

**ВЛИЯНИЕ МЕХАНОАКТИВАЦИИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА  
С ДОБАВКОЙ ДОМЕННОГО ШЛАКА  
НА СРОКИ СХВАТЫВАНИЯ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА**

**Щербина О. С.,  
Барабаш И. В.,** д.т.н., профессор,  
**Гаврилюк В. П.,** к.т.н  
*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*  
olegito4ka@ukr.net

**Аннотация.** Рассмотрено влияние добавки молотого доменного шлака к портландцементу на сроки схватывания твердеющего цементного теста. Введение шлака в портландцемент в количестве от 30 до 60% приводит к замедлению сроков схватывания, по сравнению с тестом на бездобавочном портландцементе, в среднем на 40-50%. Механоактивация позволяет практически полностью компенсировать замедление схватывания цементного теста от введения в портландцемент доменного шлака.

**Ключевые слова:** механоактивация, доменный шлак, поликарбонатный суперпластификатор, сроки схватывания.

**ВПЛИВ МЕХАНОАКТИВАЦІЇ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ  
З ДОБАВКОЮ ДОМЕННОГО ШЛАКУ  
НА ТЕРМІНИ ТУЖАВЛЕННЯ ЦЕМЕНТНОГО ТІСТА**

**Щербина О. С.,  
Барабаш І. В.,** д.т.н., професор,  
**Гаврилюк В. П.,** к.т.н.,  
*Одеська державна академія будівництва та архітектури*  
olegito4ka@ukr.net

**Анотація.** Розглянуто вплив добавки молотого доменного шлаку до портландцементу на терміни тужавлення твердіючого цементного тіста. Введення доменного шлаку в портландцемент в кількості від 30 до 60% призводить до уповільнення термінів тужавлення, порівняно з тістом на бездобавочному портландцементі, в середньому на 40-50%. Механоактивація дозволяє практично повністю компенсувати уповільнення схоплювання цементного тіста від введення в портландцемент доменного шлаку.

**Ключові слова:** механоактивація, доменний шлак, полікарбонатний суперпластифікатор, терміни тужавління.

**THE INFLUENCE OF MECHANICAL ACTIVATION OF PORTLAND CEMENT  
WITH ADDITION OF BLAST FURNACE SLAG  
ON SETTING TIME OF CEMENT PASTE**

**Sherbina O. S.,  
Barabash I. V.,** Doctor of Engineering, Professor,  
**Gavrulyik V.P.,** PhD  
*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*  
olegito4ka@ukr.net

**Abstract.** The influence of the addition of ground blast furnace slag to Portland cement on setting time of cement paste hardening is determined. The introduction of slag in a Portland cement in an amount of about 30 - 60% slows down the setting time, in comparison with the test on Portland cement without additives, on average by 40-50%. The increase concentration of blast furnace slag in Portland cement leads to slow setting time of the cement paste, and the General trend of acceleration of setting of cement grout in the last hours of hardening (irrespective of the quantity of blast furnace slag in the binder). The introduction of the polycarboxylate superplasticizer to the Portland cement leads to a faster onset and end of setting time of cement paste. Mechanical activation of cement paste in the presence of polycarboxylate superplasticizer contributes to the acceleration of setting time, on average about 1-1,5 hours. Mechanical activation can almost completely compensate for the slow setting of cement grout from the introduction of the Portland cement blast furnace slag.

**Keywords:** mechanical activation, blast furnace slag, polycarboxylate superplasticizer, setting time.

**Вступлення.** Весьма чувствительной характеристикой кинетики гидратации портландцемента являются его сроки схватывания [1]. Специалисты отмечают, что определяющее влияние на сроки схватывания цементного теста оказывает температура окружающей среды, а также тонкость помола портландцемента [1, 2].

**Цели и задачи.** Эффективным способом управления сроками схватывания является использование минеральных добавок к портландцементу и, в частности доменных шлаков. Как правило, введение доменного шлака (ДШ) приводит к замедлению процессов структурообразования, что сказывается на замедлении сроков схватывания цементного теста [3, 4]. Известным приемом, способствующим ускорению гидратации портландцемента, является его активация.

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 позволяют более полно раскрыть потенциальные возможности вяжущего, резко ускорить процессы его структурообразования [5, 6, 7].

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.

**Объекты и методы исследований.** Представлял интерес выяснить влияние механоактивации портландцемента с добавкой доменного шлака на сроки схватывания цементного теста. Для этой цели использовался специально созданный скоростной смеситель-активатор с количеством оборотов рабочего органа 2800 об/мин.

**Результаты исследований.** В исследованиях в качестве вяжущего применялся портландцемент, получаемый совместным помолом портландцементного клинкера и двуводного гипса в лабораторной шаровой мельнице до  $S_{уд} = 300 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Доменный гранулированный шлак ( $M_o=1,1$ ) размалывался 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. Активация суспензии осуществлялась путем скоростного смешения ее в течении 90 сек. Для пластификации цементного теста использовался поликарбоксилатный суперпластификатор в диапазоне от 0 до 1% от массы вяжущего.

