

**КЛЕЙОВІ ТА МУРУВАЛЬНІ МОДИФІКОВАНІ СУМІШІ НА ОСНОВІ ДИСПЕРСНИХ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ**

**КЛЕЕВЫЕ И КЛАДОЧНЫХ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**ADHESIVES AND MASONRY MODIFIED MIXTURES BASED DISPERSE WASTE INDUSTRY**

**Марчук В.В., к.т.н., Рижено І.М., к.т.н., Стрихарчук С.С. інж.**  
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

**Марчук В.В., к.т.н., Рыженко И.М., к.т.н., Стрихарчук С.С. инж.,**  
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

**Marchuk V.V., candidate of technical sciences, Ryzhenko I.M., candidate of technical sciences, Striharchuk S.S.,** (National University of Water Management and Nature Resources, Rivne)

Досліджено вплив поліфункціональних модифікаторів трьох типів, що містять повітрявтягувальну і водоутримуючу добавки, а також аспіраційний гранітний пил на водопотребу, водовідділення і повітровтягування цементно-зольних розчинових сумішей. Наведені і проаналізовані експериментально-статистичні моделі технологічних властивостей модифікованих розчинових сумішей, показано шляхи їх покращення.

Исследовано влияние полифункциональных модификаторов трех типов, содержащих воздуховвлекающую и водоудерживающую добавки, а также гранитную пыль на водопотребность, водоотделение и воздуховвлекание цементно-зольных растворных смесей. Приведенные и проанализированы экспериментально-статистические модели технологических свойств модифицированных растворных смесей, показаны пути их улучшения.

The effect of three types of multifunctional modifiers containing air- and water-retaining additives and granite dust on water demand, water separation and air entrainment ash cement mortars. These experiental and analyzed

## statistical models of technological properties of modified mortars, the ways to improve them..

### Ключові слова:

Аспіраційний пил, будівельний розчин, водоутримуюча добавка.  
Аспирационная пыль, строительный раствор, водоудерживающая добавка.  
Aspiration dust, mortar, water-retaining agent.

**Клейові та мурувальні суміші** є полімермінеральними системами, що містять мінеральні в'язучі, наповнювачі і полімерні добавки що регулюють фізико-механічні і реологічні властивості розчинових сумішей і розчинів.

Володіючи високою питомою поверхнею, мінеральні наповнювачі, поряд із можливою прямою хімічною взаємодією, впливають на фізико-хімічні процеси на поверхні розподілу фаз твердну чого в'язучого. По мірі утворення структури наповненого цементного каменю відбувається формування коагуляційних, та інших видів епітаксильних контактів між цементним тістом і наповнювачем [1, 2]. В свою чергу використання кам'яновугільної золи-виносу в сухих сумішах перспективне за рахунок гідравлічної (пуцоланової) активності, зниженої водопотреби. Воно позитивно відображається на водоутримуючій здатності розчинових сумішей, міцності розчинів, їх корозійної стійкості, усуває утворення висолів, знижує усадочні деформації. Разом з тим, при використанні золи-виносу як компоненту сухих сумішей важливе значення набуває стабільність її хімічного складу, мінімізація вмісту незгорілих вуглецевих частинок. Метою виконаних досліджень була розробка технології золовмісних сухих розчинових сумішей зі зниженою витратою клінкерної складової в'язучого для звичайної і тонкошарової (клейової) кладки, а також інших клейових сумішей із введенням композиційних добавок-модифікаторів.

Вихідними матеріалами при проведенні досліджень служили портландцемент Здолбунівського ВАТ "Волинь-цемент", зола-виносу Бурштинської ТЕС, кварцовий пісок з родовищ Славутського р-ну Хмельницької обл., гранітний пил (ГП), що отриманий при переробці граніту на щебінь Вирівського кар'єру Рівненської області.

У якості хімічних модифікаторів СБС використовували суперпластифікатор С-3, повітров'язувальну добавку "Mix-DH", водоутримуючу добавку - ефір целюлози торгової марки Tylose SE та редиспергований полімерний порошок "Neolith P4400".

