

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ  
МОДИФІКОВАНИХ СУХИХ ГІПСОВМІЩУЮЧИХ  
ШТУКТУРНИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ОЗДОБЛЕННЯ ФАСАДІВ**

**Гасан Ю.Г., д.т.н., проф., Кириленко Д.А., асп.**

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

Нарощування темпів будівництва неможливе без орієнтації будівельного комплексу на найбільш енергоефективні та недифіцитні матеріали. Одним з шляхів рішення цієї задачі являється розширення виробництва і впровадження нових високоефективних матеріалів на основі гіпсової в'язучої речовини, яка має ряд переваг в порівнянні з іншими будівельними матеріалами. Невисока вартість при одночасно високих експлуатаційних властивостях (швидке тверднення, вогнестійкість, відсутність усадочних деформацій, висока повітро- та паропроникність).

Енергозатрати на виробництво гіпсових в'язучих речовин в сучасних високоефективних котлах безперервної дії, обертових печах, або котлах-млинах складають всього 2-10% від енергозатрат в цементній промисловості. Відносні енергозатрати на виробництво в'язучих речовин:

- портландцемент- 100%;
- негашене вапно- 95%;
- гашене вапно- 75%;
- ангідритове гіпсове в'язуче- 10%;
- гіпсове в'язуче- 2%.

Гіпсовміщуюча штукатурка наділена чудовими властивостями, які забезпечують комфортний мікроклімат в приміщенні. Наприклад, гіпс може поглинати велику кількість вологи з повітря в приміщенні при її перенасиченні і знову повертати при її недостатній кількості. Гіпс також характеризується дуже незначним опором дифузії водяної пари.

При взаємодії з відкритим полум'ям кристалічно зв'язана вода вивільняється з структури гіпсу у вигляді пари і перешкоджає розповсюдженню вогню. Використання гіпсовміщуючої штукатурної суміші також впливає на економію при опаленні. Після затверднення така штукатурка може частково виконувати функцію тепло- та звукоізоляції.

Перспективним є виробництво сухих гіпсовміщуючих сумішей, які можна застосовувати не тільки при виготовленні штукатурних розчинів для внутрішнього оздоблення, а також в приміщеннях з високою вологістю і для оздоблення фасадів. Але цьому перешкоджає низька водостійкість гіпсових виробів та невисокі показники міцності.

Сучасні сухі будівельні суміші – багатокомпонентні органомінеральні системи, в яких високомолекулярна органічна складова представлена цілим рядом речовин: ефіри целюлози, сополімери вінілових ефірів, полімерні та целюлозні волокна тощо.

В рамках даних досліджень були вивчені деякі реологічні та механічні властивості композиційних матеріалів, отриманих з сухих гіпсовміщуючих сумішей, а також вплив на ці властивості введених в суху суміш органічних складових.

Однією з основних задач дослідження було підвищення водостійкості гіпсовміщуючих штукатурних сумішей, які раніше використовували для внутрішнього оздоблення приміщень за рахунок введення модифікуючих добавок. Базовий склад досліджуваної суміші включав в себе в'язучу речовину, мінеральні наповнювачі та полімерні добавки.

В якості в'язучої речовини використано напівводний гіпс  $\beta$ - модифікації марки Г-5. В якості мінерального наповнювача використовували компоненти, які мають спільний йон з сульфатом кальцію, а саме вапнякове борошно та гідратне вапно, які за даними дослідників [1,2] можуть підвищити міцність та водостійкість штучного каменю, а саме заповнити порожнини між кристалами дигідрату сульфату кальцію найменшими частинками новоутворень та ультрадисперсними частинками, які входять до їх складу. Також в складі суміші були використані ефір целюлози, як регулятор водоутримуючої здатності (водоутримуюча здатність розчину понад 95%) та винну кислоту, як регулятор строків тужавлення (придатність розчину понад 60хв).

Для підтвердження теоретичних даних [3,4,5] і визначення оптимального складу штукатурних сумішей був застосований двофакторний метод математичного планування експерименту на зразках з гіпсовміщуючої штукатурної суміші. В якості параметрів, що варіювали прийнято вміст мінеральних наповнювачів : X1- гашене вапно і X2- вапнякове борошно.

