

## ЗОЛА-УНОС И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТОСОДЕРЖАЩИХ ВЯЖУЩИХ

Брелюс В. В., *ст. зр. ГСХ-504м*, Георгиев М.И., *ст. зр. ГСХ-504м*

*Научный руководитель – аспирант Мостовой С.Н.*

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

**Исследовано влияние золы-уноса на эффективную вязкость цементозольных суспензий и кинетику набора прочности раствора на их основе.**

Зола-унос широко используется в качестве тонкодисперсной минеральной добавки в технологии производства пуццолановых и композиционных цементов [1–3]. Такие цементы выгодно отличаются от традиционного портландцемента ценой, а также рядом свойств, улучшающих качество как бетонной смеси (уменьшение расслаиваемости, улучшение удобоукладываемости), так и бетона (уменьшение усадки и тепловыделения, увеличение водонепроницаемости и сульфатостойкости) [4–6]. В то же время введение золы-уноса в портландцемент приводит к снижению прочности цементного камня, что требует повышенного расхода цементозольного вяжущего в бетоне. Одним из способов повышения прочности цементного камня и бетона на его основе является механоактивация цемента [7, 8]. Особенно эффективна механоактивация в присутствии суперпластифицирующих добавок к цементу [9].

Представлял интерес выяснить влияние добавки золы-уноса к портландцементу на эффективную вязкость суспензии, а также на прочность цементного раствора состава 1:2.

В эксперименте использовалась зола-унос Ладыженский ГРЭС в количестве от 0 до 80% массы вяжущего. Для снижения водопотребности цементозольной суспензии использовался суперпластификатор С-3, в количестве от 0 до 1% массы вяжущего.

Условиями эксперимента предусматривалась механоактивация цементозольного вяжущего в скоростном смесителе активаторе. Для контроля использовалась цементозольная суспензия, вяжущее которой

активации не подвергалось. Эффективная вязкость цементозольной суспензии определялась при помощи ротационного вискозиметра "Полимер - РПЭ - 1м" с коаксиальными цилиндрами.

Экспериментально установлено, что введение золы-уноса в портландцемент приводит к снижению эффективной вязкости цементозольных суспензий. Особенно значительно влияние золы-уноса на изменение эффективной вязкости суспензии, в составе которой отсутствует суперпластификатор С-3 — эффективная вязкость при замене 80% портландцемента на золу-унос снижается с 3200 до 1400 сП, т.е. почти в 2,3 раза. Это позволяет сделать вывод о том, что зола-унос выполняет роль пластификатора в цементозольном вяжущем. Пластифицирующий эффект возрастает с увеличением содержания золы-уноса в портландцементе, рис. 1.

Следует отметить весьма значительное разжижающее действие на цементосодержащую суспензию суперпластификатора С-3. Особенно это характерно для чистоклинкерного портландцемента (золы-уноса отсутствует) — введение 1% суперпластификатора С-3 в цемент приводит к снижению эффективной вязкости с 3200 до 518 сП, т.е. больше чем в 6 раз.

По мере увеличения концентрации С-3 в вяжущем роль золы-уноса как пластификатора резко снижается. Так, эффективная вязкость суспензии с добавкой 1% С-3 при увеличении содержания золы-уноса от 0 до 80% снижается не более чем 40%.

Эффект снижения вязкости от введения в портландцемент золы-уноса возрастает при механоактивации суспензии. Значения эффективной вязкости механоактивированных цементозольных суспензий в диапазоне содержания золы-уноса в вяжущем от 0 до 80% и концентрации С-3 от 0 до 1%, приведены в табл.1.

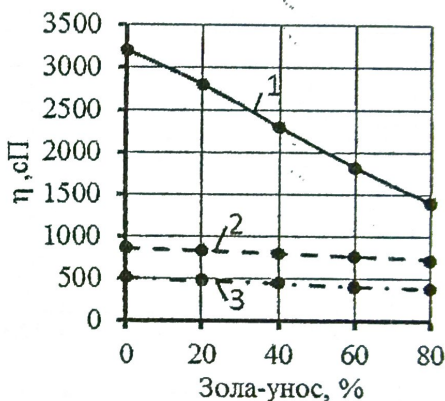


Рис. 1. Влияние добавки золы-уноса на изменение эффективной вязкости цементозольной суспензии

1, 2, 3 — концентрация С-3 соответственно 0; 0,5 и 1,0 % массы вяжущего

Влияние содержания золы-унос в портландцементе, концентрации С-3 и времени смешения на изменение эффективной вязкости ( $\eta$ ) суспензии

№ п/п	ПЦ*, %	Зола-унос, %	С-3, %	Время скоростного смешения суспензии, сек				
				0	30	60	90	120
1	100	0	0	3200	2357	2250	2400	2800
2	80	20		2800	2050	1900	1980	2300
3	60	40		2300	1700	1600	1643	1800
4	40	60		1820	1360	1250	1321	1421
5	20	80		1400	998	900	936	1021
6	100	0	0.5	860	417	280	296	317
7	80	20		830	400	272	284	299
8	60	40		797	375	249	269	284
9	40	60		762	362	235	255	271
10	20	80		726	333	220	240	255
11	100	0	1	518	223	120	143	167
12	80	20		477	208	112	134	157
13	60	40		445	199	99	126	148
14	40	60		409	190	90	119	140
15	20	80		380	176	78	111	131

