

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ РОЗЧИНІВ

Продаєвич М.В., студент гр. ПСК-503м, Юсипчук В.І., студент
гр. ПСК-158. Наукові керівники - Шинкевич О.С., д.т.н., проф.,
Тимняк А.Б., асистент

У статті наведені результати оптимізації і склади личкувальних розчинів на основі композиційного вапномісткого в'язучого для малоповерхового будівництва.

Актуальним завданням будівельної галузі є розробка ресурсозберігаючих технологій, які забезпечують економію паливно-сировинних матеріалів і покращують техніко-економічні показники роботи підприємств. Не менш актуальним завданням є отримання екологічно безпечних будівельних матеріалів. Сучасні штукатурні розчини являють собою складні багатокомпонентні дисперсні системи з комбінації різних матеріалів. Зараз для отримання якісних сумішей широко використовують різноманітні добавки, що відображається на вартості та екологічності готового продукту. Одним із прийомів для отримання екологічно чистих матеріалів є використання безпечних неорганічних добавок [1]. Важливими аспектами оптимізаційної задачі є поліпшення властивостей, зменшення витрати дорогих компонентів і зниження собівартості кінцевої продукції. Виробники намагаються поліпшити якість сумішей за рахунок або підвищення кількості в'язучого, чи запровадженням складного комплексу дорогих хімічних полімеровмісних добавок. Проте, кожна добавка має свій механізм дії та при взаємодії з в'язучим може проявляти як позитивні, так і негативні ефекти. Крім того, при не раціональному використанні великої кількості добавок відбувається збільшення собівартості матеріалу і в деяких випадках відзначається погіршення робочих характеристик на стадії експлуатації [2]. Натурний 6-ти факторний експеримент був поставлений за 24 точковим планом типу MTQ [3], в якому варіюються одночасно три залежних і три незалежних фактора складу. У якості трьох залежних факторів складу в експерименті прийнято вміст добавок ($v_1 + v_2 + v_3 = 10\%$): v_1 - Al_2NO_3 , v_2 - Na_2O , v_3 - розчинне скло. В якості незалежних факторів складу варіювалося вміст наступних компонентів суміші: x_4 - метакаолін = $(22,5 \pm 17,5)\%$, x_5 - біла сажа = $(1,5 \pm 1,5)\%$; x_6 - гіпс = $(7,5 \pm 7,5)\%$. Для визначення

факторів, які забезпечують отримання матеріалів з необхідним значенням властивостей, була сформульована оптимізаційна задача. Умови оптимізації представлені в таблиці 1. Для вирішення завдання використовувалася методика пошуку оптимальних складів, опрацьована в роботах Вознесенського В.А. і Ляшенко Т.В. [4,5], яка заснована на процедурі випадкового сканування полів властивостей з використанням методу Монте-Карло і може застосовуватись для дисперсних систем, що змінюються під впливом безлічі факторів. Обчислювальний експеримент виконано на полях 9 властивостей аналізованих для штукатурних розчинів на композиційному вапновмісному в'язучому з метою визначення компромісних складів суміші для даного виду розчинів. Умови експерименту зажадали внесення деяких особливостей в алгоритм пошуку компромісу. На вихідному (нульовому) (рис.1) етапі першої ітерації (1-0) генерується по 10 000 випадкових чисел, розподілених за рівномірним законом. Для кожного випадкового складу по експериментально-статистичним моделям визначаються значення кожного з критеріїв досліджуваних властивостей, і таким чином виявляється сформований масив обчислювального експерименту (МОЕ).

