

УДК 666.9.022

ВЛИЯНИЕ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА НА ЭФФЕКТИВНУЮ ВЯЗКОСТЬ ЦЕМЕНТНЫХ СУСПЕНЗИЙ

Ксеншкевич Л.Н., Барабаш Т.И., Тесля О.П. (г. Одесса)

В современной технологии бетона в качестве модификатора портландцемента широкое распространение получил ультрадисперсный микрокремнезем (МК).

Микрокремнезем представляет собой побочный продукт металлургического производства при выплавке ферросилиция и его сплавов, образующийся в результате восстановления углеродом кварца высокой чистоты в электропечах. В процессе выплавки кремниевых сплавов некоторая часть монооксида кремния SiO переходит в газообразное состояние и, подвергаясь окислению и конденсации, образует чрезвычайно мелкий продукт в виде шарообразных частиц с высоким содержанием аморфного кремнезема [1]. Размер частиц МК не превышает 0,01-0,1 мкм, что в сотни раз мельче зерен портландцемента. Столь высокая дисперсность МК позволяет ему активно взаимодействовать с известью, образующейся при гидратации алита. Дополнительные новообразования в виде гидросиликатов кальция снижают пористость цементного камня, повышают его прочность. Новые возможности использования микрокремнезема тесно связаны с прогрессом в области создания высокоскоростных трибосмесителей, разработки эффективных суперпластификаторов. Сочетание этих факторов позволит получить бетонные смеси с повышенной удобоукладываемостью, а бетоны – высокой прочностью (от 60 до 150 МПа) и долговечности.

Представлял интерес выяснить влияние МК на изменение эффективной вязкости цементосодержащих суспензий. В исследованиях в качестве вяжущего использовался портландцемент М400 ОАО «Югцемент». Содержание микрокремнезема Никопольского завода ферросплавов в цементе варьировалось от 0 до 10 %. Исходное водоцементное отношение принималось равным 0,4. Эффективная вязкость цементных суспензий определялась при помощи ротационного вискозиметра с коаксиальными цилиндрами.

В процессе исследований установлено, что введение в цемент МК приводит к увеличению эффективной вязкости суспензии с 1520 сП (МК=0%) до 3868 сП (МК=10%) т.е. более чем в 2,5 раза. Введение в суспензию суперпластификатора С-3 приводит к снижению эффективной вязкости. В частности, для цементной суспензии без добавки МК вязкость

снизилась с 1520 сП до 643 сП т.е. почти в 2,4 раза. Для цементной суспензии с содержанием МК=10% эффективная вязкость суспензии при