Досліджена технологічна ефективність ПФМ трьох типів:

-ПФМ<sub>1</sub>- (суперпластифікатор(СП) + повітров'язувальна добавка(ПД)),

-ПФМ<sub>2</sub> – (суперпластифікатор(СП) + водоутримуюча добавка (ЕЦ),

-ПФМ<sub>3</sub> – (суперпластифікатор(СП) + аспіраційний гранітний пил (АГП)).

Для вивчення впливу вмісту і складу ПФМ на основні властивості модифікованих цементно-золевих сумішей були виконані алгоритмізовані

експерименти відповідно до трьохрівневого трьохфакторного плану В<sub>3</sub>. Умови планування експериментів наведені в табл. 1. Статистична обробка експериментальних даних дозволила отримати рівняння регресії у кодованих змінних, наведених у табл. 2.

Таблиця 1

Умови планування експерименту

Технологічні фактори		Рівні варіювання			Інтервал варіювання
Натуральний вид	Кодованний	-1	0	+1	
Пасти з добавкою ПФМ <sub>1</sub> (СП-3 + ПД)					
Вміст повітровтягувальної добавки, % маси цементу (ПД)	X <sub>1(П)</sub>	0	0,02	0,04	0,02
Вміст суперпластифікатора СП, % маси цементу	X <sub>2</sub>	0	0,35	0,7	0,35
Золо-цементне відношення (З/Ц)	X <sub>3</sub>	0	0,35	0,7	0,35
Пасти з добавкою ПФМ <sub>2</sub> (С-3 + ЕЦ)					
Вміст водоутримуючої добавки (ЕЦ), % маси цементу	X <sub>1(П)</sub>	0,1	0,25	0,4	0,15
Вміст суперпластифікатора СП, % маси цементу	X <sub>2</sub>	0	0,35	0,7	0,35
Золо-цементне відношення (З/Ц)	X <sub>3</sub>	0	0,35	0,7	0,35
Пасти з добавкою ПФМ <sub>2</sub> (СП-3 + АГП)					
Вміст гранітного пилу (АГП), % маси цементу	X <sub>1(П)</sub>	0	7,5	15	7,5
Вміст суперпластифікатора СП, % маси цементу	X <sub>2</sub>	0	0,35	0,7	0,35
Золо-цементне відношення (З/Ц)	X <sub>3</sub>	0	0,35	0,7	0,35

Цементно-зольні розчинові суміші готували при постійній пластичності, яку визначали на струшуючому столику. Визначали також водопотребу сумішей, яка необхідна для досягнення розпливу конуса 170...180 мм. Повітровміст паст розраховували об'ємним способом. За методикою ГОСТ 310.6 визначали об'ємний коефіцієнт водовідділення (K<sub>в</sub>, %) розчинових сумішей, який фактично дорівнює об'єму води, яка відділилась:

$$K_{\text{в}} = \frac{a - \epsilon}{a} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де  $a$  – початковий об'єм цементної суспензії, см<sup>3</sup>;  $\epsilon$  – об'єм цементної суспензії, яка осіла, см<sup>3</sup>.

Тоді водоутримуюча здатність суспензії:

$$V_{\text{утр}}^{\text{с}} = 100 - K_{\text{в}} \cdot \quad (2)$$

Як і слід було очікувати з аналізу отриманих моделей найбільш суттєве зниження водопотреби має місце при переважанні у складі суперпластифікатора ПФМ (рис. 1, 2). При цьому найбільш суттєво вплив СП позначається при його дозуванні 0,7% від маси цементу (зменшення водопотреби до 20...22%).

