



Дворкин Л.І.



Дворкин О.Л.



Риженко І.М.

**Дворкин Л.І., доктор технічних наук, професор,
Дворкин О.Л., доктор технічних наук, професор,
Риженко І.М., кандидат технічних наук,
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна**

МОДИФІКОВАНІ ЛИТІ БЕТОНИ ДЛЯ САМОНІВЕЛЬОВАНИХ ПІДЛОГ

Цементний, у тому числі цементно-зольний бетон, як матеріал для покриття підлог у будівлях промислового та цивільного призначення має ряд суттєвих недоліків навіть при використанні добавок суперпластифікаторів. Це пов'язано з його низькою деформативністю та недостатньою зносостійкістю.

Досліджували [1, 2] можливість надання литим дрібнозернистим цементно-зольним бетонам комплексу властивостей важливих для покриття підлог за рахунок введення добавок поліфункціональних модифікаторів (ПФМ), що містять суперпластифікатор та полімерні добавки.

Вихідними матеріалами при проведенні досліджень служили портландцемент ПАТ «Волинь-цемент» (тип ІІ за ДСТУ Б В 2.7-49-96) марок М400 і М500, зола-виносу Бурштинської ТЕС та кварцовий пісок різної крупності. Як компоненти ПФМ служили суперпластифікатор С-3, полівінілацетатна дисперсія (ПВАД) та сополімер ПВА – полівінілацетатвинілверсатат (ПВАВ).

Сумісність компонентів визначали дослідженням агрегативної стійкості ПФМ методом електроосмосу з встановленням величини ϵ -потенціалу. На відміну від дисперсії ПВАД водний розчин ПВАВ утворює з розчином С-3 агрегативно стійкі системи, для яких відзначається несуттєва зміна ζ – потенціалу.

Відповідно до сучасних уявлень до стійких відносять дисперсні системи, частинки яких мають розмір менше одного мікрметра і знаходяться в активному броунівському русі. Розчини високомолекулярних сполук, до яких належать і досліджені водні розчини ПВАВ і С-3, хоча і наближаються за рядом властивостей до колоїдних систем, але не мають вираженої поверхні розділу між дисперсною фазою і дисперсним середовищем. Поперечний переріз розчинених часток залишається у межах молекулярних розмірів (10^{-8} см). При звичайному співвідношенні довжини до поперечного розміру таких молекул $10^3 \dots 10^4$ очевидно, що їх розмір не перевищує 1 мкм.

З проведених досліджень можна зробити важливий практичний висновок: компоненти поліфункціонального модифікатора ПФМ₁-ПВАД і С-3 доцільно при виготовленні бетонних сумішей вводити окремо, ПФМ₂ – ПВАВ і С-3 можна вводити спільно як у вигляді порошку, так і у вигляді водних розчинів.

Для вивчення впливу вмісту і складу ПФМ на властивості литих бетонних сумішей і бетонів були виконані алгоритмізовані експерименти з використанням ПФМ₁ і ПФМ₂ відповідно до трирівневого трифакторного плану В³ [3, 4, 5] і отримано комплекс експериментально-статистичних моделей. Умови планування експериментів наведені в табл. 1.

Аналізуючи отримані рівняння звертає увагу високий рівень збіжності показників якостей бетонних сумішей з двома типами ПФМ. Розбіжність розрахункових значень водопотреби бетонних сумішей для двох ПФМ при варіюванні факторів у вибраній області складає на більше 5%, водовідділення – 20%, по-

вітрявтягування – 10%. Як і слід було очікувати, найсуттєвіше зниження водопотреби має місце при переважанні у складі ПФМ суперпластифікатора С-3 (рис.1). При цьому найістотніше вплив С-3 позначається уже при дозуванні 0.5% маси цементу (зменшення водопотреби біля 15%. Загальне зменшення водопотреби при вмісті С-3 3% склало 28.5%.

Полівінілацетатна дисперсія (ПВАД) і водний розчин полівінілацетатвинілверсатата (ПВАВ) можна віднести в досліджуваній області полімерцементних відношень до порівняно слабких пластифікаторів. При дозуванні 0.5% вони викликають практично невідчутне зниження водопотреби, при 3% воно склало біля 7%.