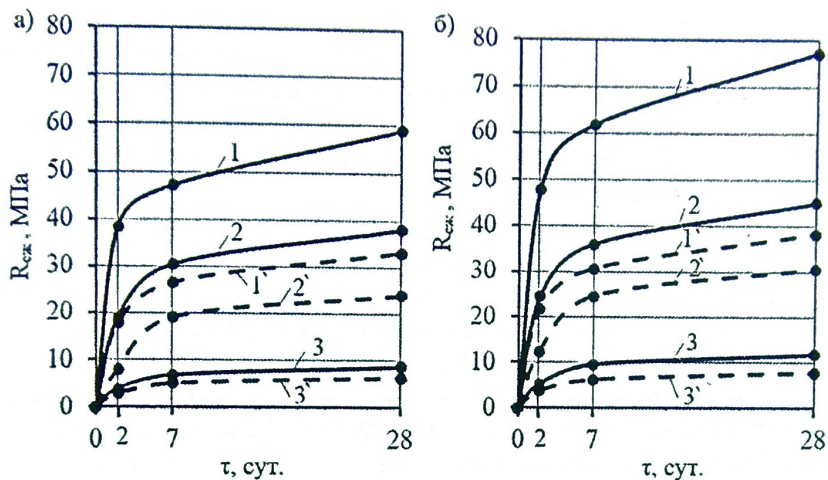
\*Портландцемент ПЦ I-500 (ОАО «Подольский цемент»).

Из табл.1 видно, что применение каждого из этих факторов в отдельности приводит к снижению эффективной вязкости цементных суспензий от 1,4 до 8,4 раза. Воздействие на цементозольную суспензию скоростного смешения в присутствии суперпластификатора С-3 и золы-унос приводит к снижению эффективной вязкости суспензии с 3200сП до 78с, то есть более чем в 40 раз.

Для выяснения влияния содержания золы-унос в портландцементе на кинетику его твердения использовался раствор состава 1:2. В качестве мелкого заполнителя применялся песок кварцевый Никитовского карьера с  $M_{кр}=2,7$ . Подвижность растворной смеси принималась равной 4-5 см (по осадке конуса Строй ЦНИЛа). Свежеотформованные образцы-балочки хранились в камере нормального твердения в течение 2-х, 7-и и 28-и суток, после чего подвергались испытаниям на прочность при изгибе и сжатии.

Представленные на рис.2 графические зависимости свидетельствуют о том, что введение золы-унос в портландцемент приводит к сни-

жению прочности раствора. Это характерно для раствора на механоактивированном вяжущем, так и для раствора вяжущее которых механоактивации не подвергалось.



**Рис. 2.** Кинетика набора прочности раствора

- а) раствор, вяжущее которого неподвержено механоактивации;  
 б) раствор, вяжущее которого подвержено механоактивации  
 1,2,3 – содержание золы-уноса в вяжущем 0, 40 и 80% соответственно, концентрация С-3 = 1%;  
 1',2',3' – содержание золы-уноса в вяжущем 0, 40 и 80% соответственно, концентрация С-3 = 0%

Как и следовало ожидать, механоактивация вяжущего приводит к повышению прочности раствора. Особенно это характерно для относительно «молодого» раствора, твердеющего двое и семь суток. При прочих равных условиях (одинаковое содержание золы-уноса и суперпластификатора С-3) механоактивация увеличивает прочность при сжатии цементного раствора в среднем на  $40 \div 55\%$ . К 28-и суточному возрасту разница в прочности раствора на механоактивированном и немеханоактивированном вяжущем уменьшается и, в зависимости от состава, не превышает  $30 \div 38\%$ .

## *Выводы*

1. Установлено эффект снижения эффективной вязкости цементозольной суспензии от совместного воздействия на её механоактивации и суперпластификатора С-3 – эффективная вязкость при этом снижается более чем в 40 раз по сравнению с контролем.

2. Механоактивация цементозольного вяжущего в присутствии суперпластификатора С-3 приводит к повышению прочности раствора в 28-и суточном возрасте на 30÷38%.

## *Литература*

1. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные минеральные вяжущие материалы – М.: Инфра-Инженерия, 2011. – 544 с.

2. Путилин Е.И. Применение зол уноса и золошлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог – М.: ФГУП «Союздорнии», 2003. 65с.

3. Нетеса Н.И. Легкие бетоны с золой уноса приднепровской ТЭС – Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ - 2013. - Вип. 5. - С. 137-145.

4. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Эффективные цементно-зольные бетоны. – Ровно: Изд. РГТУ, 1998.- 216с.

5. Борисенко Л.Ф., Делицын Л.М., Власов А.С. Перспективы использования золы угольных тепловых электростанции – ЗАО «Геоинформмарк», М.:2001, 68с.

6. Урьев Н.Б., Дубинин И.С. Коллоидные цементные растворы. Стройиздат, Ленинградское отделение, 1980. – 192с.

7. Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язущих речовин.- Навчальний посібник. – Одеса. Астропрінт, 2002. - 100с.

8. Механоактивация в технологии бетонов / [Выровой В.Н., Барабаш И.В., Дорофеев А.В. и др.] /– Одесса: ОГАСА, 2014. – 148с.

9. Барабаш И.В. Эффективная вязкость механоактивированных композиций на неорганических вяжущих. – Вісник ОДАБА.- Вип. 12.- 2003. – С.12-32.