Для контроля использовалось цементное тесто вяжущее которого механоактивации не подвергалось (ТТ).

Анализ данных, приведенных в табл.1. свидетельствует о том, что введение доменного

шлака в портландцемент приводит к удлинению начала сроков схватывания с 0 ч. 50 мин. (доменный шлак в портландцементе отсутствует) до 2 ч. 25 мин. (содержание доменного шлака в портландцементе 60%).

Таблица 1 – 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	0 ч 40 мин	2 ч 15 мин	1 ч 40 мин
	70	30	1 ч 40 мин	1 ч 5 минtd> <td>3 ч 15 мин</td> <td>2 ч 15 мин</td>	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
0,5	100	-	40 мин	35 мин	1 ч 40 мин	1 ч 30 мин
	70	30	55 мин	45 мин	2 ч 50 мин	1 ч 45 мин
	55	45	1 ч 10 мин	55 мин	3 ч 15 мин	2 ч 25 мин
	40	60	1 ч 25 мин	1 ч 5 мин	4 ч 5 мин	3 ч 5 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.

На рис.1. представлены результаты экспериментов в виде графиков, отражающие влияние содержания доменного шлака в портландцементе на кинетику схватывания цементного теста. Их анализ показывает как на замедление сроков схватывания цементного теста при увеличении концентрации доменного шлака в портландцементе, так и наличие общей тенденции ускорения схватывания цементного теста в последние часы твердения (независимо от количества доменного шлака в вяжущем).

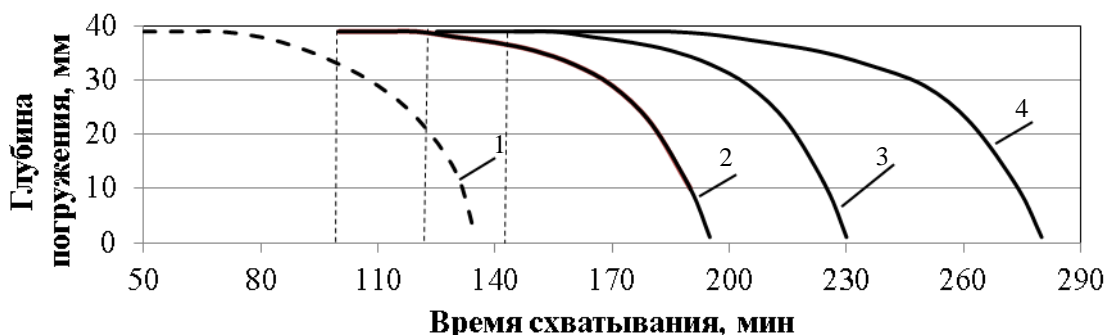


Рис. 1. Кинетика схватывания цементного теста

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

Доменный шлак оказывает замедляющее влияние на конец сроков схватывания цементного теста. Так, если конец сроков схватывания цементного теста на бездобавочном портландцементе наступает через 2 ч. 15 мин. то для цементного теста на портландцементе с добавкой 60% доменного шлака конец схватывания наступает через 4 ч. 40 мин.

Введение суперпластификатора в портландцемент приводит к ускорению начала сроков схватывания цементного теста с 0 ч. 50 мин. до 0 ч. 35 мин. (доменный шлак в портландцементе отсутствует). Аналогичное влияние суперпластификатора просматривается

и для цементного теста на портландцементе с добавкой 60% доменного шлака – начало схватывания в этом случае сокращается с 2 ч. 25 мин. до 0 ч. 55 мин, рис.2. На наш взгляд, это связано с уменьшением нормальной плотности цементного теста при введении в его состав СПК с 22,3% до 18,5%.

