

УДК 691.54:666.943

Щербина О.С.,

д.т.н., профессор Барабаш И.В., к.т.н., доцент Барабаш Т.И.,  
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

## ЭФФЕКТИВНАЯ ВЯЗКОСТЬ АКТИВИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТНЫХ СУСПЕНЗИЙ С ДОБАВКОЙ ДОМЕННОГО ШЛАКА

*Исследовано влияние добавки молотого доменного шлака ( $S_{уд.} = 350 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) к портландцементу на изменение эффективной вязкости цементосодержащих суспензий. Механоактивация шлакосодержащего вяжущего в присутствии суперпластификатора СПК приводит к резкому снижению эффективной вязкости по сравнению с контролем (суспензия на бездобавочном портландцементе; СПК отсутствует).*

*Ключевые слова: механоактивация, эффективная вязкость, доменный шлак*

В современном строительстве к растворным и бетонным смесям выдвигаются достаточно жесткие требования по качеству [1,2,3], а именно: повышенная подвижность, нерасслаиваемость, способность сохранять свои свойства достаточно продолжительное время. Эти, казалось бы, противоречивые требования заставляют искать новые качественные характеристики вяжущих, поскольку именно они, в основном, обеспечивают те или иные свойства растворных и бетонных смесей.

В виду того, что сила межчастичных взаимодействий в смесях зависит от массы контактирующих минеральных частиц и от расстояния между ними, то изменяя дисперсный состав и объемное содержание, можно управлять процессом начального распределения частиц в объеме. Это достигается за счет введения в цемент рациональных по дисперсности и количеству минеральных добавок, позволяющих изменить в требуемых направлениях свойства цементных систем и материалов на их основе [4,5].

С позиций физико-химической механики дисперсных систем представлял интерес выяснить влияние количества молотого доменного шлака в портландцементе на эффективную вязкость. Эффективная вязкость – основная макроскопическая характеристика динамического состояния структурированных дисперсных систем, отражающая совокупность микроскопических характеристик – контактных взаимодействий между частицами [6, 7]. В жидких средах сопутствующим эффектом механоактивации является снижение вязкости [10, 11]. Снижение вязкости (текучести) связано с

высвобождением иммобилизованной воды и увеличением, в связи с этим, относительного содержания дисперсионной среды. Увеличение толщины водных прослоек между частицами приводит к уменьшению внутреннего трения между ними и, как следствие, снижению эффективной вязкости [8,9].

Вязкость цементшлаковой суспензии при механоактивации может быть снижена более чем в 10 раз – с 1103 до 102 сП (в диапазоне градиентов скорости деформаций  $1 < \dot{\gamma} < 134 \text{ с}^{-1}$ ) без изменения его водопотребности. Эффект снижения вязкости суспензии резко возрастает при скоростном смешивании ее в смесителе-активаторе ( $n=2800 \text{ об/мин}$ ) в присутствии небольших добавок Супер-ПК.

В исследованиях в качестве вяжущего применялся портландцемент, получаемый совместным помолом портландцементного клинкера и двуводного гипса в лабораторной шаровой мельнице до  $S_{уд.} = 300 \text{ м}^2/\text{кг}$ . В качестве минеральной добавки к нему использовался доменный гранулированный шлак, размолотый до удельной поверхности  $S_{уд.} = 350 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Содержание доменного шлака (ДШ) в вяжущем колебалось в диапазоне от 30 до 60%. Доменный шлак в требуемом количестве вводился в портландцемент в процессе скоростного смешения суспензии в смесителе-активаторе. Для пластификации цементного теста использовался поликарбоксилатный суперпластификатор в диапазоне от 0 до 1% от массы вяжущего.

Представлял интерес выяснить влияние доменного шлака и суперпластификатора на изменение эффективной вязкости суспензии. Влияние указанных факторов на изменение  $\eta$  проводилось на механоактивированной суспензии и на суспензии, которая механоактивации не подвергалась. Определение эффективной вязкости цементосодержащей суспензии осуществлялась на ротационном вискозиметре РПЭ-1М с коаксиальными цилиндрами. Время скоростного смешения суспензии составляло 180 сек. Замеры эффективной вязкости суспензии проводились через каждые 30 сек скоростного смешения. Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что эффективная вязкость цементных суспензий зависит от содержания доменного шлака в портландцементе (ПЦ), концентрации суперпластификатора (СПК) в вяжущем, а так же от времени активации цемента, табл. 1.

