

УДК 691.54:666.943

**ВЛИЯНИЕ МЕХАНОАКТИВАЦИИ  
МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА НА  
СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА И ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ**

**Барабаш Т.И., к.т.н., доцент, Щербина О.С., аспирант**

*Одесская государственная академия строительства и  
архитектуры, г. Одесса, Украина*

Улучшение реологических характеристик бетонных смесей возможно достичь как за счет модификации поверхности вяжущего добавками водорегулирующего действия, так и за счет механической активации зерен вяжущего в условиях интенсивных гидродинамических воздействий на них.[1,2]

В строительной практике при изготовлении бетонов все большее применение находят высокоэффективные суперпластификаторы поликарбоксилатного типа. Реальные возможности снижения водоцементного отношения и разжижения бетонных смесей обеспечивают им преимущества перед прочими видами пластификаторов.[4]

Среди известных способов активации портландцемента и его разновидностей (термические, механические, химические, электрохимические) приоритет принадлежит механическим способам повышения реакционной способности вяжущего. Это обусловлено тем, что при относительно небольших дополнительных расходах механические способы активации позволяют более полно раскрыть потенциальные возможности вяжущего, резко ускорить процессы структурообразования, более эффективно использовать инертные и активные минеральные добавки (молотый кварцевый песок, золу-унос, доменные шлаки) [1]

Исходя из вышесказанного представлял интерес выяснить влияние механоактивации портландцемента с добавкой доменного шлака в присутствии поликарбоксилатного суперпластификатора на структурно-механические свойства цементного теста (эффективная вязкость, сроки схватывания) и прочность цементного камня.

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  $350 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Содержание доменного шлака в вяжущем колебалось от 30 до 60%[3]. 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 суперпластификатора и количества доменного шлака в портландцементе 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 количество доменного шлака в портландцементе (ПЦ) оказывает влияние на эффективную вязкость суспензии. Это характерно для всех изученных видов суспензии – на активированном и неактивированном вяжущем, с добавкой и без добавки поликарбоксилатного суперпластификатора (СПК), табл. 1.

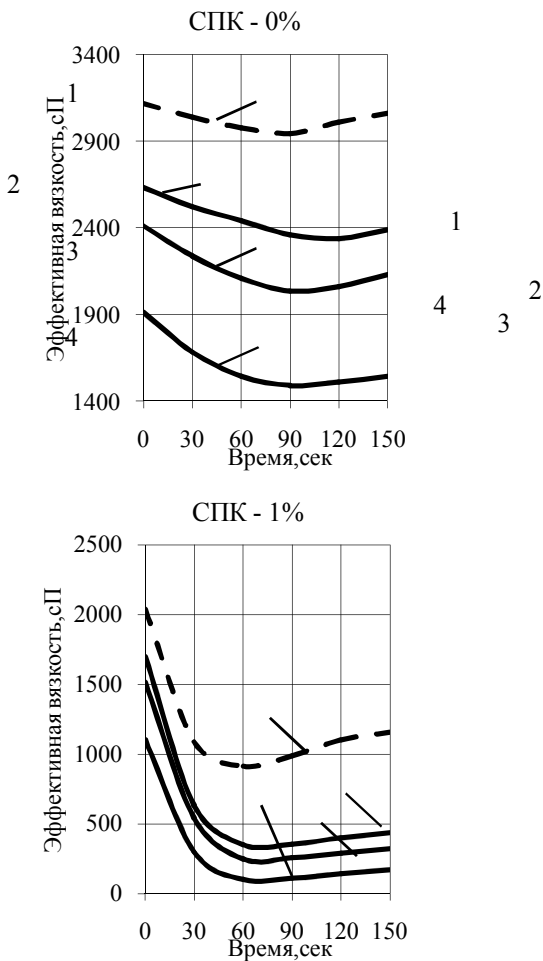
Таблица 1  
Влияние содержания шлака в портландцементе, СПК и времени активации вяжущего на эффективную вязкость (сП) цементосодержащих суспензий

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		1102	208	102	128	144	171

Введение в портландцемент доменного шлака приводит к снижению эффективной вязкости неактивированной суспензии с 3120 сП до 1912 сП, т. е. почти на 40%. Снижение эффективной вязкости наблюдается так же и для суспензий на механоактивированном вяжущем. Механоактивация портландцемента в сочетании с суперпластификатором и доменным шлаком позволяет снизить эффективную вязкость суспензии с 3120 сП (доменный шлак и СПК отсутствуют) до 102 сП (содержание доменного шлака в вяжущем 60%, СПК=1%).

Следует отметить, что практически для всех изученных составов вяжущего активация в течении 60÷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, рис. 1.



**Рис 1.** Влияние времени механоактивации на изменение эффективной вязкости цементосодержащей суспензии: 1; 2; 3; 4 – содержание доменного шлака в портландцементе соответственно 0%; 30%; 45%; 60%

Определение сроков схватывания проводились на цементном тесте нормальной густоты. В качестве контроля использовалось цементное тесто на чистоклинкерном портландцементе. Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что введение доменного шлака в портландцемент приводит к удлинению сроков схватывания (при этом временная зависимость характерна как для

начала, так и для конца схватывания цементного теста), табл. 2. Так, если для цементного теста на немеханоактивированном вяжущем (СПК и доменный шлак отсутствуют) начало схватывания наступает через 50 мин, то для цементного теста, содержащего 60% доменного шлака в вяжущем, начало схватывания наступает через 2 ч. 25 мин., т.е. на 1 ч. 35 минут позже.

