

УДК 691.5

*Червенко Є.М., асистент кафедри будівельних матеріалів,
Київський національний університет будівництва та архітектури*

МОДИФІКОВАНА КОМПОЗИЦІЙНА ГІПСОВМІЩУЮЧА В'ЯЖУЧА РЕЧОВИНА ТА РОЗЧИНИ НА ЇЇ ОСНОВІ

Вироби на основі гіпсових і гіпсовміщуючих в'язучих речовин відносяться до числа перспективних видів матеріалів. Вони вирізняються сукупністю позитивних властивостей, притаманних лише даній групі в'язучих та матеріалів на їх основі. Характеризуються невеликою масою, достатньою міцністю, відсутністю деформацій усадки, швидким набором міцності, відносно низькими тепло- та звукопровідністю. Їм легко надати будь-яку архітектурну форму та колір. Проектування складів гіпсовміщуючих в'язучих речовин дозволяє покращити характеристики вихідної гіпсової в'язучої речовини та досягнути належної водостійкості штучного каменю на їх основі.

Одним з перспективних напрямків розробки міцних водостійких і довговічних гіпсовміщуючих матеріалів є вдосконалення композиції, яка складається з гіпсової в'язучої речовини, портландцементу та належної кількості активних мінеральних добавок, що отримала назву гіпсоцементнопуцоланове в'язуче (ГЦПВ).

Під час досліджень можливості створення модифікованої композиційної гіпсовміщуючої в'язучої речовини з покращеними, порівняно з традиційним ГЦПВ, характеристиками та штучного каменю на її основі, використано наступні сировинні матеріали. В якості гіпсової складової було обрано гіпс марки Г 10 α -модифікації фірми «Кнауф». В якості портландцементної складової було застосовано білий портландцемент марки за міцністю 500 торгівельної марки «СІМСА» виробництва Туреччини. В якості пуцоланової добавки обрано білу сажу марки БС-100, виробник ОАО «Сода» Росія. В якості моифікуючої добавки №1 застосовано карбонат лужноземельного металу; добавки №2 — оксид металу, що проявляє амфотерні властивості [1].

В основу проектування складу модифікованої композиційної гіпсовміщуючої в'язучої речовини було покладено визначення за методом титрування здатності активної мінеральної добавки зв'язувати вільний кальцій, який міститься в системі у вигляді оксидів та гідроксидів і утворюється внаслідок гідратації мінералів клінкеру. Відповідно до методики вміст CaO повинен становити на п'яту добу не вище 1,1 г/л та на сьому добу не вище 0,85 г/л.

Відомо, що надлишок незв'язаного Ca(OH)_2 в ГЦП матеріалі призводить до утворення трьохсульфатної форми гідросульфоалюмінату кальцію, що є причиною руйнування штучного каменю, завдяки збільшенню в об'ємі гідросульфоалюмінату кальцію в 2-2,5 рази порівняно з вихідними компонентами.

На основі даної методики, розробленої в МІБІ ім. Куйбишева [2], було визначено необхідну кількість активної мінеральної добавки та досліджено швидкість зв'язування вільного CaO в системі.

Вказаний в методиці спосіб підбору співвідношення компонентів дає можливість оцінити здатність активної мінеральної добавки зв'язувати вільний CaO . Проте, за таких умов не буде враховано вплив гіпсової складової на концентрацію вільного CaO і, відповідно, буде існувати вірогідність недоцільності використання отриманих результатів на практиці. Для усунення таких недоліків запропоновано змінювати в препаратах, що досліджуються, не тільки кількість

активної мінеральної добавки, а й співвідношення портландцементної складової до гіпсової. Результати досліджень впливу співвідношення компонентів ГЦПВ на вміст вільного СаО та темпи його зв'язування активною мінеральною добавкою наведено в табл. 1

Таблиця 1 - Зміна концентрації СаО в водній суспензії залежно від складу суміші

№	Вміст компонентів, %			Співвідношення ПЦ / БС-100, %	Концентрація СаО в г/л, через			
	Гіпс	Цемент	БС-100		1 добу	3 доби	5 діб	7 діб
1	50	48	2	96 / 4	1,4	1,25	1,15	0,96
2	50	45	5	90 / 10	1,31	1,14	0,92	0,82
3	50	43	7	86 / 14	1,25	0,99	0,97	0,83
4	40	55	5	91,7 / 8,3	1,34	1,16	0,97	0,84
5	40	50	10	83,4 / 16,6	1,28	0,95	0,87	0,8
6	40	45	15	75 / 25	1,26	0,9	0,47	0,4
7	60	37	3	92,5 / 7,5	1,32	1,237	0,95	0,9
8	60	35	5	87,5 / 12,5	1,27	0,94	0,7	0,62
9	60	33	7	82,5 / 17,5	1,27	0,92	0,64	0,58