Таблиця 1

Критерії оптимізації	Умови оптимізації	Гарантований рівень
Основні критерії	Міцності при стисненні $R_{cx}^{28} \rightarrow \max$	$R_{cx}^{28} \geq 30 \text{ кгс/см}^2$
	Міцності при стисненні $R_{cx}^{100} \rightarrow \max$	$R_{cx}^{100} \geq 30 \text{ кгс/см}^2$
	Коефіцієнт розм'якшення $k_p \rightarrow \max$	$k_p > 0.8$
	Міцність при згині $R_x^{28} \rightarrow \max$	$R_x^{28} \geq 12 \text{ кгс/см}^2$
Додаткові критерії	Щільність	$\rho \rightarrow \min$
	Відкрита пористість за об'єму	$W^e \rightarrow \min$
	Загальна пористість	$\Pi_1 \rightarrow \max$
	Міцності при стисненні	$R_{cx}^2 \rightarrow \max$
	Тріщиностійкість (характеризувалася критичним коефіцієнтом інтенсивності напруги при нормальному відриві)	$K_{kr} \rightarrow \max$
	Na ₂ O	$v_2 \rightarrow \min$
Розчинне скло	$v_3 \rightarrow \min$	

На наступному етапі (1-1) склади МОЕ сортуються і видаляються ті, в яких основні критерії якості не забезпечують показники з таблиці 1. Після виконання основних обмежень залишається область для пошуку додаткових рішень з 7016 варіантів. На заключному етапі

(1-2) першій ітерації здійснюється поліпшення кожного з додаткових критеріїв якості. Після 1-ї ітерації залишилося 3 варіанти.

