

УДК 666.974.6

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.167.2017.97236>

## ВПЛИВ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ДОБАВОК НА ЕФЕКТИВНУ В'ЯЗКІСТЬ МЕХАНОАКТИВОВАНИХ ЦЕМЕНТОВМІСНИХ СУСПЕНЗІЙ

Д-р техн. наук І. В. Барабаш, канд. техн. наук Л. М. Ксьоншкевич,  
асп. Д. П. Гаращенко (ОДАБА)

## ВЛИЯНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ДОБАВОК НА ЭФФЕКТИВНУЮ ВЯЗКОСТЬ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТОСОДЕРЖАЩИХ СУСПЕНЗИЙ

Д-р техн. наук И. В. Барабаш, канд. техн. наук Л. Н. Ксёншкевич,  
асп. Д. П. Гаращенко (ОГАСА)

## THE INFLUENCE OF MULTICOMPONENT ADDITIVES ON EFFECTIVE VISCOSITY OF THE MECHANICALLY ACTIVATED CEMENT SUSPENSIONS

Doct. of techn. Sciences, professor I.V. Barabash, cand. of techn. sciences, associate professor L.M. Ksenshkevich, Graduate st. D.P. Harashchenko

*У статті розглядаються питання впливу рецептурних факторів (мікрокремнезем, суперпластифікатор Супер ПК, поліпропіленова фібра) на зміну ефективної в'язкості механоактивованих цементовмісних суспензій, що використовуються в технології виготовлення самоущільнюваних бетонних сумішей. Виявлено синергетичний ефект зниження в'язкості цементовмісних суспензій при їх активації у швидкісних змішувачах турбулентного типу при наявності Супер ПК. Оптимізовані режими механоактивації суспензій, що забезпечують максимальне зниження їх ефективної в'язкості.*

**Ключові слова:** механоактивація, органо-мінеральна добавка, мікрокремнезем, портландцемент, ефективна в'язкість, швидкісне змішування, поліпропіленова фібра, синергізм.

*В статье рассматриваются вопросы влияния рецептурных факторов (микрокремнезем, суперпластификатор Супер ПК, полипропиленовая фибра) на изменение эффективной вязкости механоактивированных цементосодержащих суспензий, используемых в технологии изготовления самоуплотняющихся бетонных смесей. Выявлен синергетический эффект снижения вязкости цементосодержащих суспензий при активации их в скоростных смесителях турбулентного типа в присутствии Супер ПК. Оптимизированы режимы механоактивации суспензий, обеспечивающих максимальное снижение их эффективной вязкости.*

**Ключевые слова:** механоактивация, органо-минеральная добавка, микрокремнезем, портландцемент, эффективная вязкость, скоростное смешение, полипропиленовая фибра, синергизм.

*The questions of influence of prescription factors (microsilica, superplasticizer Super PK, polypropylene fiber) on changing of effective viscosity mechanical activated cement containing suspensions that are using in technology of producing self-sealing concrete mixture are consider. Synergistic effect of decreasing of viscosity of cement containing suspensions during activating in*

*speeding mixture of turbulence type with Super PK was identify. Modes of mechanical activated suspensions provided decline of effective viscosity was optimize.*

**Key words:** *mechanical activation, organomineral additive, microsilica, Portland cement, effective viscosity, high-speed mixing, synergy.*

**Вступ.** Самоущільнювані (безвібраційні) бетонні суміші все частіше застосовуються при бетонуванні залізобетонних конструкцій, особливо тонкостінних і густоармованих [1, 2]. Основний внесок в одержання самоущільнюваних сумішей належить полікарбоксилату – високоефективній полімерній добавці. Неодмінними умовами одержання самоущільнюваних сумішей є використання в них поліфракційних заповнювачів та ультрадисперсного наповнювача, наприклад мікрокремнезему. Посилення ролі мінеральних та органічних компонентів можливе за рахунок їх механоактивації в складі суспензії у швидкісних змішувачах оригінальної конструкції [3, 4].

Нагальна необхідність отримання самоущільнюваних бетонних сумішей на базі портландцементу та рядового гранітного щебеню змушує шукати, нарівні з ремонтними, нові технологічні прийоми, зокрема застосування роздільної технології приготування бетонної суміші з використанням швидкісних змішувачів. Ця технологія дасть змогу отримати високотехнологічні цементовмісні суспензії зниженої в'язкості, які забезпечують підвищену легкоукладальність сумішей при менших витратах води замішування [3-6].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Роботами [7, 8] встановлено, що використання мікрокремнезему, як добавки до портландцементу, дає можливість регулювати як легкоукладальність суміші, так і процеси структуроутворення цементного каменю і бетону на його основі [9].