Результати дослідження показують достатньо високу реакційну здатність обраної активної мінеральної добавки. У кількості 8% БС-100 від цементу досягається регламентована концентрація СаО (не вище 1,1 г/л на 5-у добу та 0,85 г/л на 7-у добу). Проте кількість БС-100 в матеріалі необхідно збільшувати. Таке припущення базується на особливостях гідратації мінералів клінкеру. C_3S , якого в цементі, що застосовується, міститься $\approx 70\%$, за нормальних умов тверднення у віці 28 діб гідратується приблизно на 70%. Повна гідратація цієї фазової складової портландцементу може відбутися через рік і більше. За аналогічною схемою протікає гідратація C_2S , але значно повільніше. Ступінь гідратації C_2S на 28 добу становить 30% і в результаті гідролізу утворюється менша кількість $Ca(OH)_2$.

Крім того, активна мінеральна добавка застосована в кількості до 5% від загального об'єму та рівномірно по ньому всьому розподілена, не забезпечить надійності системи, оскільки необхідні умови забезпечення довговічності штучного каменю будуть розміщені локально і сконцентровані в місцях розташування активної мінеральної добавки.

Виходячи з вищенаведеного та з урахуванням отриманих результатів підвищення вмісту БС-100 у співвідношенні портландцементу до активної мінеральної добавки до 17% є повністю обґрунтоване та забезпечить стабільність структури у віддалені терміни твердіння і в складних умовах експлуатації.

Оскільки показники водостійкості ГЦП каменю на основі вихідних матеріалів не перевищують 0,73, додатково було введено до складу добавку №1 та добавку №2. Як наслідок отримано модифіковану композиційну гіпсовміщуючу в'язучу речовину.

На наступній стадії проектування складу використано трифакторну експериментально-статистичну модель експериментів. Предметом досліджень були міцність та водостійкість розробленої композиції. Результати досліджень наведено на рис. 1 та рис. 2. При дослідженні спільного впливу добавок змінними факторами були: кількість портландцементу з активною мінеральною добавкою — фактор (X1) – від 50% до 20%; кількість добавки №1 — фактор (X2) – від 5% до 1%, кількість добавки №2 — фактор (X3) – від 2% до 0,8%.

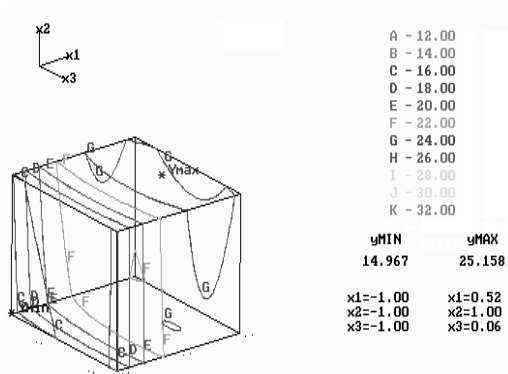
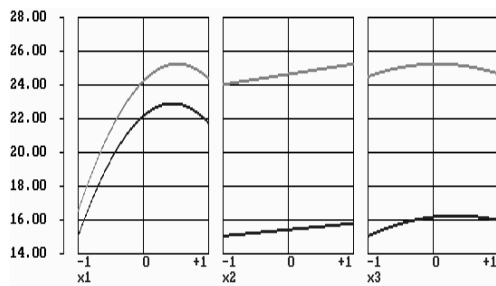


Рисунок 1 – Показники міцності штучного каменю, у віці 28 діб, в залежності від співвідношення добавки №1, добавки №2 та суміші портландцементу з БС-100

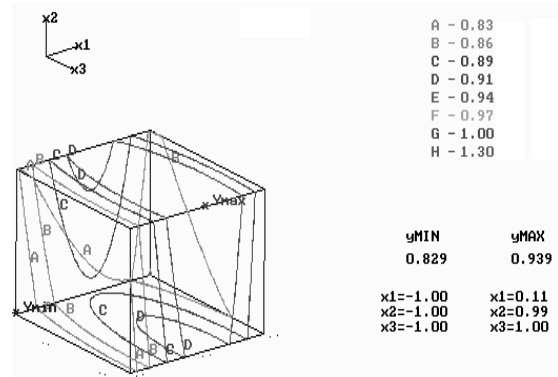
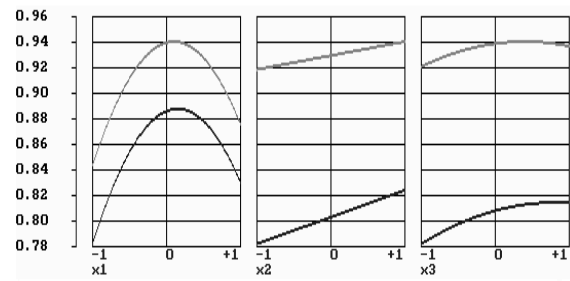


Рисунок 2 – Показники водостійкості штучного каменю в залежності від співвідношення добавки №1, добавки №2 та суміші портландцементу з БС-100

Аналіз даних дослідження впливу співвідношення компонентів на міцнісні характеристики (рис. 1) показав, що підвищення до певної межі вмісту добавок та портландцементу з активною мінеральною добавкою веде до підвищення міцності штучного каменю. Простежується зв'язок ефективності добавок з кількістю гіпсової складової. Чим більше в складі гіпсу, тим ефективніше впливають добавки.

