

**СИНЕРГИЗМ В ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ  
ЦЕМЕНТОСОДЕРЖАЩИХ СУСПЕНЗИЙ ДЛЯ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ**

**Даниленко А.В.<sup>1</sup>, аспирант, Барабаш И.В.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.,  
Кушнерук В.И.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Юстина Штасенько.<sup>2</sup>, докт. философии, доц.**

<sup>1</sup>*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
Украина*

<sup>2</sup>*Государственная высшая технико-экономическая школа  
им. Бронислава Маркевича, г. Ярослав, Польша*

К растворным смесям предъявляются достаточно жесткие требования по подвижности, расслаиваемости, водоудерживающей способности. Определяющая роль в обеспечении этих необходимых свойств отводится цементному клею. Управлять реологическими свойствами цементного клея можно за счет использования тонкомолотых минеральных добавок [1], использования поверхностно-активных веществ [2], активации вяжущих. [3].

Исходя из вышеизложенного, представлял интерес изучить совместное влияние концентрации молотого известняка в портландцементе, содержания С-3 и механоактивации на изменение эффективной вязкости цементосодержащих суспензий. Особенностью молотого известняка является то, что его пылевидные частицы служат микронаполнителем для цемента, улучшая удобоукладываемость растворной смеси. Кроме того, частицы известняка не инертны, и входят в физико-химическое взаимодействие с цементом [4].

В исследованиях в качестве вяжущего использовался портландцемент ПЦ-I марки 500. В качестве минеральной добавки к портландцементу был выбран известняк Инкерманского карьера, размолотый до удельной поверхности 400 м<sup>2</sup>/кг. Количество молотого известняка в эксперименте принималось равным 20, 40, 50 и 60% от массы вяжущего. В качестве контроля использовалась цементная суспензия без добавки молотого известняка. Использовался суперпластификатор С-3 в количестве 0, 0.5 и 1% от массы вяжущего.

Исследованию подвергались суспензии как на механоактивированном вяжущем, так и суспензии, вяжущее которых активации не подвергалось. Механоактивация осуществлялась в специально созданном

высокоскоростном смесителе-активаторе с количеством оборотов рабочего органа 2800 об/мин. Время активации цементосодержащих суспензий в эксперименте варьировалось от 0 до 180 сек. Определение эффективной вязкости суспензий осуществлялось при помощи вискозиметра "Полимер - РПЭ – 1м" с коаксиальными цилиндрами.

Результаты исследований эффективной вязкости суспензий на механоактивированном портландцементе содержащем молотый известняк в количестве от 0 до 60% и суперпластификатор С-3 в количестве от 0 до 1%, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние содержания молотого известняка в портландцементе, концентрации С-3 и времени активации на изменение эффективной вязкости ( $\eta$ ) суспензии

№ п/п	ПЦ %	МИ %	С-3 %	Время активации суспензии, сек					
				0	30	60	90	120	150
1	100	0	0	1160	570	550	650	790	840
2	80	20		1350	690	830	975	1000	1035
3	60	40		1515	805	955	980	1005	1045
4	50	50		1555	865	937	955	990	1130
5	40	60		1710	1100	1120	1170	1355	1460
6	100	0	0.5	720	320	336	365	372	380
7	80	20		965	380	408	406	418	425
8	60	40		998	446	430	448	452	446
9	50	50		1005	490	492	513	517	522
10	40	60		1026	526	530	532	540	545
11	100	0	1	520	66	60	75	80	90
12	80	20		556	75	70	77	90	105
13	60	40		590	90	80	85	99	114
14	50	50		670	95	90	95	102	118
15	40	60		756	105	95	105	108	123

Примечание: ПЦ – портландцемент; МИ – молотый известняк; С-3 – суперпластифицирующая добавка

Проведенные экспериментальные исследования позволили оценить влияние каждого из перечисленных факторов (механоактивация, содержание молотого известняка в вяжущем, концентрация С-3) на изменение эффективной вязкости суспензий. Установлено, что скоростное смешение суспензий (для всех исследуемых концентраций молотого

известняка и С-3 в вяжущем) вызывает снижение эффективной вязкости от 1.4 до 4.5 раз. Введение С-3 в вяжущее, содержащее молотый известняк в количестве от 0 до 60% , приводит к снижению эффективной вязкости от 1.4 до 2.9 раз.