Посилюють роль мікрокремнезему у формуванні структури цементного каменю поверхнево-активні речовини та добавка поліпропіленової фібри. Уведення

поліпропіленової фібри дає можливість цілеспрямовано регулювати властивості бетону, підвищуючи його тріщиностійкість, стійкість до змінного зволоження і висушування, заморожування та відтавання [10, 11].

**Визначення мети та задач досліджень.** Мета – дослідити вплив режимів механоактивації, концентрації мікрокремнезему, суперпластифікатора Супер ПК та поліпропіленової фібри на зміну ефективної в'язкості суспензій в'язучого. Задача досліджень – отримати синергетичний ефект зниження в'язкості цементовмісних суспензій з добавкою мікрокремнезему при спільній дії на них швидкісного змішування, суперпластифікатора Супер ПК та поліпропіленової фібри.

**Основна частина досліджень.** Відомо, що найбільш ефективними технологічними впливами на цементні суспензії є ті, які дають змогу досягти граничного руйнування початкової структури системи, що характеризується мінімальним показником її ефективної в'язкості [12]. Одним із шляхів виконання цього завдання є застосування інтенсивних гідродинамічних впливів на суспензії в'язучого у швидкісних змішувачах-активаторах.

Для цього використовувався швидкісний трибозмішувач з кількістю обертів робочого органу змішувача 2800 об/хв.

Для приготування суспензії використовувався портландцемент активністю 48 МПа з питомою поверхнею  $S_{\text{пит}} = 400 \text{ м}^2/\text{кг}$ , мікрокремнезем (МК) у кількості до 10 % маси портландцементу та поліпропіленова фібра (Ф) кількістю до 1 %. Для пластифікації суміші використовувався суперпластифікатор Супер ПК у кількості від 0 до 1 % маси в'язучого. Час

активації суспензії в експерименті варіювався від 0 до 150 с.

Ефективна в'язкість цементних суспензій визначалася за допомогою ротаційного віскозиметра з коаксіальними циліндрами.

Установлено, що введення в портландцемент МК призводить до збільшення ефективної в'язкості суспензії з 1500 сП (МК= 0 %) до 2900 сП (МК = 10%), тобто майже у 2 рази (рис. 1).

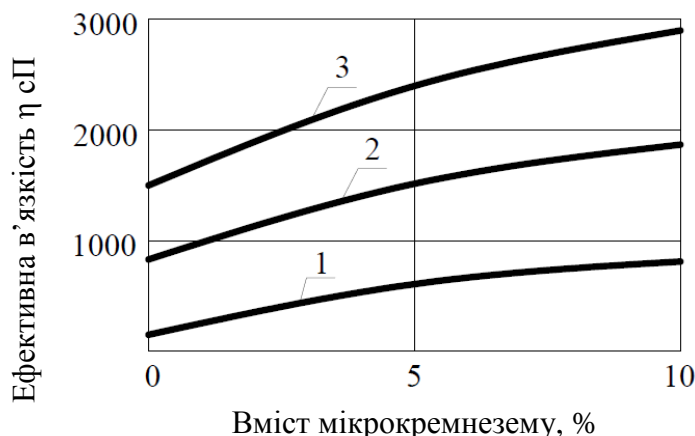


Рис. 1. Вплив мікрокремнезему на зміну ефективної в'язкості суспензій:

1 – Супер ПК = 0 %; 2 – Супер ПК=0,5 %;  
3 – Супер ПК=1 %

Уведення в суспензію Супер ПК (1%) викликає зниження ефективної в'язкості. Зокрема для цементної суспензії без добавки МК в'язкість знизилася зі 1500 до 150 сП, тобто майже в 10 раз. Для цементної суспензії із 10%-м вмістом мікрокремнезему ефективна в'язкість суспензії при введенні 1 % Супер ПК знизилася з 2900 до 812 сП (рис. 1).

У свою чергу введення в суспензію 1 % поліпропіленової фібри викликає збільшення ефективної в'язкості із 1500 до 1741 сП (вміст МК=0 %, Супер ПК=0 %). Сумісна дія усіх компонентів (вміст МК = 10 %, Супер ПК = 1 % та  $\Phi = 1$  %) викликає зниження ефективної в'язкості суспензії з 3130 до 947 сП, тобто майже в 4 рази (рис. 2).

Виявлено вплив часу активації суспензії на зміну ефективної в'язкості цементовмісних суспензій. Оптимальний час змішування суспензій, при якому досягається максимальне зниження її ефективної в'язкості при наявності Супер ПК та поліпропіленової фібри (кількістю до 1 %), перебуває в діапазоні 90÷120 с і становить 116 сП (рис. 3).