Наявність в ПФМ обох компонентів приводить до мінімізації водовідділення бетонних сумішей. Це пояснюється, головним чином, здатністю до повітрявтягування досліджених полімерних добавок. Зі збільшенням вмісту ПВАД від 0 до 3% в литі суміші залучається додатково більше 1% повітря і сумарний вміст повітря в них підвищується до 3% (табл.2).

Розрахункові криві повітрявтягування литих бетонних сумішей, отриманих на основі відповідних рівнянь регресії, відображають відомий висновок, що в рухомих бетонних сумішах суперпластифікатори сприяють видаленню повітря. Спільне введення С-3 і ПВАД або ПВАВ попереджує вказаний негативний ефект.

Таблиця 1.

Умови планування експериментів

№ з/п	Фактори	Кодоване позначення	Рівні варіювання		
			-1	0	+1
1	Вміст ПФМ, % маси цементу	X ₁	0,5	1,75	3
2	Масова частка (С-3) в складі ПФМ	X ₂	0	0,5	1,0
3	Масове співвідношення піску і цементу	X ₃	2	3	4
4	Водоцементне співвідношення	X ₄	0,3	0,45	0,6

Для литих пластифікованих бетонів практичне значення має збереження рухомості сумішей у часі. Вивчали зміну рухомості дрібнозернистих бетонних сумішей за зануренням стандартного конусу при температурі $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Найнижчий темп падіння рухомості мають суміші, в яких ПФМ представлені лише ПВАД, а найвищий – з С-3. Збільшення дозування добавки сприяє деякій стабілізації рухомості. Подовжений період «життєздатності» литих сумішей з добавкою ПВАД можна пояснити сповільнюючим впливом останньої на строки тужавлення цементного тіста і менш інтенсивною кінетикою росту пластичної міцності.

Збільшення вмісту ПФМ при $V/C = \text{const}$ може сприяти або збільшенню, або зменшенню міцності на стиск бетону залежно від складу композиційної добавки (рис.2). У випадку якщо ПФМ представлений

тільки суперпластифікатором С-3 збільшення його вмісту при постійному V/C призводить до суттєвого підвищення міцності. При $V/C = 0.45$ збільшення вмісту С-3 від 0.5 до 3% призвело до росту міцності на 23...25%

Ефект інтенсифікації росту міцності бетонів із введенням суперпластифікаторів типу С-3 при $V/C = \text{const}$ можна пояснити їх дефлокулюючою дією. В результаті дефлокуляції суспензій цементу вивільняється у флокулах вода, що призводить не тільки до розрідження, але й сприяє збільшенню ступеня гідратації.

Інший характер впливу на міцність при стиску (R_{ct}) другого компоненту ПФМ – полівінілацетатної добавки. В обраній області варіювання збільшення її вмісту, особливо від 1.5 до 3%, призводить до суттєвого падіння величини міцності (рис.2).

