УДК 691.53 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.166.2016.92804

ВЛИЯНИЕ МОЛОТОГО ИЗВЕСТНЯКА И МЕХАНОАКТИВАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНУЮ ВЯЗКОСТЬ ЦЕМЕНТНЫХ СУСПЕНЗИЙ

Кандидаты техн. наук А. В. Даниленко, Л. Н. Ксёншкевич

ВПЛИВ МЕЛЕНОГО ВАПНЯКУ ТА МЕХАНОАКТИВАЦІЇ НА ЕФЕКТИВНУ В'ЯЗКІСТЬ ЦЕМЕНТНИХ СУСПЕНЗІЙ

Кандидати техн. наук А. В. Даниленко, Л. М. Ксьоншкевич

THE INFLUENCE OF GROUND LIMESTONE AND MECHANOACTIVATION ON EFFECTIVE VISCOSITY OF CEMENT SUSPENSIONS

Cand. of techn. sciences A. Danilenko, L. Ksenshkevich

В статье рассматриваются вопросы влияния режимов механоактивации, количества молотого известняка и С-3 на смену эффективной вязкости суспензии вяжущего. Обнаружен синергетический эффект снижения вязкости цементосодержащих суспензий с добавкой молотого известняка при совместном действии на них скоростного смешения и суперпластификатора С-3. Проведенный эксперимент позволил установить оптимальные режимы активации цементосодержащих суспензий с добавкой молотого известняка, обеспечивающей предельно возможное разрушение начальной структуры системы.

Ключевые слова: *механоактивация, молотый известняк, портландцемент, эффективная вязкость, скоростное смешение, синергизм.*

У статті розглядаються питання впливу режимів механоактивації, кількості меленого вапняку та суперпластифікатора С-3 на зміну ефективної в'язкості суспензії в'яжучого. Виявлений синергетичний ефект зниження в'язкості цементовмісних суспензій з добавкою меленого вапняку при спільній дії на них швидкісного змішування і суперпластифікатора С-3. Проведений експеримент дозволив встановити оптимальні режими активації цементовмісних суспензій з добавкою меленого вапняку, що забезпечує гранично-можливе руйнування початкової структури системи.

Ключові слова: *механоактивація, мелений вапняк, портландцемент, ефективна в'язкість, швидкісне змішування, синергізм.*

The paper examines the influence of mechanical activation modes, the amount of ground limestone and C-3 to replace the effective viscosity of the binder suspension. Discovered synergistic effect of reducing the viscosity of the cement suspensions with the addition of ground the limestone in the joint action of high-speed mixing and superplasticizer C-3. The experiment has allowed to establish the optimal activation regimes cement-containing suspensions with the addition of ground limestone, which provides the maximum destruction of primary structure of the system.

Key words: *mechanoactivation, of ground limestone, Portland cement, effective viscosity, high-speed mixing, synergy.*

Введение. К растворным смесям предъявляются достаточно жесткие требования по подвижности, расслаиваемости, водоудерживающей способности. Как известно, управлять реологическими свойствами можно за счет использования

тонкомолотых минеральных добавок [1,2], использования поверхностно-активных веществ [3], активации вяжущих [4,5,6].

Минеральные добавки целенаправленно используются в портландцементах в течение многих десятилетий для улучшения качества бетонов и растворов.

Вторым по значимости методом повышения качества строительных материалов является применение механохимической активации минеральных вяжущих, подтверждено работами И. Барабаша [4,6], С.И. Федоркина [5] и др.

Представляло интерес изучить совместное влияние концентрации молотого известняка в портландцементе, содержание суперпластификатора С-3 и механоактивации на изменение эффективной вязкости цементосодержащих суспензий.

Анализ последних исследований и публикаций. Известняк-ракушечник является распространенным природным камнем в южном регионе Украины, при этом отходы его камнепиления доступны и дешевы. Являясь относительно мало-прочным материалом, он легко подвергается помолу, что позволяет использовать его в качестве минеральной добавки к портландцементу [7,8]. На данный момент накоплен достаточно существенный опыт по применению молотого известняка в строительных материалах и конструкциях [7-11]. Известно, что тонкодисперсные частицы известняка могут выполнять роль смазки, располагаясь в пространстве между зернами цемента [9]. Молотый известняк также способствует улучшению теплотехнических характеристик кладочных и штукатурных растворов [11]. Помимо того, известняк в цементных композициях не полностью инертен. Он химически взаимодействует с минералами цемента, способствуя увеличению прочности контакта между заполнителем и матрицей [9,11].

Определение цели и задач исследований. Цель – выяснить влияние расхода молотого известняка в механоактивированном портландцементе на изменение эффективной вязкости суспензий. Задача исследования – получить синергетический эффект снижения вязкости цементосодержащих суспензий с добавкой молотого известняка при совместном действии на них скоростного смешивания и суперпластификатора С-3.