Якщо для суспензій без мікрокремнезему (при Супер ПК = 1 % та  $\Phi = 1$  %) швидкісне змішування викликає незначне зниження в'язкості – зі 187 до 116 сП, то введення 10 % мікрокремнезему викликає зниження ефективної в'язкості з 947 до 155 сП, тобто приблизно в 6 раз.

Результати досліджень ефективної в'язкості суспензій наведено в таблиці.

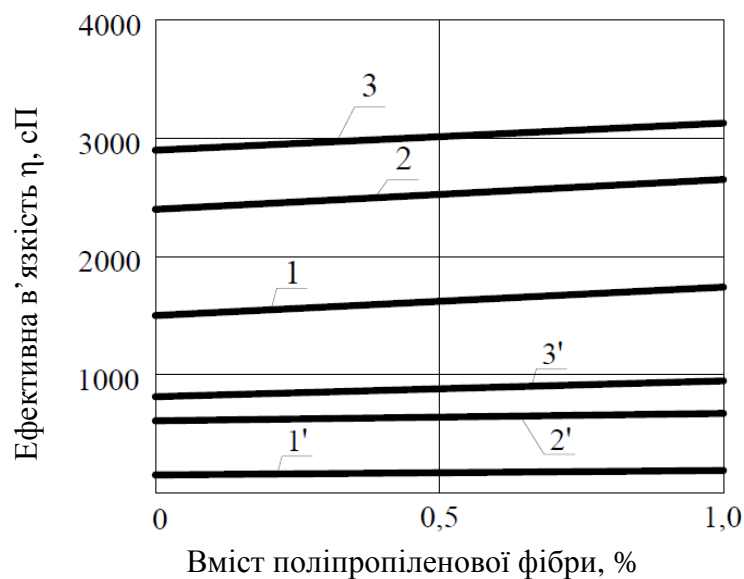


Рис. 2. Вплив вмісту поліпропіленової фібри на зміну ефективної в'язкості суспензій:

1, 2, 3 – вміст мікрокремнезему 0, 5 та 10%, Супер ПК=0%;  
1', 2', 3' – вміст мікрокремнезему 0, 5 та 10%, Супер ПК=1%

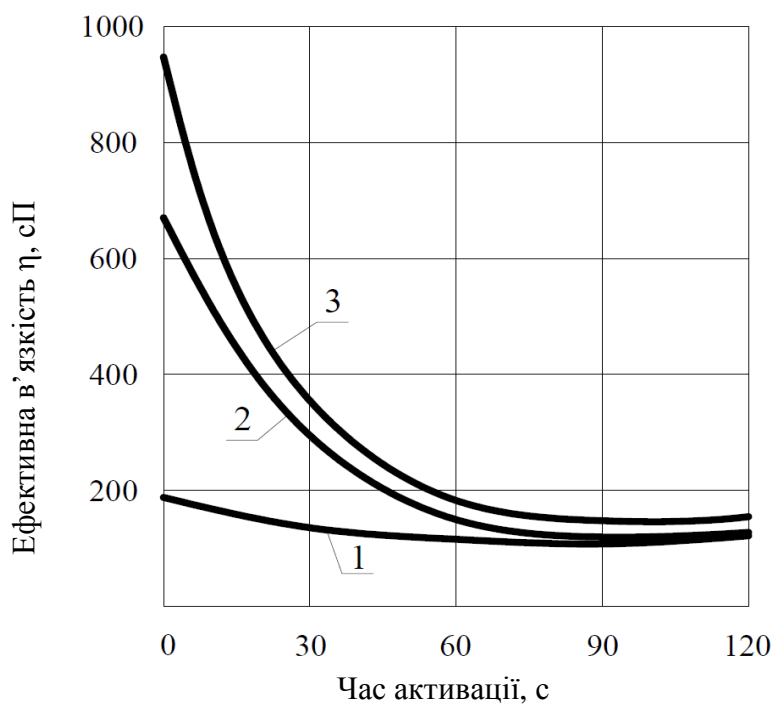


Рис. 3. Вплив режимів механоактивації на зміну ефективної в'язкості суспензій:

Супер ПК=1 %,  $\Phi=1$  %;  
1, 2, 3 – концентрація мікрокремнезему в портландцементі 0, 5 та 10 %

Таблиця

Вплив мікрокремнезему, поліпропіленової фібри, Супер ПК і часу змішування на зміну  $\eta$  суспензії