Ізопараметрична діаграма коефіцієнту розм'якшення при зміні вибраних факторів наведен на рис. 1

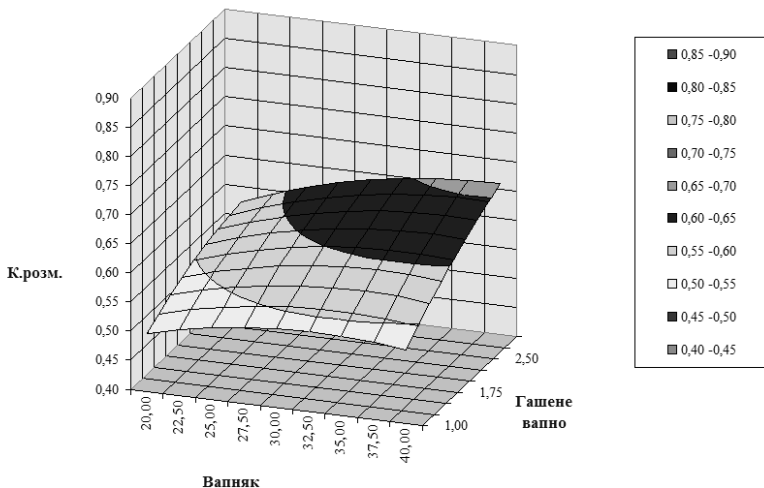


Рис. 1. Ізопараметрична діаграма коефіцієнту розм'якшення при зміні вибраних факторів у віці 28 діб тверднення

Показана на рис.1. діаграма відображає вплив  $X_1$  гашеного вапна (1,0 – 3,0% від маси суміші) та  $X_2$  вапняку ( 20 – 40% від маси суміші) на водостійкість досліджуваних зразків. Діаграма коефіцієнту розм'якшення при зміні вибраних факторів у віці 28 діб тверднення показує, що при мінімальних значеннях  $X_1 = 1,0$  та  $X_2 = 20$  водостійкість становить 0,51. Водостійкість збільшується пропорційно збільшенню показників  $X_1$  та  $X_2$ , що відображено на ізопараметричній діаграмі рис.1. При максимальних значеннях  $X_1 = 3,0$  та  $X_2 = 40$  зафіксований максимальний показник водостійкості ( $K_{розм.} = 0,65$ ), що не відносить розроблену композицію до водостійких матеріалів ( $K_{розм.} > 0,75$ ). Міцність зразків при стиску на 28 добу тверднення у вологих умовах становить від 6 до 8 Мпа.

Наступним етапом дослідження було введення полімерних добавок для підвищення міцності та водостійкості штучного каменю з гіпсовмішуючого штукатурного розчину.

В якості параметрів, що варіювали прийнято вміст добавок, що підвищують водостійкість:  $X_1$ - добавка 1 (натрієва сіль олеїнової кислоти) і  $X_2$ - добавка 2 (сополімер вінілацетата і етилена).

Ізопараметрична діаграма коефіцієнту розм'якшення при зміні вибраних факторів наведен на рис.2.

По результатах випробувань встановлено, що для базового складу штукатурної суміші  $K_{розм.} = 0,65$ . Показана на рис.2. діаграма відобра-

жає вплив  $X_1$  добавка 1 (0,1 – 0,3% від маси суміші) та  $X_2$  добавка 2 (0,5 – 1,5% від маси суміші) на водостійкість досліджуваних зразків. Діаграма коефіцієнту розм'якшення при зміні вибраних факторів у віці 28 діб тверднення показує, що при мінімальних значеннях  $X_1 = 0,1$  та  $X_2 = 0,5$  водостійкість базового складу збільшується до ( $K_{розм.}=0,73$ ). Водостійкість збільшується пропорційно збільшенню показників  $X_1$  та  $X_2$ , що відображено на ізопараметричній діаграмі рис.2. При максимальних значеннях  $X_1=0,3$  та  $X_2=1,5$  зафіксований максимальний показник водостійкості ( $K_{розм.}=0,9$ ), що відносить розроблену композицію до водостійких матеріалів ( $K_{розм.}>0,75$ ). Міцність зразків при стиску на 28 добу тверднення у вологих умовах становить від 8 до 12 Мпа. Слід зазначити, що при введенні добавок в кількості більше запропонованих меж міцність зразків дещо зменшується та суттєво підвищується вартість виробу.