Основная часть исследований. Известно, что наиболее эффективными технологическими воздействиями на цементные суспензии являются те, которые позволяют достичь предельного разрушения исходной структуры системы, которая характеризуется минимальным показателем ее эффективной вязкости [10]. Одним из путей выполнения данной задачи является применение интенсивных гидродинамических воздействий на суспензии вяжущего в скоростных смесителях-активаторах [4-6].

Для этой цели использовался скорост-ной трибосмеситель с числом оборотов рабочего органа смесителя 2800 об/мин.

Для приготовления суспензии использовался портландцемент марки 500 и известняк, размолотый до удельной поверхности 400 $м^2$/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. Время активации цементосодержащих суспензии в эксперименте варьировалось от 0 до 180 с.

Эффективная вязкость цементных суспензий определялась с помощью ротационного вискозиметра с коаксиальными цилиндрами.

Критерием оценки эффективности рецептурно-технологических факторов цементосодержащих суспензий был избран коэффициент К, который определяется как отношение вязкости, которую суспензия получает в результате:

а) только применения скоростного смешивания ($К_{см}$) (1);

б) только введения суперпластификатора С-3 ($К_{ПАВ}$) (2);

в) совместного воздействия на суспензию скоростного смешивания в присутствии добавки С-3($К^{е}_{\Sigma}$)(3):

$$К_{см} = \frac{\eta_0}{\eta_{см}} \quad (1)$$

$$К_{ПАВ} = \frac{\eta_0}{\eta_{ПАВ}} \quad (2)$$

$$К^{е}_{\Sigma} = \frac{\eta_0}{\eta_{см+ПАВ}} \quad (3)$$

где η_0 – эффективная вязкость практически не разрушенной структуры цементосодержащей 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=0.5 %.

Общий анализ экспериментальных данных свидетельствует о влиянии на эффективную вязкость суспензии как времени скоростного смешивания, так и содержания молотого известняка и суперпластификатора С-3. Результаты исследований эффективной вязкости суспензий приведены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние содержания молотого известняка в портландцементе, концентрации С-3 и времени смешения компонентов на изменение эффективной вязкости (η) суспензии

№ п/п	Портланд-цемент, %	Молотый известняк, %	С-3, %	Время скоростного смешения суспензии, с					
				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

Установлено, что введение в цемент молотого известняка приводит к увеличению эффективной вязкости суспензии с 1160 (известняк = 0 %) до

1710 сП (известняк = 60 %). Введение в суспензию суперпластификатора С-3 (1 %) приводит к снижению эффективной вязкости. В частности, для цементной суспензии без добавки молотого известняка вязкость снизилась с 1160 сП до 520 сП, что почти в два раза. Для цементной суспензии с содержанием молотого известняка равной 60 % эффективная вязкость суспензии при введении 1% С-3 снизилась с 756 до 520 сП.

Представляло интерес выяснить влияние на изменение эффективной вязкости цементосодержащей суспензии совместного воздействия на неё скоростного смешения и суперпластифицирующей добавки С-3. Критерием количественной оценки данного эффекта был принят уровень синергизма (Y_c), определяемый как отношение реального коэффициента снижения эффективной вязкости ($K_\Sigma^э$), полученного экспериментальным путем, к его расчетному значению $\left(K_\Sigma^Р = K_{см} \times K_{ПАВ}\right)$ из условия аддитивного влияния данных факторов на изменение вязкости (4):

$$Y_c = \frac{K_S^e}{K_S^P} \qquad (4)$$

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.

Таблица 2

Влияние содержания молотого известняка в портландцементе на изменение уровня синергизма Y_c

Концентрация молотого известняка, %	$K_{см}$	$K_{ПАВ}$	K_Σ^P	$K_\Sigma^э$	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

Согласно данным построен график, отображающий влияние количества молотого известняка на Y_c (рисунок).

Установлено, что уровень синергизма начинает значительно повышаться в цементосодержащих суспензиях с большой концентрацией молотого известняка. Увеличение содержания молотого известняка с 0 до 60 % приводит к увеличению Y_c с 3.3 до 5.5 т.е. больше чем в 1.6 раза.

Выводы из исследования и перспективы дальнейшего развития в данном направлении. Проведенные экспериментальные исследования позволили оценить влияние каждого из перечисленных факторов (механоактивации, содержание молотого известняка в вяжущем, концентрации 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.