Введение в портландцемент доменного шлака приводит к снижению эффективной вязкости суспензии с 3120 сП до 1912 сП, т. е. на 39%. Снижение эффективной вязкости наблюдается так же и для суспензий на механоактивированном вяжущем. Следует отметить, что практически для всех изученных составов вяжущего активация в течении  $60 \div 90$  секунд обеспечивает предельное разрушение структуры суспензий, что подтверждается

минимальными значениями ее эффективной вязкости. Это характерно для суспензий как с добавкой суперпластификатора, так и для суспензий в которых поликарбоксилат отсутствовал.

Таблица 1

Влияние содержания доменного шлака в портландцементе, концентрации СПК и времени смешения компонентов на изменение эффективной вязкости (сП) суспензии

ПЦ			Время активации, сек					
ПЦ, %	Домен. шлак, %	СПК, %	0	30	60	90	120	150
100	-	0	3120	3041	2978	2946	3011	3065
70	30		2634	2522	2443	2360	2338	2389
55	45		2412	2238	2122	2037	2088	2131
40	60		1912	1602	1548	1491	1512	1544
100	-	1	2040	1012	993	1071	1128	1156
70	30		1698	632	352	372	402	438
55	45		1517	542	248	256	288	324
40	60		1103	208	102	128	144	171

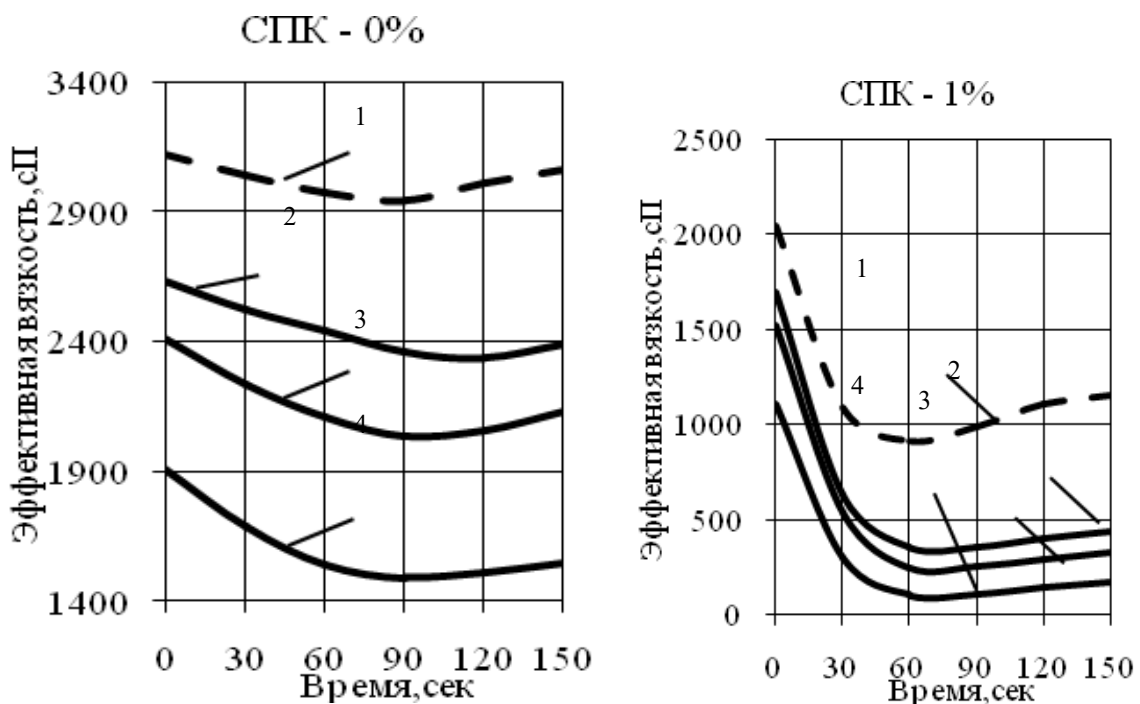


Рис 1. Влияние времени механоактивации на изменение эффективной вязкости цементосодержащей суспензии:

1; 2; 3; 4 – содержание ДШ соответственно 0%; 30%; 45%; 60%

Из приведенных экспериментальных данных видно, что механоактивация в сочетании с суперпластификатором (СПК - 1%) и доменным шлаком (ДШ - 60%) позволяет снизить эффективную вязкость суспензии на портландцементе с 3120 сП (вяжущее – портландцемент, СПК – 0%) до 102 сП, т.е. более чем в 30 раз.