Таблиця 2

Експериментально-статистичні моделі властивостей модифікованих цементно-зольних паст

Властивість	Рівняння регресії
Поліфункціональний модифікатор ПФМ <sub>1</sub>	
Водопотреба, л/м <sup>3</sup>	$V = 265,7 - 3,10X_{1(I)} - 27,3X_2 - 1,20X_3 + 0,74X_{1(I)}^2 - 5,26X_2^2 + 2,24X_3^2 + 0,88X_{1(I)}X_2 + 2,13X_{1(I)}X_3 + 1,88X_2X_3 \quad (3)$
Водовідділення, %	$V_{вд} = 3,39 - 0,47X_{1(I)} + 0,11X_2 - 0,43X_3 + 0,254X_{1(I)}^2 - 0,246X_2^2 + 0,45X_3^2 + 0,113X_2X_3 \quad (4)$
Поліфункціональний модифікатор ПФМ <sub>2</sub>	
Водопотреба, л/м <sup>3</sup>	$V = 271,7 + 3,8X_{1(II)} - 25,6X_2 + 1,80X_3 + 4,01X_{1(II)}^2 - 2,99X_2^2 - 1,99X_3^2 - 0,50X_{1(II)}X_2 + 3,50X_{1(II)}X_3 + 2,50X_2X_3 \quad (5)$
Водовідділення, %	$V_{вд} = 0,70 - 1,79X_{1(II)} + 0,04X_2 - 0,26X_3 + 1,703X_{1(II)}^2 - 0,147X_2^2 + 0,053X_3^2 + 0,163X_{1(II)}X_3 + 0,138X_2X_3 \quad (6)$
Поліфункціональний модифікатор ПФМ <sub>3</sub>	
Водопотреба, л/м <sup>3</sup>	$V = 278,1 + 6,0X_{1(III)} - 26,2X_2 - 0,50X_3 + 1,54X_{1(III)}^2 + 1,54X_2^2 - 6,96X_3^2 - 0,88X_{1(III)}X_2 + 2,38X_{1(III)}X_3 + 2,13X_2X_3 \quad (7)$
Водовідділення, %	$V_{вд} = 2,08 - 0,97X_{1(III)} + 0,17X_2 - 0,38X_3 + 0,89X_{1(III)}^2 - 0,213X_2^2 + 0,44X_3^2 + 0,113X_2X_3 \quad (8)$

Повітровтягувальна добавка, будучи слабшим пластифікатором ніж СП, у композиції з останнім проявляє значний пластифікуючий ефект. Синергетичний пластифікуючий ефект суперпластифікатора та повітровтягувальної ПАР проявляється ефектом взаємодії  $X_1$  та  $X_2$  в моделі водопотреби, що можна пояснити різним механізмом їх розріджуючої дії.

Значне зниження рухомості розчинової суміші при використанні ефіру целюлози та суперпластифікатора нафталін-формальдегідного типу С-3 обумовлене виникненням водневих зв'язків між макромолекулами ефіру целюлози та молекулами С-3, оскільки молекули нафталіну і целюлози

характеризуються наявністю атомів водню, зв'язаних з атомами вуглецю, що утворюють кільця їх молекул [3, 4]. Зокрема, саме водневі зв'язки обумовлюють колоїдні властивості ефіру целюлози та пластифікуючі властивості СП нафталін-формальдегідного типу.

Введення гранітного пилу як наповнювача до складу ПФМ також приводить до збільшення водопотреби розчинових сумішей, однак завдяки введенню суперпластифікатора вдається значним чином нівелювати різницю у водопотребі сумішей з АГП та без нього.

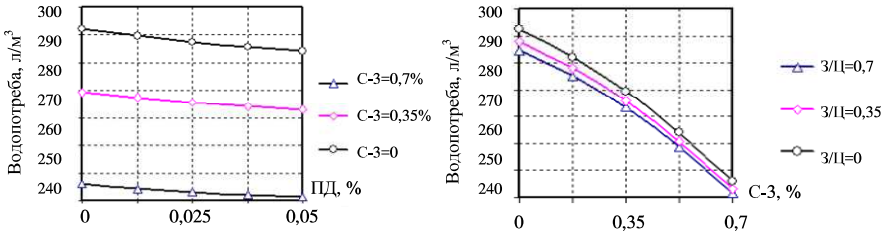


Рис. 1. Залежність водопотреби цементно-зольних сумішей від вмісту компонентів модифікатора ПФМ<sub>1</sub> та золю-цементного відношення

Вплив золюцементного відношення на водопотребу розчинових сумішей, так як і на їх в'язкість, має екстремальний характер, який зберігається як при введенні одинарних добавок, та і їх подвійних комбінацій. При оптимальному золюцементному відношенні для досягнення мінімально можливої водопотреби сумішей необхідний менший вміст суперпластифікатора.

