

## ПРОЧНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА НА МЕХАНОАКТИВИРОВАННОМ ЦЕМЕНТОЗОЛЬНОМ ВЯЖУЩЕМ

**Мостовой С.Н.**, аспирант, **Барабаш И.В.**, д.т.н., профессор,  
**Ксёншкевич Л.Н.**, к.т.н., доцент, **Даниленко А.В.**, к.т.н. ассистент

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

Зола-унос широко используется в качестве тонкодисперсной минеральной добавки к портландцементу, оказывающую уплотняющее влияние на структуру цементного камня. В то же время, вследствие низкой активности золы в процессе гидратации портландцемента возникает необходимость повышенного расхода вяжущего для обеспечения требуемых показателей прочности раствора [1, 2, 3]. Одним из способов повышения прочности цементного камня и раствора на его основе является механоактивация цемента [4, 5].

Представлял интерес выяснить влияние содержания золы-унос в портландцементе на прочность при сжатии строительного раствора состава 1:2.

В эксперименте использовалась зола-унос Ладыженский ТЭС 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. В качестве мелкого заполнителя применялся песок кварцевый Никитовского карьера с  $M_{кр}=2,7$ . Прочность раствора определялась путём испытания образцов-балочек 4x4x16 см в 2-х и 28-и суточном возрасте. Твердение образцов осуществлялось в камере нормального твердения при температуре +20°C и относительной влажности воздуха  $\geq 95\%$ .

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

Эксперимент проводили по 2-х факторному плану. В качестве независимых переменных были приняты следующие факторы варьирования:

X<sub>1</sub>- расход золы в портландцементе (40±40) %;

X<sub>2</sub>- концентрация С-3 в вяжущем (0,5±0,5) %.

Выполнялись две параллельные серии экспериментов. Первая предусматривала приготовление растворной смеси по традиционной технологии. Вторая - с применением механоактивации вяжущего. Активированная суспензия смешивалась с кварцевым песком в тихходной мешалке до однородного состояния.

Показатели прочности цементнопесчаных образцов при изгибе и сжатии приведены в таблице 1.

Таблица 1

План эксперимента и механические характеристики образцов

№	Уровни варьирования		Зола-унос, %	С-3, %	Отклики							
					$R_{изг}^k, МПа$		$R_{изг}^a, МПа$		$R_{сж}^k, МПа$		$R_{сж}^a, МПа$	
	$X_1$	$X_2$			2 сут.	28 сут.	2 сут.	28 сут.	2 сут.	28 сут.	2 сут.	28 сут.
1	+	+	0	1	5.9	10.4	6.7	10.9	38,5	58,9	47.9	77.2
2	+	0	0	0.5	4.6	8.2	5.5	8.9	28,8	46,1	35.9	60.2
3	+	-	0	0	3.0	5.8	4.4	6.7	17,8	33,1	23.7	28.3
4	0	+	40	1	4.1	7.6	5.0	8.5	19,1	38,1	24.3	45.1
5	0	0	40	0.5	3.2	6,0	4.1	7.1	14,3	30,8	18.4	37.7
6	0	-	40	0	2.1	4.3	3.0	5.8	8,1	24,0	12.4	30.7
7	-	+	80	1	1.5	2.7	2.1	3.1	3,9	8,6	5.4	11.8
8	-	0	80	0.5	1.0	2.3	1.5	2.7	3,6	7,3	4.6	9.8
9	-	-	80	0	0.3	2,0	0.6	2.3	2,9	6,5	3.8	7.9

Примечание:

$R_{изг}^k$  - прочность образцов-балочек на растяжение при изгибе, МПа. Вяжущее активации не подвергалось;  $R_{изг}^a$  - прочность образцов-балочек на растяжение при изгибе, МПа. Вяжущее механоактивированно;  $R_{сж}^k$  - прочность образцов-балочек при сжатии, МПа. Вяжущее активации не подвергалось;  $R_{сж}^a$  - прочность образцов балочек при сжатии, МПа. Вяжущее механоактивированно.