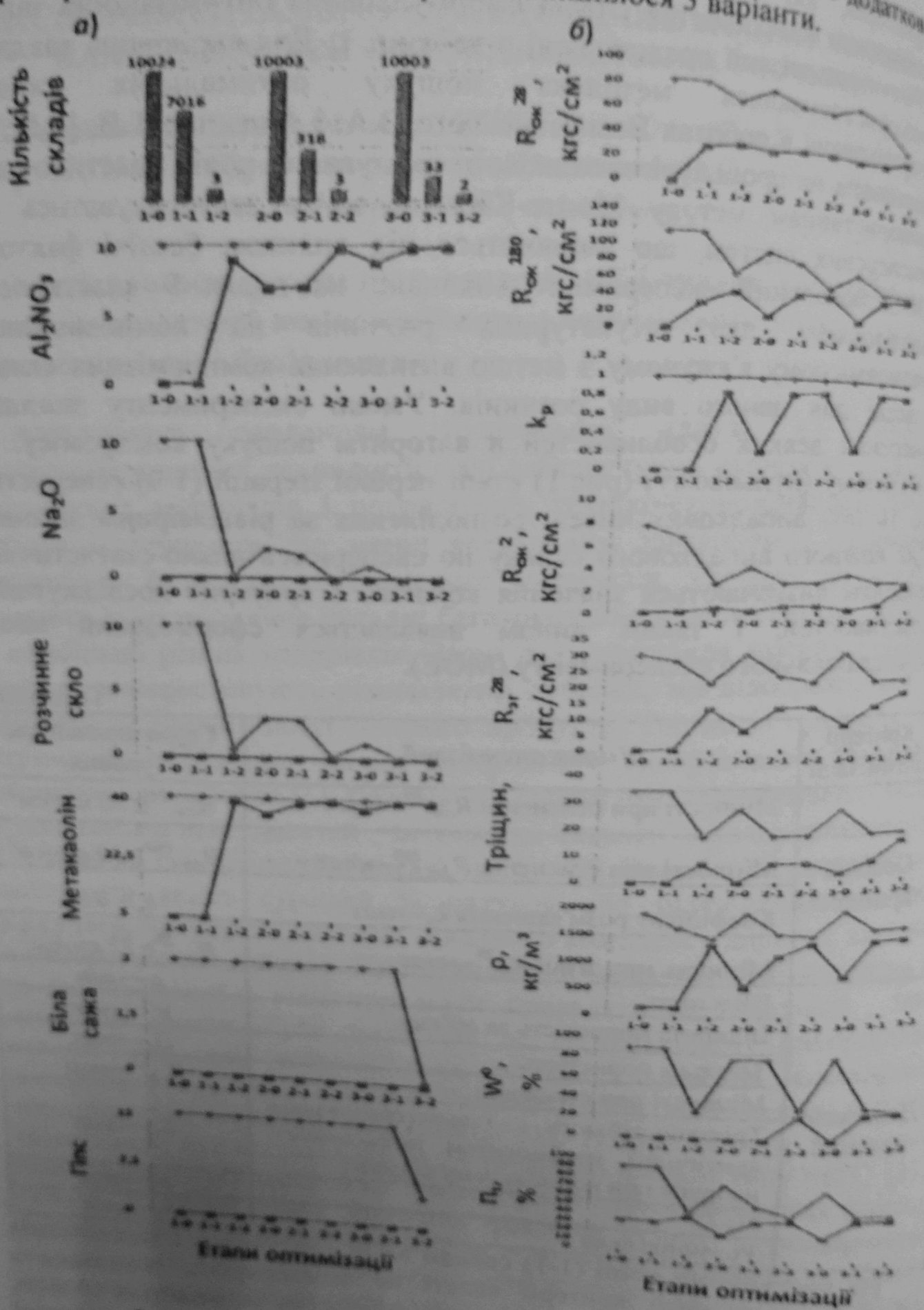


Рис. 1. Зміна складів (а) і властивостей (б) в ході оптимізації

В результаті діапазони рецептурно-технологічних факторів звузилися у порівнянні з вихідними. Далі процедури повторюються на етапах 2-ї і 3-ї ітерацій. На заключному етапі 3-ї ітерації додатково проводилося зменшення витрати дорогого компонента - білої сажі. У результаті оптимізації рекомендовані склади, які забезпечують необхідні властивості, представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

№ складу	Склади						Властивості									
	Al ₂ NO ₃ , %	Na ₂ O, %	Розчинне скло, %	Метакаолін, %	Біла сажа, %	Гіпс, %	R _{сж} ²⁸ , кгс/см ²	R _{сж} ¹⁸⁰ , кгс/см ²	K _p	R _{сж} ² , кгс/см ²	R _{зг} ²⁸ , кгс/см ²	K _{1с} , МПа·м ^{-0,5}	ρ, кг/м ³	W _о , %	П _в , %	
1.	10,0	0,00	0,00	40,0	3,0	0,0	33,1	47,0	0,96	2,6	12,9	7,3	1320	22,6	47	
2.	10,0	0,00	0,00	40,0	0,0	15,0	69,6	44,9	0,98	0,4	20,6	16,8	1360	5,5	46	
3.	9,8	0,05	0,15	39,4	2,9	2,7	48,5	55,2	0,85	0,6	18,3	8,7	1460	25,5	42	
4.	9,8	0,02	0,15	40,0	3,0	2,3	44,9	54,8	0,94	0,9	18,7	8,8	1525	24,0	39	

Компромісна оптимізація показала, що на даних складах можуть бути отримані матеріали, які задовольняють вимогам штукатурних розчинів для бетонних і цегляних поверхонь (ШТ1, ШТ2), пористих бетонів (ШТ3) відповідно з ДСТУ Б В.2.7 -126:2011.

Висновки. В результаті проведення оптимізації були отримані склади штукатурних розчинів на основі композиційного вапновмісного в'язучого з певним спектром властивостей для малоповерхового котеджного будівництва.

1. Шинкевич О.С. Оптимізація складів сухих будівельних сумішей на основі експериментально-статистичних моделей / О.С. Шинкевич, А.Б. Тимняк, Д.С. Лінник, А.А. Тертичний // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. - К.:Товариство "Знання" України. - 2013 р. - Випуск 48. - С. 179-183.
2. Сухие строительные смеси / Журнал «Строительные материалы XXI века», №2.- М, 48с.
3. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов // В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Я.П. Иванов, И.И. Николов. - К.: Будивельник, 1989. - 240с.
4. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В. ЭС-модели в компьютерном материаловедении. - Одесса, Астропринт, 2006. - 116 с.
5. Вознесенский В.А. Связь результатов компромиссной оптимизации с нормативами по плотности и прочности газобетона / В.А. Вознесенский, В.П. Гаврилюк, Т.В. Ляшенко, А.Б. Тимняк // Вісник ОДАБА. Вип. №35. - Одеса, 2009. - С.56-63.