На водопотребу сухих сумішей поряд з водопотребою цементно-зольного в'язучого повинні помітно позначатись вміст та водопотреба піску. Це відоме положення технології бетонів та розчинів підтверджується і для модифікованих цементно-зольних сумішей.

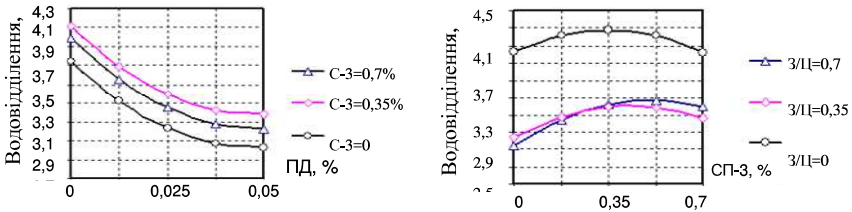


Рис. 2. Залежність водовідділення цементно-зольних сумішей від вмісту компонентів модифікатора ПФМ<sub>1</sub> та золю-цементного відношення

З отриманих даних можна також зробити висновок, що пластифікуюча дія суперпластифікатора С-3 більш сильно виявляється у “жирних” сумішах з більшою кількістю цементно-зольного в'язучого, а повітровтягувальної добавки – навпаки – у більш “пісних сумішах”. Якщо дія

суперпластифікатора позначається переважно через адсорбційний ефект на зернах цементу та золи. то повітровтягувальна добавка забезпечує більший вміст пухирців втягнутого повітря і відповідне зниження в'язкості суміші при більшому вмісту піску. Певною мірою нівелює вплив долі піску на водопотребу також введення АГН.

Мінімальне водовідділення суміші спостерігається при введенні добавки ЕЦ. Як випливає з моделі водовідділення, із збільшенням вмісту СП-3 і, відповідно, зменшенням  $K_{н.г}$  у сумішах зі всіма видами ПФМ тенденція до водовідділення зростає (рис. 2). Разом з тим, введення до складу ПФМ повітровтягувального компонента і особливо ефірів целюлози дозволяє цю тенденцію знівелювати і забезпечити достатню седиментаційну стійкість сумішей.

Окремі досліди були проведені для вивчення зміни рухомості в часі золоцементних сумішей з добавками ПФМ.

Вони показують, що лита консистенція суміші (глибина занурення конуса більша 10 см) у сумішах з добавкою С-3 (0,3%) без золи зберігається 20 хв., з добавкою С-3 (0,3%) + ПД (0,03%) – 60 хв., з добавкою С-3 (0,3%) + ЕЦ (0,3%) – 100 хв. Введення золи-виносу при  $Z/C < 0,4$  позитивно позначається на збереженні рухомості, при подальшому збільшенні золоцементного відношення темп падіння рухомості дещо збільшується. Позитивний вплив золи на стабілізацію рухомості розчинових сумішей у присутності С-3 можна пов'язати з їх підвищеною водоутримуючою здатністю.

Стабілізуючий вплив на втрату рухомості чинить повітровтягувальна і, особливо, водоутримуюча добавка. Вони дозволяють суттєво подовжити "живучість" розчинових сумішей, які містять суперпластифікатор (рис.3).