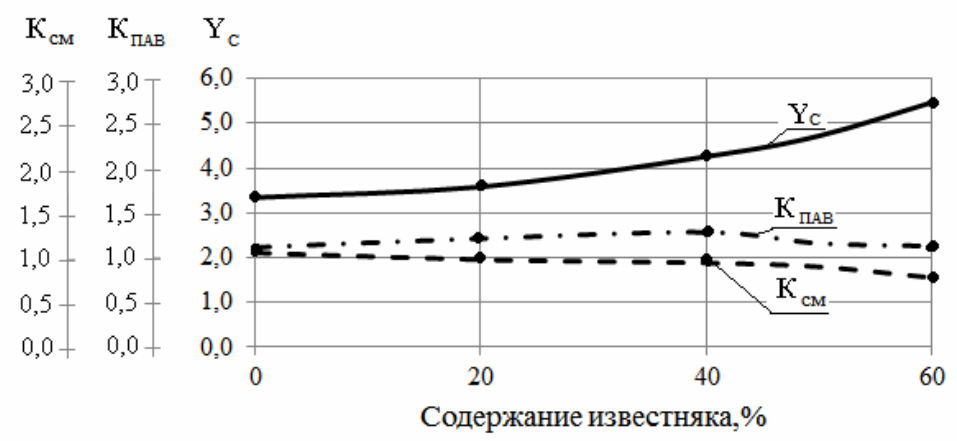

Рис. Влияние количества молотого известняка на показатели Y_c, $K_{зм}$, $K_{ПАВ}$:
Y_c – уровень синергизма;
$K_{см}$ – коэффициент;
$K_{ПАВ}$ – коэффициент

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.

Установлен синергический эффект снижения вязкости цементосодержащих суспензий с добавкой молотого известняка при воздействии на них скоростного смешивания в присутствии суперпластификатора С-3.

Таким образом, по уровню синергизма мы можем целенаправленно управлять эффективной вязкостью цементосодержащих суспензий и, в конечном итоге, подвижностью, нерасслаиваемостью и водоудерживающей способностью растворных смесей.

Список использованных источников

1. Демьянова, В. С. Об использовании дисперсных наполнителей в цементных системах [Текст] / В. С. Демьянова, В. И. Калашников, А. А. Борисов // Жил. строительство. – 1999. – № 3. – С.17-18.

2. Ольгинский, А. Г. Пылеватые минеральные добавки к цементным бетонам [Текст] / А. Г. Ольгинский // Строительные материалы и конструкции. –1990. – № 3. – С. 18.

3. Батраков, В. Г. Суперпластификаторы. Исследование и опыт применения [Текст] / В.Г. Батраков // Применение химических добавок в технологии бетона МДНТП. – М.: Знание, 1980. – С. 29-36.

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

5. Федоркин, С. И. Механоактивация вторичного сырья в производстве строительных материалов [Текст] / С. И. Федоркин. – Симферополь: Таврия, 1997. – 180 с.

6. Барабаш, И. В. Механизмы организации структуры механоактивированных грубодисперсных систем. – В зб.: Композиційні матеріали для будівництва [Текст] / И.В. Барабаш, В.Н. Выровой // Вісник ОДАБА. – 2000. – № 2 (22). – С.12-15.

7. Федоркин, С. И. Новые направления переработки известняковых отходов камнедобычи [Текст] / С. И. Федоркин // Труды Крымской Академии наук: науч.-практ. сб. – Симферополь: Таврия, 1998. – Вып. 1. – С. 83-86.

8. Свойства облегченных штукатурных растворов из сухих строительных смесей с перлитовым и известняковым наполнителями [Текст] / В.Г. Соха, Е.К. Карапузов, В.А. Вознесенский и др. // Строительные материалы и изделия. – 2010. – № 3. – С. 11-14.

9. Маилян, Р. Л. Бетон на карбонатных заполнителях [Текст] / Р. Л. Маилян. – Ростов: Изд-во Ростовского университета, 1967. – 276 с.

10. Portland-limestone cements. Their properties and hydration compared to those of other composite cement/ [N. Voglis, G. Kakali, E. Chaniotakis, S. Tsivilis]// Cem. Concr.Com. 27,2005. - pp. 191–196.

11. Барабаш, И. В. Растворы на механоактивированном портландцементе с добавкой молотого известняка [Текст] / И.В. Барабаш, С. А. Кровяков, А. В. Даниленко // Вісник ОДАБА. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2011. – Вип. 43. – С. 17-21.

12. Урьев, Н. Б. Коллоидные цементные растворы [Текст] / Н. Б. Урьев, И. С. Дубинин. – Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1980. – 192 с.

Даниленко Анна Віліянівна, канд. техн. наук, Одеська державна академія будівництва та архітектури. Тел.: (098)927-50-81. E-mail: danilenko_a_v@ mail.ru.
Ксьоншкевич Любов Миколаївна, канд. техн. наук, доцент кафедри міського будівництва та господарства Одеської державної академії будівництва та архітектури. Тел.: (066)917-06-88. E-mail: wl-ksm@mail.ru.

Danilenko A. V., candidate of technical sciences Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Tel.: (098)927-50-81. E-mail: danilenko_a_v@ mail.ru.
Ksenshkevich L. N. Cand. Sc., Assistant Prof. Department of Urban Development and Municipal Engineering Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Tel.: (066)917-06-88. E-mail: wl-ksm@mail.ru.

Стаття прийнята 09.11.2016 р.