### Выводы

1. Введение в портландцемент молотого доменного шлака ( $S_{уд.} = 350 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) приводит к снижению эффективной вязкости суспензии в среднем на 22%.

2. Установлено, что механоактивация цементных суспензий в присутствии суперпластификатора Супер-ПК в количестве 1% от массы цемента приводит к резкому снижению эффективной вязкости с 1103 сП до 102 сП.

### Литература

1. Рунова Р.Ф. Технологія модифікованих будівельних розчинів / Р.Ф. Рунова, Ю.Л. Носовский. - К.: КНУБА, 2007. – 256 с.
2. Калашников В.И. Расчет составов высокопрочных бетонов/ В.И. Калашников// Строит. Материалы, 2008, №10. – С. 4-6.
3. Тенденции и направления внедрения бетонов нового поколения в Украине / [Ю.И. Немчинов, П.В. Попруга, Л.А. Шейнич, Г.Б. Гирштель] // Будівельні конструкції, вип. 72. Сучасні технології бетону. – Київ: НДІБК, 2009. – С. 3-7.
4. Строительное материаловедение/ [П.В. Кривенко, Е.К. Пушкарева, В.Б. Барановский, М.А. Кочевых и др.] – Киев: Основа, 2007. – 698 с.
5. Барабаш И.В., Выровой В.Н., Барабаш Т.И. Влияние концентрации и дисперсности молотого кварцевого песка на процесс гидратации механоактивированных цементных суспензий. – Вісник ОДАБА, вип. 16. – 2004. – С. 15-19.
6. Александров П.Е. Вязкость строительных растворных смесей в условиях вибрации / П.Е. Александров., О.В. Кунцевич //Физ.-хим. дисперсных структур – М.: Наука, 1966. – С. 334-339.
7. Райнер М. Реология / М. Райнер – М.: Наука, 1965. – 223 с.
8. Зонтаг Г.В. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем / Г.В. Зонтаг – Л.: Химия, Ленингр. отд-ние, 1973. – 151с.
9. Овчинников П.Ф. Виброреология/ П.Ф. Овчинников. – К.: Наукова думка, 1983. – 273 с.
10. Шинкевич Е.С. Силикатные материалы неавтоклавного твердения: технология, свойства // [Шинкевич Е.С., Луцкий Е.С. Койчев А.А. Бондаренко Г.Г.] //Современные проблемы строительного материаловедения и технологии:

Материалы международного конгресса: Наука и инновации в строительстве SIB 2008. – Воронеж, 2008. – Том 1. Книга 2. – С. 659-667.

11. Шинкевич Е.С. Возможности реализации механохимических явлений в производстве строительных силикатных композитов // [Шинкевич Е.С., Луцкий Е.С., Бондаренко Г.Г., Доценко Ю.В.] // Вестник НТУ "ХПИ". Тематический выпуск: Химия, химическая технология и экология. – Харьков: ХПИ, 2009. – №45. – С.183-188.

### **Анотація**

Досліджено вплив добавки меленого доменного шлаку ( $S_n = 350 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) до портландцементу на зміну ефективної в'язкості цементновмісних суспензій. Механоактивація шлаковмісного в'язучого в присутності суперпластифікатора СПК призводить до різкого зниження ефективної в'язкості в порівнянні з контролем (суспензія на бездобавочному портландцементі; СПК відсутній).

### **Abstract**

Investigated the effect of the additives of ground blast furnace slag ( $S_s = 350 \text{ m}^2/\text{kg}$ ) to Portland cement to the change effective viscosity of cement slurry. Mechanoactivation slag containing binder with the superplasticizer SEC leads to reduction of the effective viscosity as compared with the control (portland cement slurry, no SEC).