№ п/п	ПЦ, %	МК, %	Супер ПК, %	Ф, %	Час швидкісного змішування суспензій, с					
					0	30	60	90	120	150
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	100	0	0	0	1500	504	255	191	175	198
2	95	5			2400	1049	692	623	680	747
3	90	10			2900	1688	1437	1425	1459	1493
4	100	0	0,5		831	281	143	107	96	112
5	95	5			1515	599	371	337	357	103
6	90	10			1869	951	752	742	751	787
7	100	0	1,0		150	58	30	21	19	24
8	95	5			608	149	47	35	42	51
9	90	10			812	214	63	45	58	66
10	100	0	0	1,0	1741	703	404	358	348	371
11	95	5			2653	1275	890	822	850	881
12	90	10			3130	1920	1694	1673	1703	1734
13	100	0	0,5		1187	380	188	153	147	156
14	95	5			1697	804	528	484	498	509
15	90	10			2019	1155	913	871	883	899
16	100	0	1,0		187	137	122	108	116	122
17	95	5			671	295	150	121	128	137
18	90	10			947	355	183	148	155	166

Загальний аналіз експериментальних даних свідчить про вплив на ефективну в'язкість суспензії як часу швидкісного змішування, так і вмісту мікрокремнезему, поліпропіленової фібри та суперпластифікатора Супер ПК.

**Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку.** Установлено, що введення до цементовмісних суспензій суперпластифікатора Супер ПК супроводжується значним (до 10 разів) зниженням ефективної в'язкості. У свою чергу введення в суспензію поліпропіленової фібри до 1 % та мікрокремнезему призводить до збільшення ефективної в'язкості.

Активация цементных суспензий с добавкою микрокремнезему до 10 % при наявності Супер ПК та поліпропіленової фібри в кількості 1 % приводить до значного синергетичного ефекту зниження ефективної в'язкості, що дасть змогу отримувати бетонні суміші з підвищеною легкоукладальністю.

Метою подальших досліджень є вивчення фізико-механічних характеристик цементного каменю на механоактивованому в'язучому з добавкою мікрокремнезему, поліпропіленової фібри та пластифікатора Супер ПК.

### Список використаних джерел

1. Базанов, С. М. Самоуплотняющийся бетон – эффективный инструмент в решении задач строительства [Электронный ресурс] / С.М. Базанов, М.В. Торопова. – Режим доступа: [//www.allbeton.ru](http://www.allbeton.ru).

2. Калашников, В. И. Самоуплотняющийся высокопрочный бетон [Текст] / В.И. Калашников; под общ. ред. А. Ушерова-Маршака // Современные бетоны. – Запорожье, 2007. – С. 30-40.
3. Барабаш, І. В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин [Текст]: навч. посібник / І.В. Барабаш. – Одеса: Астропрінт, 2002. – 100 с.
4. Федоркин, С. И. Механоактивация вторичного сырья в производстве строительных материалов [Текст] / С.И. Федоркин. – Симферополь: Таврия, 1997. – 180 с.
5. Барабаш, І. В. Механизмы организации структуры механоактивированных грубодисперсных систем [Текст] / І.В. Барабаш, В.Н. Выровой. // В зб.: Композиційні матеріали для будівництва: Вісник ДДАБА. – Макіївка, 2000. – № 2 (22). – С. 12-15.
6. Соломатов, В. И. Пути активации наполнителей композиционных материалов [Текст] / В.И. Соломатов, Л.И. Дворкин, С.М. Чудновский // Изв. вузов. Стр-во и арх.-ра. – 1987. – № 1. – С. 60-63.
7. Баженов, Ю. М. Технология бетона [Текст] / Ю.М. Баженов. – М.: Изд-во АВС, 2003. – 500 с.
8. Формирование структуры высокопрочных бетонов [Текст] / Р.Ф. Рунова, И.И. Руденко, В.В. Троян [та ін.] // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2008. – №29. – С. 91-97.
9. Батраков, В. Г. Эффективность применения ультрадисперсных отходов ферросплавного производства [Текст] / В.Г. Батраков, С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд // Бетон и железобетон. – 1989. – №8. – С.24-25.
10. Рабинович, Ф. Н. Дисперсноармированные бетоны [Текст] / Ф.Н. Рабинович. – М.: Стройиздат, 1989. – 177 с.
11. Рабинович, Ф. Н. Об уровнях дисперсного армирования бетонов [Текст] / Ф.Н. Рабинович // Изв. вузов. Строительство. – 1981. – №11. – С. 30-36.
12. Урьев, Н. Б. Коллоидные цементные растворы [Текст] / Н. Б. Урьев, И. С. Дубинин. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ие, 1980. – 192 с.

---

Барабаш Іван Васильович, д-р техн. наук, професор кафедри міського будівництва та господарства Одеської державної академії будівництва та архітектури.

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.

Гарашенко Дарина Павлівна, аспірант кафедри міського будівництва та господарства Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Barabash I. V., Dr., Prof., Department of Urban Development and Municipal Engineering Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture.

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.

Harashchenko D.P., Graduate st. Department of Urban Development and Municipal Engineering Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Стаття прийнята 27.02.2017 р.