Представлял интерес выяснить влияние на эффективную вязкость цементосодержащей суспензии совместного воздействия суперпластифицирующей добавки С-3 и скоростного смешения. Критерием количественной оценки данного эффекта был принят уровень синергизма ( $Y_c$ ), определяемый как отношение реального коэффициента снижения эффективной вязкости ( $K_{\Sigma}^3$ ), полученного экспериментальным путем, к его расчетному значению ( $K_{\Sigma}^P = K_{cm} \times K_{ПЛАВ}$ ) из условия аддитивности влияния данных факторов на изменение вязкости:

$$Y_c = \frac{K_{\Sigma}^3}{K_{\Sigma}^P}$$

Критерием оценки эффективности рецептурно-технологических воздействий на цементосодержащие суспензии был выбран безразмерный коэффициент  $K$ , определяемый как отношение вязкости, практически неразрушенной структуры к вязкости, которую суспензия приобретает в результате:

- а) только применения скоростного смешения ( $K_{cm}$ );
- б) только введения суперпластификатора С-3 ( $K_{ПЛАВ}$ );
- в) совместного воздействия на суспензию скоростного смешения в присутствии добавки С-3 ( $K_{\Sigma}^3$ ).

Таблица 2

Влияние содержания молотого известняка в портландцементе на изменение  $Y_c$

Концентрация молотого известняка, %	$K_{cm}$	$K_{ПЛАВ}$	$\hat{E}_{\Sigma}^D$	$K_{\Sigma}^3$	$Y_c$
0	2,1	2,2	4,3	14,5	3,3
20	2,0	2,4	4,4	15,7	3,6
40	1,9	2,6	4,4	18,9	4,3
50	1,8	2,3	4,1	19,4	4,7
60	1,6	2,3	3,8	20,9	5,5

## **Вывод**

В результате проведенных исследований выявлен значительный синергический эффект снижения вязкости цементных суспензий с добавкой молотого известняка при воздействии на них скоростного смешивания в присутствии суперпластификатора С-3 (табл. 2).

Установлено, что уровень синергизма зависит от содержания молотого известняка в вяжущем. Увеличение содержания молотого известняка от 0 до 60% приводит к увеличению  $Y_c$  от 3.3 до 5.5.

Таким образом, по уровню синергизма мы можем целенаправленно управлять эффективной вязкостью цементосодержащей суспензии и, в конечном итоге, подвижностью, нерасплаиваемостью и водоудерживающей способностью растворов смесей.

## **SUMMARY**

**Consider the possibility increasing the coefficient of synergism by the introduction of ground limestone astringent, of superplasticizer and mechanical activation.**

1. Цементные бетонны с минеральными наполнителями /[Л.И. Дворкин, В.И Соломатов, В.С. Выровой, С.М. Чудновский]- К.: Будівельник, 1991. – 136с.
2. Батраков В.Г. Суперпластификаторы. Исследование и опыт применения // В.Г. Батраков / Применение химических добавок в технологии бетона МДНТП. - М.: Знание, 1980.- С. 29-36.
3. Механоактивация в технологии бетонов / [В.Н. Выровой, И.В. Барабаш, А.В. Дорофеев, И.Н. Бабий и др.] – Одесса: ОГАСА, 2014. – 148с.
4. Маилян Р.Л. Бетон на карбонатных заполнителях / Р.Л. Маилян // Изд-во Ростовского университета , 1967. -276с., ил.