По полученным экспериментально-статистическим моделям (1-4) были построены графические зависимости, отображающие влияние варьируемых факторов состава на прочность раствора при сжатии и изгибе в 28-и суточном возрасте, рис. 1.

$$R_{с.жс}^k = 30,9 - 19,3x_1 - 4,2x_1^2 - 5,9x_1x_2 + 7,0x_2 + 0,1x_2^2 \quad (1)$$

$$R_{с.жс}^a = 38,3 - 24,4x_1 - 3,6x_1^2 - 8,7x_1x_2 + 9,5x_2 - 0,7x_2^2 \quad (2)$$

$$R_{и.зг}^k = 6 - 2,9x_1 - 0,7x_1^2 - 1x_1x_2 + 1,4x_2 - 0,05x_2^2 \quad (3)$$

$$R_{и.зг}^a = 7,1 - 2,1x_1 - 0,6x_1^2 - 0,2x_1x_2 + 1,3x_2 - 0,01x_2^2 \quad (4)$$

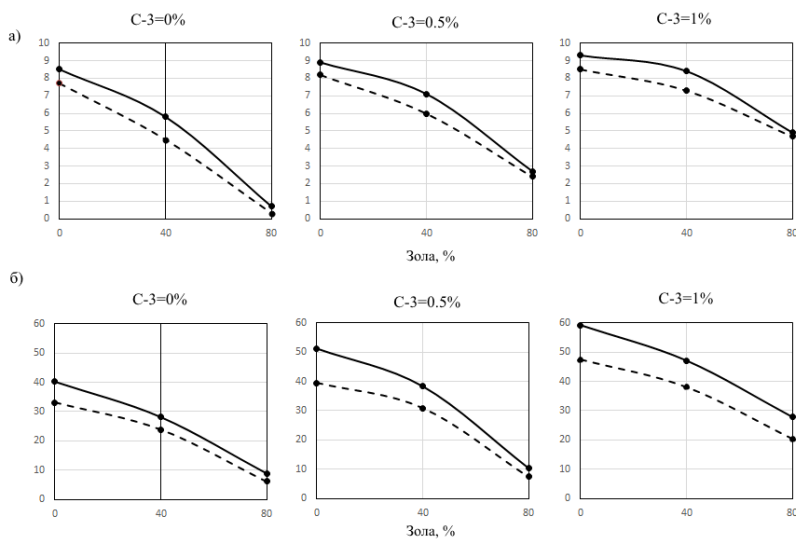


Рис. 1. Влияние содержания золы-уноса в портландцементе на прочность образцов-балочек на растяжение при изгибе (а) и при сжатии (б), МПа:

— - раствор на механоактивированном вяжущем;  
 - - - - контроль

Анализ графических зависимостей свидетельствует о том, что введение золы-уноса в портландцемент приводит к снижению прочности раствора. Это характерно как для раствора на механоактивированном вяжущем, так и для раствора, вяжущее которого механоактивации не подвергалось.

Экспериментально установлено, что механоактивация приводит к повышению прочности раствора по сравнению с контролем в среднем на 20-30 %. Это позволяет увеличить содержание золы в портландцементе на 15-20 %, обеспечивая при этом получение равнопрочных (по сравнению с контролем) растворов.

### ***Выводы***

1. Повышение концентрации золы-унос в портландцементе снижает прочность раствора. Особенно значительный сброс прочности наблюдается в диапазоне содержания золы в вяжущем от 40 % до 80 % - падение прочности при этом достигает 2-х и более раз по сравнению с прочностью раствора на бездобавочном портландцементе.

2. Механоактивация портландцемента с добавкой золы-унос позволяет повысить прочность строительного раствора на 20-30 % по сравнению с контролем (раствор тождественного состава, вяжущее которого механоактивации не подвергалось).

### **Summary**

**It is investigated the influence of fly ash on the kinetics of curing of the mortar. It is revealed that the mechanical activation of the binder in the presence of superplasticizer C-3 increases the strength of the solution in the binder of cement-ash.**

### ***Литература***

1. Malhotra V.M., and Ramezaniapour A.A. Fly ash in Concrete. – 2nd edition, CANMET, Ontario, 1994. – pp. 21-25, 44-50; pp. 73-81.

2. Nmai C. K. Schlagbaum T. Violetta B. A history of mid-range water-reducing admixtures // Concrete international. – April, 1998. -pp. 45-50.

3. Кривенко П. В., Пушкарева Е. К., Гоц В. И., Ковальчук Г. Ю. Цементы и бетоны на основе топливных зол и шлаков. Киев: ООО «ИПК Экспресс – Полиграф», 2012. – 258 с.

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

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