Аналіз експериментальних даних (рис.4) показує, що в досліджених

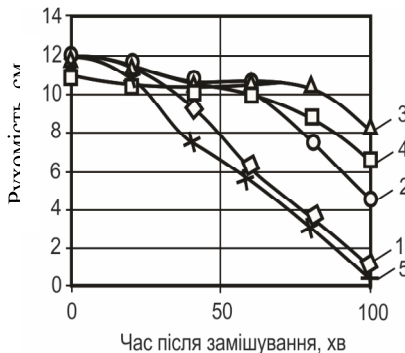


Рис. 3. Зміна рухомості розчинових сумішей в часі ( $Z/C=0,35$ ):

1 – С-3=0,3%; 2 – С-3 (0,3%) + ПД 0,03%; 3 – С-3 (0,3%) + ЕЦ 0,3%; 4 – С-3 (0,3%) + ЕЦ 0,3% ( $Z/C=0,7$ ); 5 – С-3 (0,3%) + АГП 15%

цементно-зольних розчинах визначальний вплив на міцність як при стиску, так і при згині чинить В/Ц. Наступним за значимістю фактором є вміст

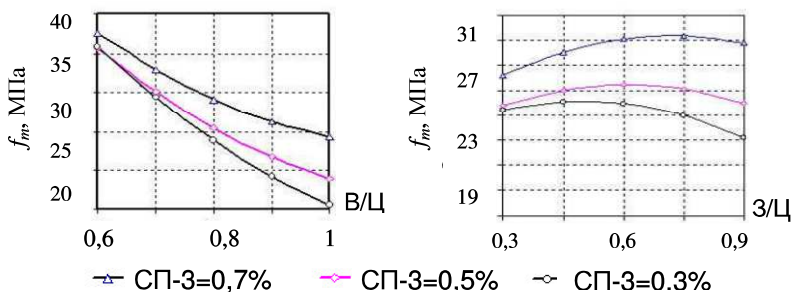


Рис. 4. Залежність міцності на стиск цементно-зольних розчинів, модифікованих добавкою ПФМ<sub>2</sub> від технологічних факторів

суперпластифікатора. Помітну роль також відіграє золоцементне відношення, вплив якого як на міцність при стиску, так і на міцність при згині є екстремальним. Для усіх досліджених складів близьким до оптимального є З/Ц=0,35...0,4.

Позитивний вплив золи на міцність розчинів може бути суттєво зменшений чи зведений до нуля при неоптимальному цементно-зольному відношенні і витраті золи.

Вплив добавок – поліфункціональних модифікаторів (ПФМ) на міцність розчинів залежить від їх складу та вмісту. При постійній рухомості збільшення вмісту суперпластифікатора С-3 у складі ПФМ закономірно приводить до збільшення міцності.

Гранітний пил, приймаючи активну участь у процесах гідратації та структуроутворення, позитивно впливає на міцність цементно-зольних розчинів, особливо при введенні суперпластифікатора.

Досягнення певних значень міцнісних показників розчинів можливе при різних співвідношеннях факторів, які характеризують вміст основних компонентів та факторів, які визначають вміст та склад органо-мінеральних модифікаторів. При цьому спільне введення СП та високодисперсних кремнеземистих компонентів позитивно позначається на міцності розчину навіть при незмінному водовмісті, що можна пояснити створенням кращих умов для ущільнення та взаємодії між частинками у твердіючому бетоні.

1. Соломатов В.И. Пути активизации наполнителей композиционных строительных материалов / Соломатов В.И., Дворкин Л.И., Чудновский С. М. // Изв. вузов: Строительство и архитектура. – 1987. – N1 – С. 60 – 63. 2. Цементные бетоны с минеральными наполнителями / Л. И. Дворкин, В. И. Соломатов, В. Н. Выровой, С. М. Чудновский. Под ред. Л. И. Дворкина, – К.: Будивельник, 1991. – 136 с. 3. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали / [Захарченко П. В., Долгий Е. М., Галаган Ю. О. та ін.] – К, 2005. – 512 с.; 4. Золомісні портландцементи та бетони на їх основі / Саницький М. А., Марків Т. Є., Новицький Ю. Л. [та ін.] // Матеріали V-го семінару “Структура, склад та властивості бетону”.– Рівне, 2006. С.21-29;