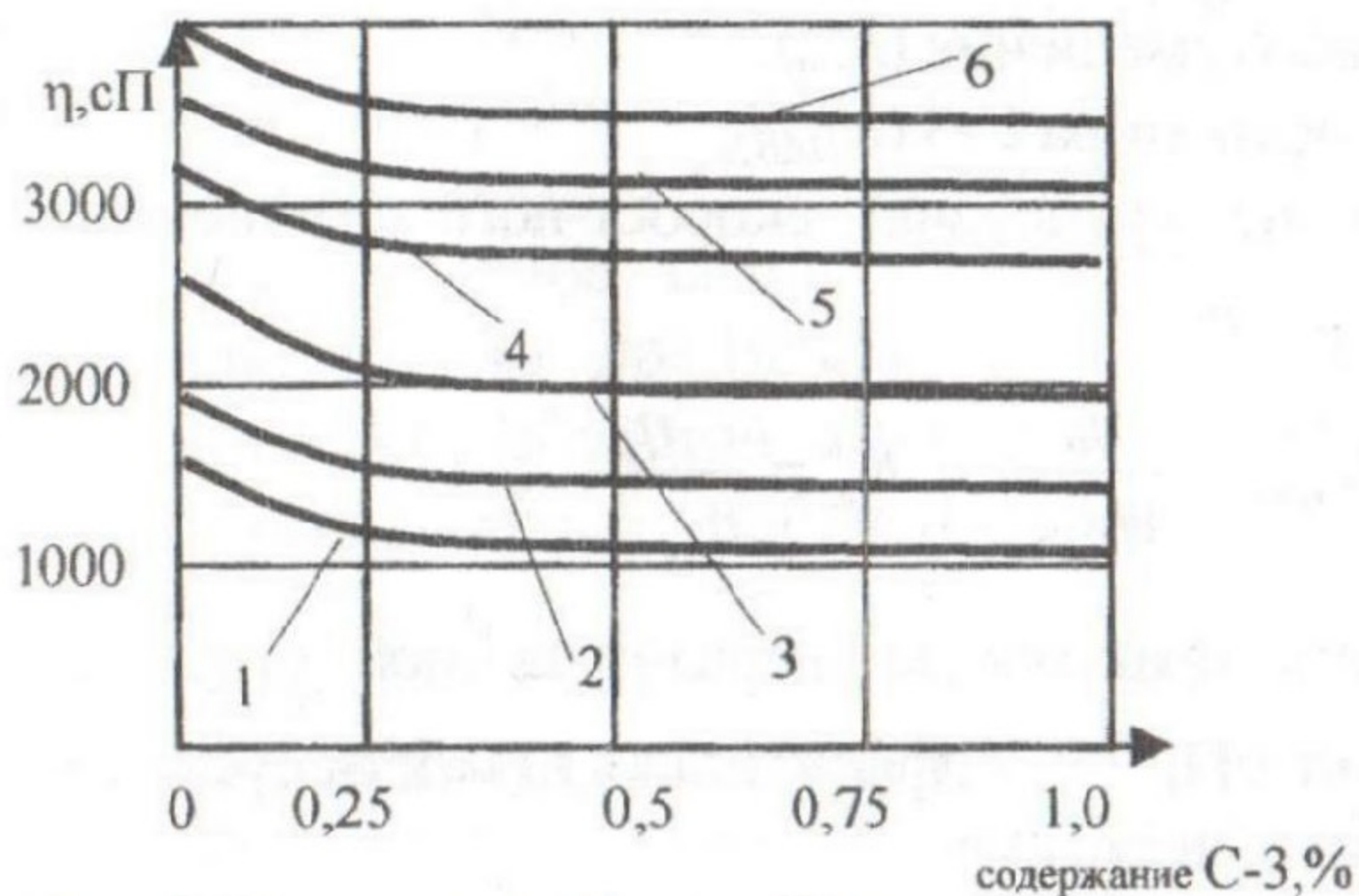


Рис.1. Влияние добавки С-3 на изменение эффективной вязкости цементосодержащей суспензии (скоростное смешение отсутствует)
 1 – содержание МК=0%; 2 – содержание МК=2%; 3 – содержание МК=4%; 4 – содержание МК=6%; 5 – содержание МК=8%; 6 – содержание МК=10%