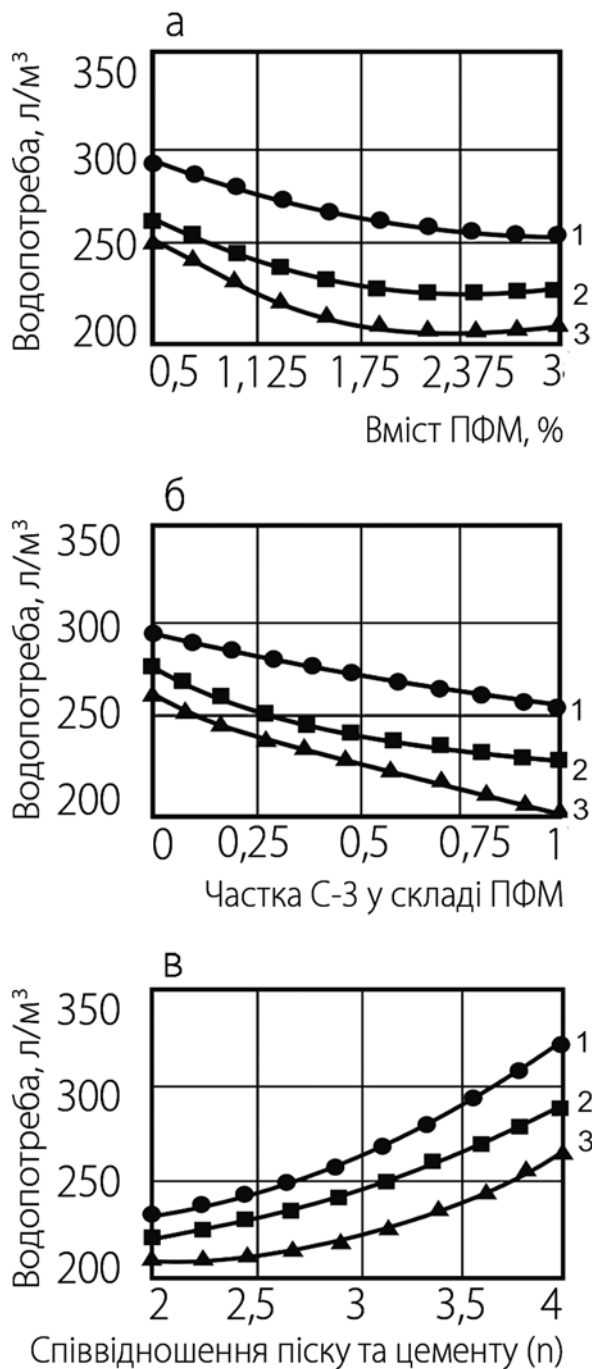


Рис. 1. Розрахункові залежності водопотреби литих бетонів з добавками ПФМ:

- а – частка С-3 у складі ПФМ: 1 – 0; 2 – 0.5; 3 – 1;
- б – вміст ПФМ, %: 1 – 0.5; 2 – 1.75; 3 – 3;
- в – вміст ПФМ, %: 1 – 0.5; 2 – 1.75; 3 – 3

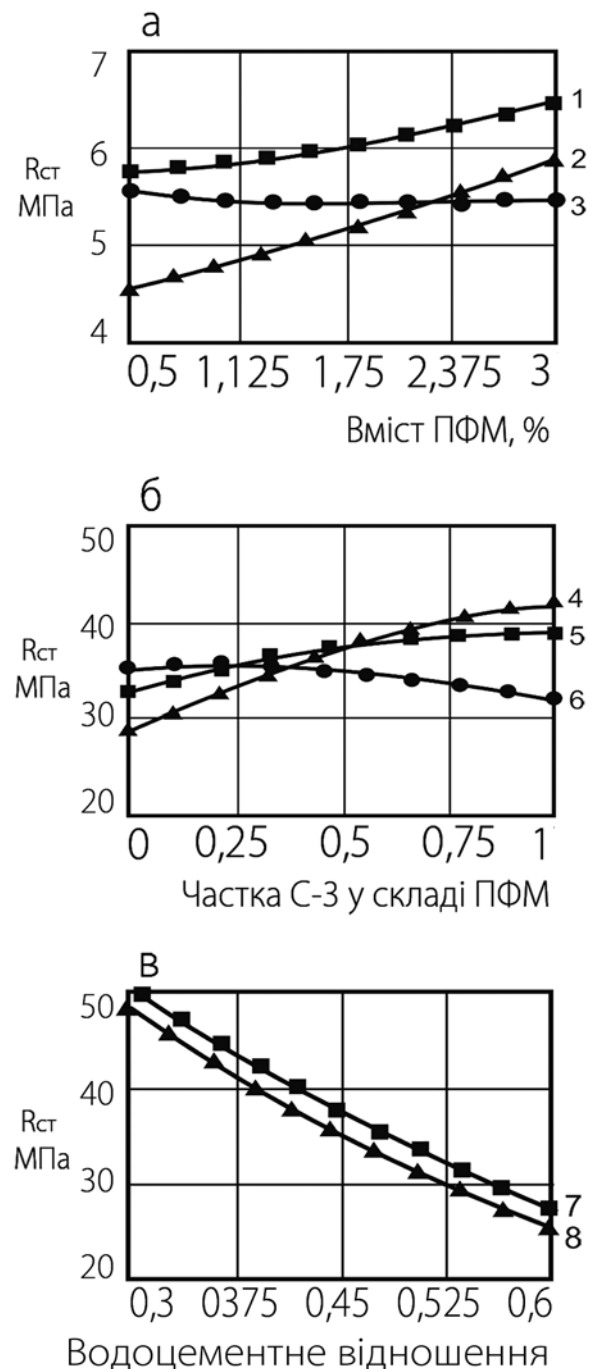


Рис. 2. Вплив факторів складу на міцність при згині (R_{ft}) та при стиску (R_{ct}) цементного бетону з добавкою ПФМ₁.