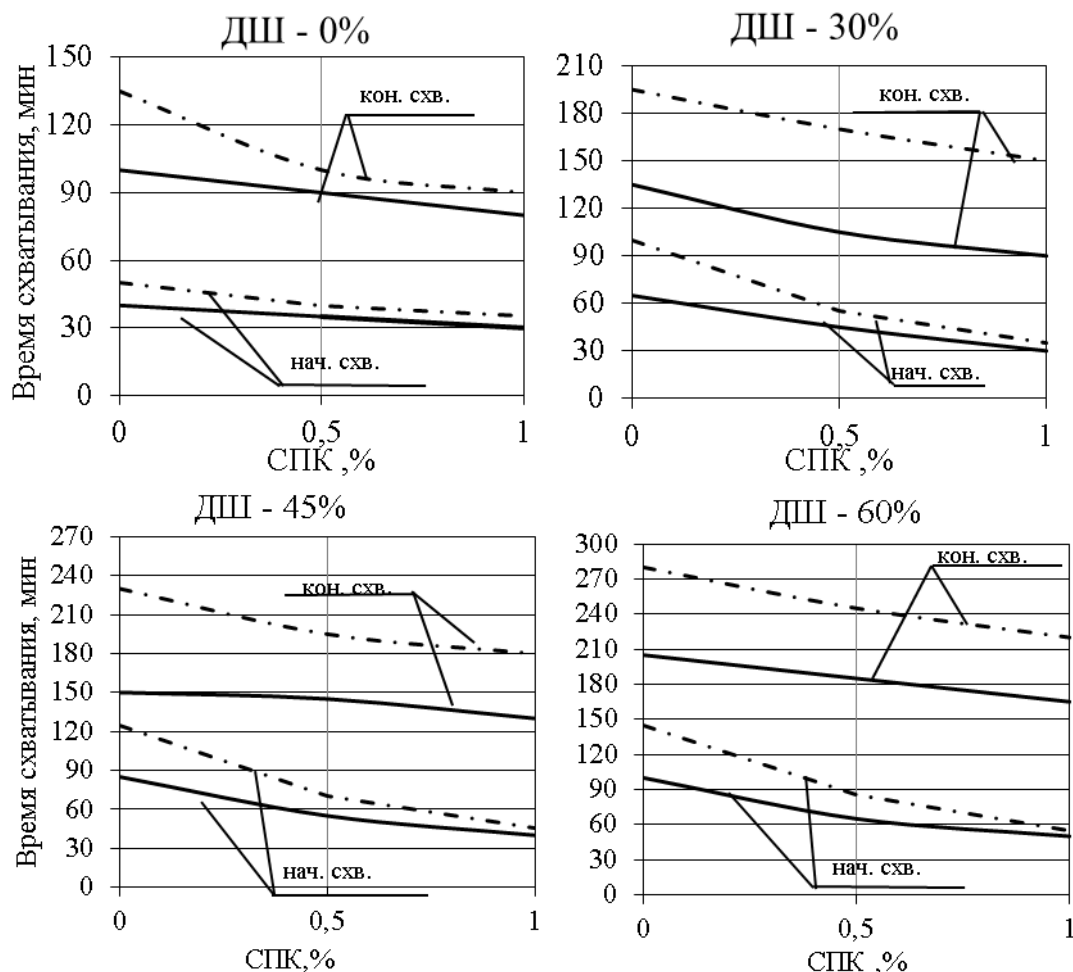


Рис. 2. Влияние концентрации СПК в вяжущем на сроки схватывания цементного теста  
 ————— механоактивированное вяжущее;  
 - - - - - контроль

Механоактивация цементного теста в присутствии поликарбоксилатного суперпластификатора способствует ускорению сроков схватывания, в среднем на 1-1,5 часа. 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 исследуемого состава наступает через 1 ч. 20 мин., т.е. на 55 мин. раньше.

#### Выводы.

1. Введение в портландцемент молотого доменного шлака ( $S_{уд.} = 350 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) приводит к удлинению сроков схватывания цементного теста в среднем на 1-1,5 часа.
2. Механоактивация ускоряет процесс схватывания твердеющего цементного теста (начало схватывания с 0 ч. 40 мин. до 0 ч. 50 мин., конец схв. с 2 ч. 15 мин. до 1 ч. 40 мин.).

#### Литература

1. Баженов Ю.М. Технология бетона: Учеб. пособие / Ю.М. Баженов. – М.: Высш. шк., 1987. – 415 с.
2. Пашенко А.А. Теория цемента / Е.А. Мясникова, В.С. Гумен и др. // Под редакцией

А.А. Пашенко. – Київ: Будівельник, 1991. – 168с.

3. Бабич М. В. Шлак в композиционном цементе / М. В. Бабич, А. Г. Холодный // Будівництво і стандартизація. – 2008. – №3. – С. 2-6.

4. Урьев Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов / Н.Б. Урьев. – М.: Химия, 1988. – 256 с.

5. Барабаш И.В. Цементные бетоны на механоактивированном вяжущем / И.В. Барабаш, И.Н. Бабий, В.Д. Матковский // Вісник ОДАБА. – Одеса: ОДАБА, 2003, Вип. № 10. – С. 15-19.

6. Барабаш И.В. Механохимическая активация дисперсных систем / И.В. Барабаш, К.А. Стрельцов, Л.Н. Ксеншкевич // Вісник ОДАБА. – Одеса: ОДАБА, 2007, Вип. № 27. – С. 16-21.

7. Барабаш И.В. Трибохимические эффекты в технологии строительных компонентов / И.В. Барабаш // Зб. наукових праць РДТУ. – Рівне: РДТУ, 2000, Вип. №5. – С. 10-14.