Таблица 2  
Сроки схватывания цементного теста

ПЦ			Начало схватывания, $\tau_n$		Конец схватывания, $\tau_k$	
СПК, %	ПЦ, %	Дом. шлак %	ТТ	МА	ТТ	МА
			0	100	-	0 ч 50 мин
	70	30	1 ч 40 мин	1 ч 5 мин	3 ч 15 мин	2 ч 15 мин
	55	45	2 ч 5 мин	1 ч 25 мин	3 ч 50 мин	2 ч 30 мин
	40	60	2 ч 25 мин	1 ч 40 мин	4 ч 40 мин	3 ч 25 мин
1	100	-	0 ч 35 мин	0 ч 30 мин	1 ч 30 мин	1 ч 20 мин
	70	30	0 ч 35 мин	0 ч 30 мин	2 ч 30 мин	1 ч 30 мин
	55	45	0 ч 45 мин	0 ч 40 мин	3 ч 0 мин	2 ч 10 мин
	40	60	0 ч 55 мин	0 ч 50 мин	3 ч 40 мин	2 ч 45 мин

Примечание: ТТ – вяжущее приготовленное по традиционной технологии; МА –механоактивированное вяжущее

Механоактивация цементного теста в присутствии поликарбоксилатного суперпластификатора способствует ускорению сроков схватывания. Так, если конец срока схватывания цементного теста (контроль) наступает через 2 ч. 15 мин., то конец срока схватывания цементного теста на активированном портландцементе с добавкой СПК наступает через 1ч. 20 мин., т.е. на 55 мин. раньше.

Представлял интерес выяснить влияние механоактивации портландцемента с добавкой доменного шлака на прочность при сжатии цементного камня. Прочность цементного камня определялась в 2-х и 28-ми суточном возрасте нормального

твердения. Суперпластификатор вводился в количестве 1% от массы вяжущего. Количество доменного шлака в портландцементе варьировалось в диапазоне от 30 до 60%. Для контроля использовался чистоклинкерный портландцемент. Механоактивация цементного теста осуществлялась в скоростном трибосмесителе в течении 90 сек.

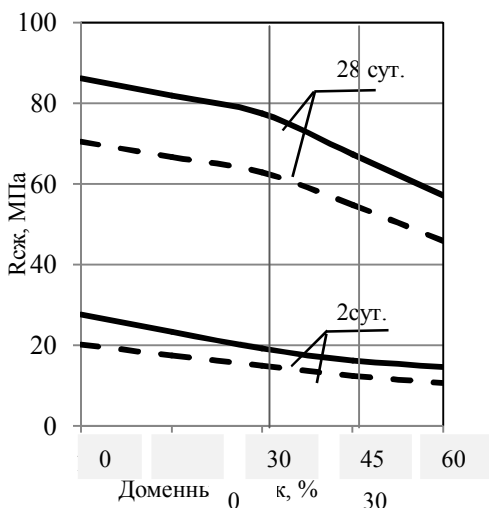


Рис.2. Влияние содержания доменного шлака в вяжущем на  $R_{сж}$  цементного камня

--- контроль (механоактивация отсутствует);

— механоактивированный портландцемент

Введение в портланд-цемент доменного шлака приводит к снижению прочности цементного камня.

В 2-х суточном возрасте наличие в немеханоактивированном вяжущем доменного шлака в количестве 60% приводит к снижению прочности цементного камня (по сравнению с прочностью цементного камня на портландцементе без добавки доменного шлака) с 20,1 до 11,2 МПа, т.е почти в 2 раза. Механоактивация повышает прочность цементного камня, что

Графические зависимости, приведенные на рис.2, свидетельствуют о том, что механоактивация оказывает существенное влияние на прочность цементного камня как в раннем возрасте (2 сут.), так и в более позднем возрасте (28 сут.).

Механоактивация чистоклинкерного портландцемента вводит к повышению прочности цементного камня в 2-х суточном возрасте с 20,1 до 27,5 МПа, в возрасте 28 сут. – с 70,4 до 86,2 МПа, рис.2.

Введение в

позволяет вводить в состав портландцемента на 20-30% больше доменного шлака, обеспечивая при этом заданную прочность. Положительное влияние механоактивации наблюдается также и для цементного камня в 28-ми суточном возрасте.

### ***Выводы***

1. Введение в портландцемент молотого доменного шлака в количестве от 30 до 60% приводит к снижению эффективной вязкости суспензии, что положительно сказывается на снижении водопотребности вяжущего.

2. Механоактивация портландцемента с добавкой молотого шлака приводит к ускорению сроков схватывания цементного теста, повышению прочности цементного камня. Особенно эффективна механоактивация вяжущего в присутствии поликарбоксилатного суперпластификатора – прочность цементного камня в 28-ми суточном возрасте повышается с 52,6 МПа до 86,2 МПа, т.е. почти в 1,7 раза.

### **Summary**

**The results of the experimental researches of the effective viscosity, setting time and strength of cement stone on the Portland cement one binding with the addition of blast furnace slag in the amount of 30-60% are presented in the article. The influence of mechanical activation on the structural and mechanical properties of the suspension, cement slurry and cement stone is estimated.**

### ***Литература***

1. 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.

2. Гранковский И.Г. Структурообразование в минеральных вяжущих системах. – К.: Наукова думка, 1984. – 300 с.

3. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Цементи загальнобудівельного призначення.

4. Демьянова В.С., Дубошина Н.М. Сухие строительные смеси, модифицированные химическими добавками//Известия вузов. Строительство – 1998.- №4-5. – С.69-72.