- 1 – $V/C=0.45$; 2 – $V/C=0.6$; 3 – $V/C=0.3$;
- 4 – $V/C=0.6$; 5 – $V/C=0.45$; 6 – $V/C=0.3$;
- 7 – частка С-3 у складі ПФМ₁ – 100%; 8 – 50%

Експериментально-статистичні моделі для властивостей литих дрібнозернистих бетонних сумішей і бетону з добавкою ПФМ₁

№	Властивість	Рівняння
1	Водопотреба, л/м ³	$y_1 = 235,6 - 20,9X_1 - 22,1X_2 + 38,90X_3 + 7,065X_1^2 + 7,065X_2^2 + 12,065X_3^2 - 8,875X_1X_2 - 9,735X_1X_3 - 8,625X_2X_3$
2	Водовідділення, %	$y_2 = 1,214 + 0,04X_1 + 0,44X_2 + 0,36X_3 - 0,021X_1^2 + 0,079X_2^2 - 0,021X_3^2 + 0,263X_1X_2$
3	Повітрявтягування, %	$y_3 = 2,187 - 0,475X_2 + 0,355X_3 - 0,020X_1^2 - 0,270X_2^2 + 0,08X_3^2 - 0,344X_1X_2 + 0,106X_1X_3 - 0,094X_2X_3$
4	Границя міцності при стиску (R _{ст}), МПа	$y_4 = 36,836 + 1,03X_1 + 3,6X_2 - 11,81X_3 - 1,136X_1^2 - 1,086X_2^2 + 3,064X_3^2 + 3,95X_1X_2$

Отримані дані показують, що в області порівняно невисоких досліджених концентрацій як ПВАД так і ПВАВ відчувається їх помітний позитивний вплив на міцність при згині (R_{зг}) цементних композитів.

На рис.3 показана кінетика зміни R_{ст}/R_{зг} бетонів з добавками ПФМ у міру твердіння. Для бетону без добавок і зі знизеним вмістом ПФМ особливо з перевагою С-3 характерна тенденція до збільшення R_{ст}/R_{зг} з переходом бетону від раннього до більш пізнього віку. Зі збільшенням вмісту ПФМ і частки в ньому полімерного компонента співвідношення параметрів міцності стабілізується у часі, або навіть може спостерігатися тенденція до зниження R_{ст}/R_{зг}.

Однією з найбільш суттєвих переваг полімерцементних бетонів при використанні їх для підлог є їх знижене стирання. При полімерцементному відношенні П/Ц=0.03 і В/Ц=0.3 стирання бетону складає 0.4 г/см², при П/Ц=0.005-0.755 г/см², тобто в 1.88 рази більше. (Досліди показали, що стирання бетону без добавок складає 0.79 г/см²).

Бетони, як без полімерних добавок, так і з добавками показали більш високий опір ударним впливам. Збільшення роботи удару у бетонів без полімерних добавок за рахунок введення С-3 склало біля 7%, при вмісті 3% ПФМ – 18%. Підвищення ударної міцності добавками С-3 і ПВАД, а також ПВАВ, які належать до групи ПАР, можна пояснити адсорбційним модифікуванням структури цементного каменю. Зміна масового співвідношення С-3 і ПВАД (ПВАВ) у складі ПФМ не призвело до суттєвої зміни впливу ПФМ на ударну міцність.

Практична технологія литих дрібнозернистих бетонів з добавками ПФМ може бути основана на безпосередньому введенні добавок при виготовленні готових сумішей або на попередньому отриманні сухих сумішей, що замішуються на об'єкті водою. Можливе використання і комбінованого способу, коли у суху суміш вводять лише один компонент ПФМ, другий же використовують у вигляді водного розчину або емульсії при отриманні бетонної суміші готової до використання.