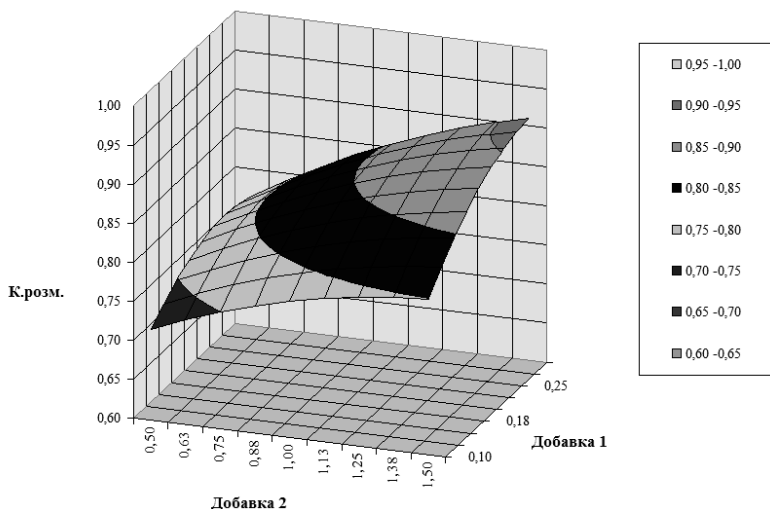
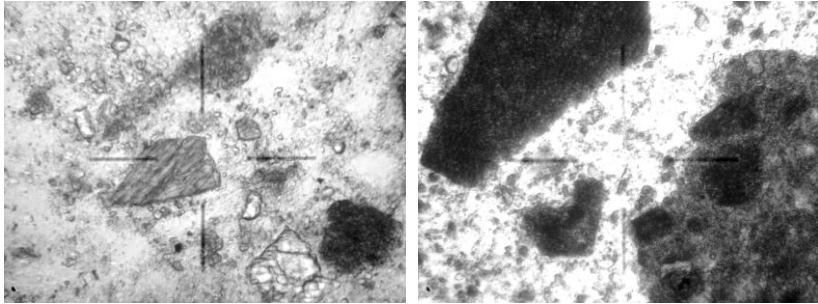


Рис. 2. Ізопараметрична діаграма коефіцієнту розм'якшення при зміні вибраних факторів у віці 28 діб тверднення.

За допомогою петрографічних досліджень на зразках без добавки ( $K_{розм.}=0,65$ ) та з добавкою ( $K_{розм.}=0,9$ ) отримано інформацію про тип та характер структури, мінеральний склад, структуру контактних шарів та склад новоутворень у зоні контакту, форму, розмір та об'єм мікропор, вид мікротріщин та інших дефектів структури, представлені на рис.3.



а)

б)

Рис. 3. Вплив добавок на мікроструктуру затверділого каменю  
а) без добавок ( $K_{\text{розм.}}=0,65$ ); б) з добавками ( $K_{\text{розм.}}=0,9$ )

В двох зразках (рис 3. а,б) виділяються більш крупні і щільні ділянки вапняка розміром 30 – 300 мкм, максимум 640 мкм, ділянки гіпсу розміром 40 – 320 мкм, максимум 480 мкм і тонкозерниста зв'язуюча маса.

Ділянки вапняку складаються з кристалів кальциту ізометричної форми. Розмір кристалів кальциту  $\text{CaCO}_3$  на різних ділянках варіює від 4 – 12 мкм до 12 – 40 мкм, максимум 120 мкм.

Кристали кальциту щільно прилягають один до одного. Ділянки гіпсу  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  складаються з подовжених, волокнистих кристалів до 40 мкм в довжину. Штучний камінь в'язучої речовини представлений в основному двуводним гіпсом, кальцитом та портландитом. Гіпс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  має голчасті кристали 10 - 30 мкм в довжину, які утворюють суцільний каркас. Кальцит  $\text{CaCO}_3$  утворює кристали розміром 4 – 12 мкм, максимум 20 мкм. Портландит  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  зустрічається у вигляді дрібних кристалів ( $\leq 4 - 6$  мкм), що утворюють агрегати розміром 20 – 40 мкм.

На (рис.4), де представлена порова структура бездобавочного затверділого матеріалу із значною пористістю та більшою кількістю пошкоджень простежуються округлі пори розміром від 4 до 1400 мкм. Серед них преважають пори з розміром 16 – 240 мкм, а також окремі спарені пори до 5,5 мкм. Також там присутні дрібні пори від 4 – 40 мкм, максимум 60 мкм і подовжені у вигляді коротких тріщин – до 12 мкм шириною.

Зразок з добавками відрізняється від зразка без добавок відсутністю дрібних пор ( до 40 мкм) та тріщин.

Вплив добавок на характер новоутворень і порову структуру затверділої штукатурки з модифікованих гіпсовміщуючих сухих сумішей представлений на рис.5.

