойкости бетона возрастает от 0,88 до 1,07.

Разрушение образцов бетона происходит в растворе  $H_2SO_4$ , однако при этом прочность и коэффициент стойкости образцов с добавкой (при различной дозировке ее содержания в образцах) в составе цемента значительно больше аналогичных показателей свойств бетона без добавки. Даже после 180 сут нахождения образцов в растворе  $H_2SO_4$  коэффициент стойкости бетона с добавкой выше 0,6.

Возрастание коррозионностойкости цементного камня с добавкой связано с упрочнением его структуры. Образующаяся плотная структура цементного камня в бетоне препятствует проникновению агрессивных растворов вглубь образца. Разрушение образцов при воздействии  $H_2SO_4$  происходит только с поверхности в виде отделения тонких слоев цементного камня

и мелкого заполнителя, смешанного со слоями гипса и другими продуктами коррозии при сохранении целостности их внутренних слоев.

Таким образом, применение экстрагируемых веществ стеблей хлопчатника в составе цементов способствует ускорению скорости их твердения и повышению прочности и непроницаемости цементного камня, приводящих к возрастанию коррозионностойкости бетона в строительных изделиях и конструкциях. Эффективность применения экстрагируемых веществ стеблей хлопчатника выражается не только в улучшении показателей свойств цементов для повышения качества бетонных материалов, но и в том, что их получают из ежегодно возобновляемого растительного сырья по несложной технологии и такая добавка к цементам и бетонам будет доступна для всех регионов республики.

### *Литература*

1. Авторское свидетельство 1590464 СССР, МКИ С 04 В 28/02, 24/10. Способ получения добавки для бетонной смеси.
2. Москвин М.М., Алексеев С.Н., Иванов Ф.М. и др. Коррозия бетона и железобетона. Методы защиты. М.: Стройиздат. 1980. 536 с.