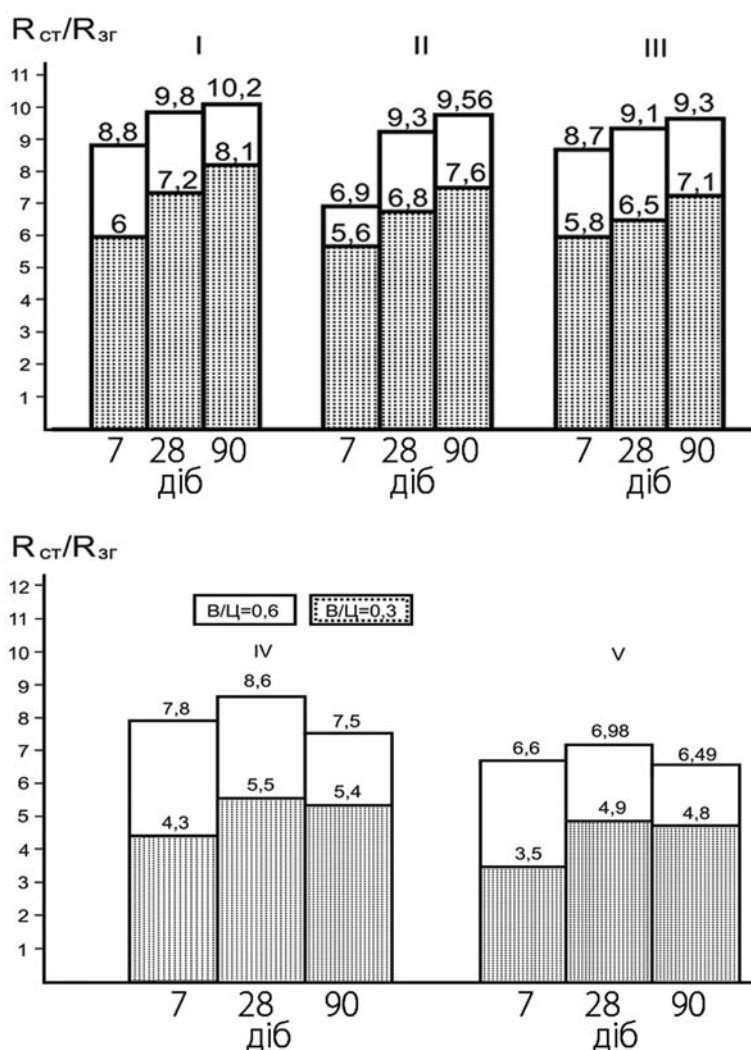


Рис. 3. Кінетика зміни R_{ст}/R_{зг} для дрібнозернистого бетону з добавками ПФМ₁ в часі:

I – без добавок; II – ПФМ – 0.5%, частка С-3 у складі ПФМ – 1; III – ПФМ – 3%, частка С-3 у складі ПФМ – 1; IV – ПФМ – 0.5%, частка С-3 у складі ПФМ – 0; V – ПФМ – 3%, частка С-3 у складі ПФМ – 0

Література:

- Дворкин Л.И., Макаренко Р.М., Кизима В.Р. Цементно-золевые бетоны с добавками полифункциональных модификаторов (ПФМ) для покрытия полов промышленных и гражданских зданий. Рівне: УДУВГП, 2002, 123 с.;
- Дворкин Л.И., Макаренко Р.М. Литые золо-цементные смеси с добавкой полифункционального модификатора. Сб. Современные проблемы строительного материаловедения. Материалы докладов. Ч.1. Белгород, 2001. С. 67-71;

- Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Огарков Б.Л. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ. – К: Вища школа, 1989. – 328 с.;

- Дворкин Л.И., Дворкин О.Л., Житковський В.В. Розв'язування будівельно-технологічних задач методами математичного планування експерименту. Рівне, НУВГП, 2011, 174 с.;

- Dvorkin L., Dvorkin O., Ribakov Y. Multi-Parametric Concrete Compositions Design. Nova Science Publishers, Inc. New York, USA, 2013, 223 pp.