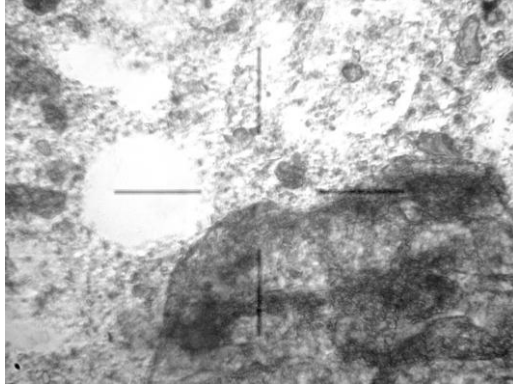
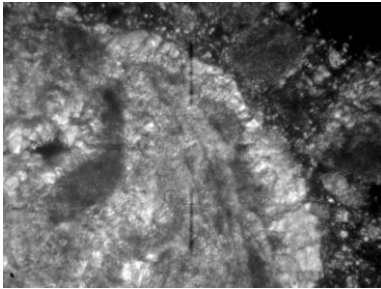
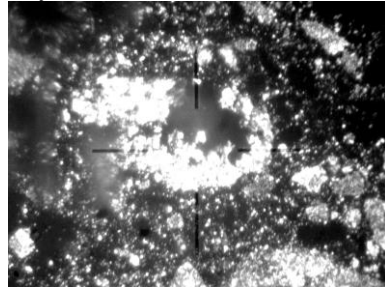


Рис. 4. Характер порового простору затверділого бездобавочного матеріалу



а)



б)

Рис.5 Вплив добавок на характер новоутворень і порову структуру затверділого матеріалу

Контакти ділянок вапнякового заповнювача із каменем в'язучої речовини щільні, інколи по краю обрамлені вторинним кальцитом (рис.5 а.). Деякі пори частково, або повністю заповнені кальцитом (рис.5 б.)

В двох зразках проходять схожі процеси структуроутворення, відбувається утворення кристалів гіпсу, які створюють в камені в'язучої речовини суцільний зросток, формуючи каркас зразка. Зразок з добавками в порівнянні зі зразком без добавок більш щільний, в ньому практично відсутні пори та тріщини.

### ***Висновок***

Отже, можна зробити висновок, що за рахунок введення в склад гіпсових штукатурних сумішей гашеного вапна та вапнякового борошна, підтверджується гіпотеза про те, що введення компонентів, які містять

в своєму складі спільний йон з сульфатом кальцію призводить до підвищення міцності на 10 - 15% (до 8 Мпа) та водостійкості штучного каменю на 10% ( $K_{\text{розм.}}=0,65$ ).

Введення в склад суміші полімерних добавок дає змогу підвищити міцність на 50% (до 12 Мпа) та збільшити водостійкість на 30% ( $K_{\text{розм.}}=0,9$ ). Це пояснюється тим, що порожнини між кристалами дигідрату сульфату кальцію заповнюються найменшими частинками новоутворень та ультрадисперсними частинками, які входять до складу мінеральних наповнювачів та полімерних добавок. Все це сприяє збільшенню контактів між кристалами і підвищенню щільності.

Таким чином моделюючи та оптимізуючи композиційні модифіковані сухі гіпсовміщуючі суміші вдалося створити водостійкі штукатурки підвищеної міцності для оздоблення фасадів будинків.

### **Summary**

**The results of researches of containing gypsum of clout mixtures for finishing of facades and optimum composition of mixture is offered.**

### *Література*

1. Будников П.П. К вопросу водостойкости гипсовых строительных изделий и ее повышение/ П.П.Будников, М.А.Матвеев, К.М.Ткаченко.// Доклады Академии наук УССР.-1951.-№2.С 121-129.
2. Ребиндер П.А. Физико-химические основы водонепроницаемости строительных материалов/ П.А.Ребиндер.- М.: Госстройиздат, 1953. -184с.
3. Волженский А.В. Гипсовые вяжущие и изделия (технология, свойства, применение) / А.В. Волженский, А.В. Ферронская.- Москва: Стройиздат, 1974.- 326с.
4. Коровяков В.Ф. гипсовые вяжущие и их применение в строительстве / В.Ф. Коровяков //Рос. хим. ж. (Рос. хим. об-во им. Д.И. Менделеева). – 2003. - №4. С 18-23.
5. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф., Чумаков Л.Д., Иванов С.В. Композиционные гипсовые вяжущие. Тезисы докладов научно-технической конференции «Научно – технический прогресс в технологии строительных материалов» Алма-Ата 1990.-253с.