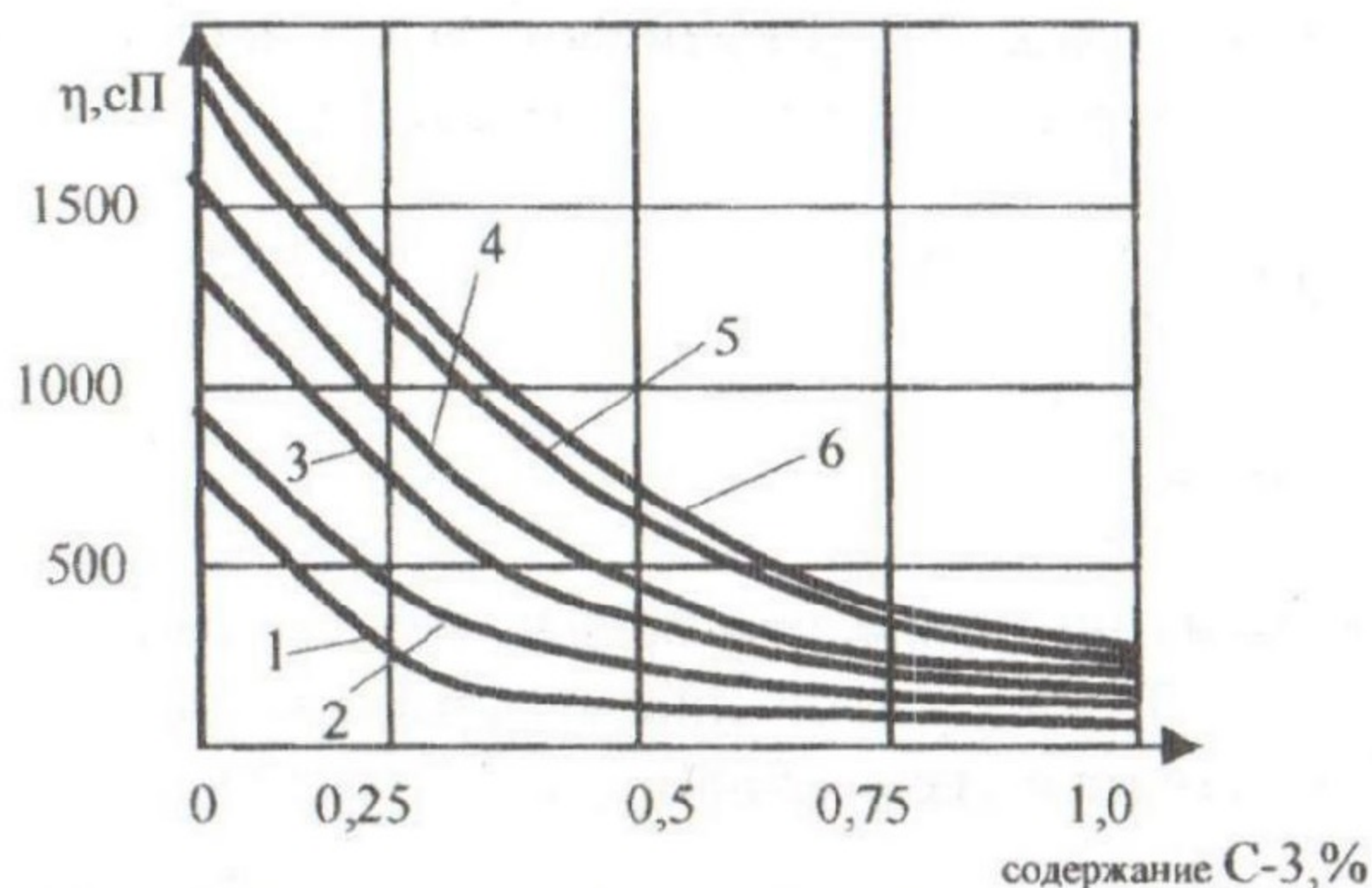


Рис.2. Влияние добавки С-3 на изменение эффективной вязкости цементосодержащей суспензии (смесь механоактивированная)
 1 – содержание МК=0%; 2 – содержание МК=2%; 3 – содержание МК=4%; 4 – содержание МК=6%; 5 – содержание МК=8%; 6 – содержание МК=10%

введении 1% С-3 снизилась с 3868 сП до 1780 сП, рис. 1.

Известно, что наиболее эффективными технологическими воздействиями на цементные суспензии являются те, которые позволяют достичь предельного разрушения начальной структуры системы, характеризуемой минимальным показателем ее эффективной вязкости [2,3,4]. Для этого цементная суспензия подвергалась скоростному смешению ($n=4500$ об/мин.) в специально созданном трибосмесителе.

Установлено, что скоростное смешение приводит к снижению эффективной вязкости суспензии. Эффективное снижение η повышается с увеличением концентрации С-3 в суспензии, рис.2.

Критерием оценки эффективности воздействий на цементосодержащие суспензии был выбран безразмерный

коэффициент K , определяемый как отношение вязкости, которую суспензия приобретает в результате:

- а) только применения скоростного смешения ($K_{см}$);
- б) только введения суперпластификатора С-3 ($K_{ПАВ}$);
- в) совместного воздействия на суспензию скоростного смешения в присутствии добавки С-3 (K_{Σ}^2):

$$K_{см} = \frac{\eta_0}{\eta_{см}}; \quad K_{ПАВ} = \frac{\eta_0}{\eta_{ПАВ}}; \quad K_{\Sigma}^2 = \frac{\eta_0}{\eta_{см+ПАВ}};$$

где: η_0 - эффективная вязкость практически неразрушенной структуры цементаосодержащей суспензии, сП; $\eta_{см}$ - эффективная вязкость суспензии (С-3=0%) после скоростного смешения, сП;

$\eta_{ПАВ}$ - эффективная вязкость суспензии (скоростное смешение отсутствует) с содержанием С-3=1%;

В результате проведенных исследований выявлен значительный синергетический эффект снижения вязкости цементных суспензий с добавкой микрокремнезема при воздействии на них скоростного смешения в присутствии суперпластификатора С-3. Для количественной оценки данного эффекта был принят уровень синергизма (y_c), определяемый как отношение реального коэффициента снижения эффективной вязкости (K_{Σ}^2), полученного экспериментальным путем, к его расчетному значению ($K_{\Sigma}^P = K_{см} \cdot K_{ПАВ}$) из условия аддитивности влияния данных факторов на изменение вязкости:

$$y_c = \frac{K_{\Sigma}^2}{K_{\Sigma}^P},$$

Установлено, что уровень синергизма тем выше, чем больше концентрация МК в цементных суспензиях, табл. 1. Так, увеличение содержания МК в портландцементе от 0 до 10% приводит к увеличению y_c с 3,7 до 17,9, т.е. больше чем в 4,8 раза.

Таблица 1

Влияние содержания МК в цементном вяжущем на изменение y_c

Концентрация микрокремнезема, %	$K_{см}$	$K_{ПАВ}$	K_{Σ}^P	K_{Σ}^2	y_c
0,0	2,46	2,36	5,8	21,7	3,7
2,0	2,00	2,87	5,74	24,3	4,23
4,0	1,86	3,06	5,69	51,8	9,1
6,0	1,56	3,05	4,76	57,1	12,0
8,0	1,34	2,59	3,47	51,8	14,9
10,0	1,2	2,17	2,6	46,6	17,9

Выводы

1. Введение микрокремнезема в портландцемент приводит к увеличению эффективной вязкости суспензии. Необходимым условием получения равновязких суспензий является введение суперпластификатора С-3 в количестве не менее 1%.
2. Скоростное смешение цементных суспензий с добавками микрокремнезема до 10% в присутствии С-3 приводит к резкому снижению эффективной вязкости, что позволит получать бетонные смеси с повышенной удобоукладываемостью.

Литература

1. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кривобородов Ю.Р. Влияние структуры цементного камня с добавками микрокремнезема и суперпластификатора на свойства бетона // Бетон и железобетон. - №7. – 1992. – С.4-7.
2. Урьев Н.Б., Дубинин И.С. Коллоидные цементные растворы. Стройиздат, Ленинградское отделение, 1980. – 192с.
3. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. – М.: Химия. – 1980.-320с.
4. Барабаш И.В. Эффективная вязкость механоактивированных композиций на неорганических вяжущих. – Вісник ОДАБА.- Вип. 12.- 2003. – С.12-32.