В результаті досліджень показників водостійкості (рис. 2) встановлено, що добавки достатньо ефективно впливають на водостійкість, оскільки максимальний коефіцієнт розм'якшення у штучного каменю на основі немодифікованого ГЦПВ становить $K_{розм} = 0,73$, а при введенні мінімальної кількості добавки №1 та добавки №2 $K_{розм} = 0,82$. Для того, щоб отримати певний коефіцієнт розм'якшення, необхідно вміст добавок зменшити при збільшенні кількості портландцементу з активною мінеральною добавкою. Це дає підстави зробити висновок про те, що запропоновані добавки №1 та №2 мають суттєвий вплив на сульфатну складову. Але наявність оптимальної зони дозування свідчить про інтенсифікацію взаємодії добавок з комплексною добавкою, що складається з портландцементу та активної мінеральної добавки. З огляду на наведений характер взаємодії компонентів, ймовірно, запропоновані добавки знижують негативний вплив сульфатної складової на цементний камінь та сприяють гідратації гідросилікатів кальцію, що призводить до підвищення водостійкості і міцності.

Наведені результати дозволять гнучко змінювати склад матеріалу для того, щоб мати можливість використовувати різні технології формування і, водночас, отримувати вироби з необхідними властивостями.

Механізм підвищення міцності і водостійкості штучного каменю на основі модифікованої композиційної гіпсовміщуючої в'язучої речовини можна пояснити спираючись на дані, отримані за допомогою рентгенофазового (рис. 3, рис. 4), диференційно-термічного (рис. 5) та електронно-мікроскопічного (рис. 6) методів аналізу.

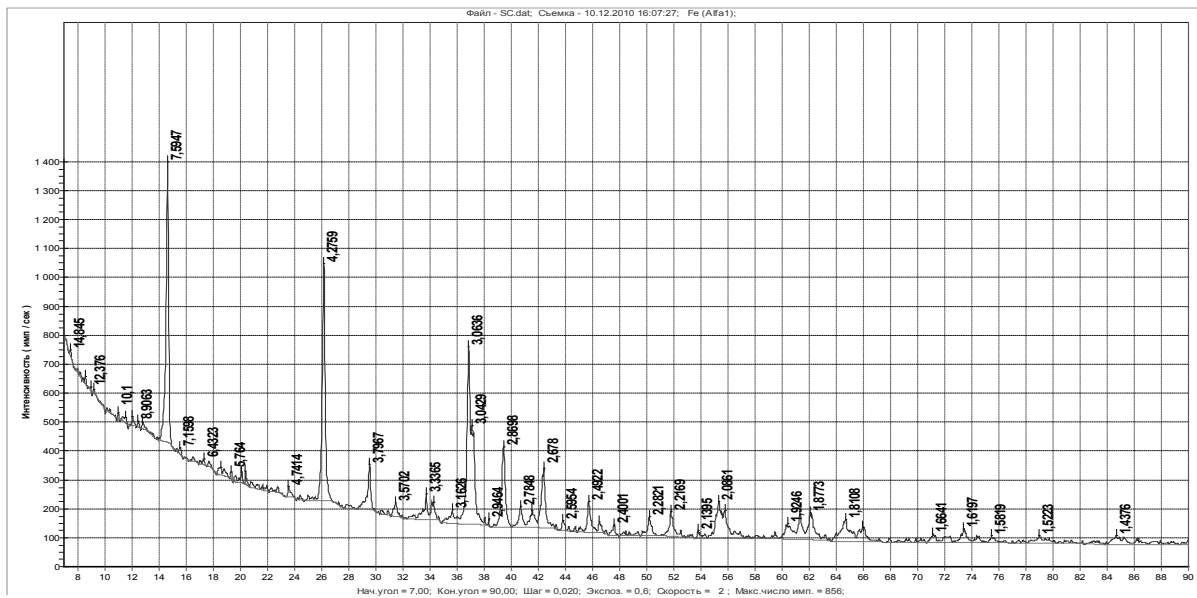


Рисунок 3 – рентгенограма продуктів гідратації штучного ГЦП каменю

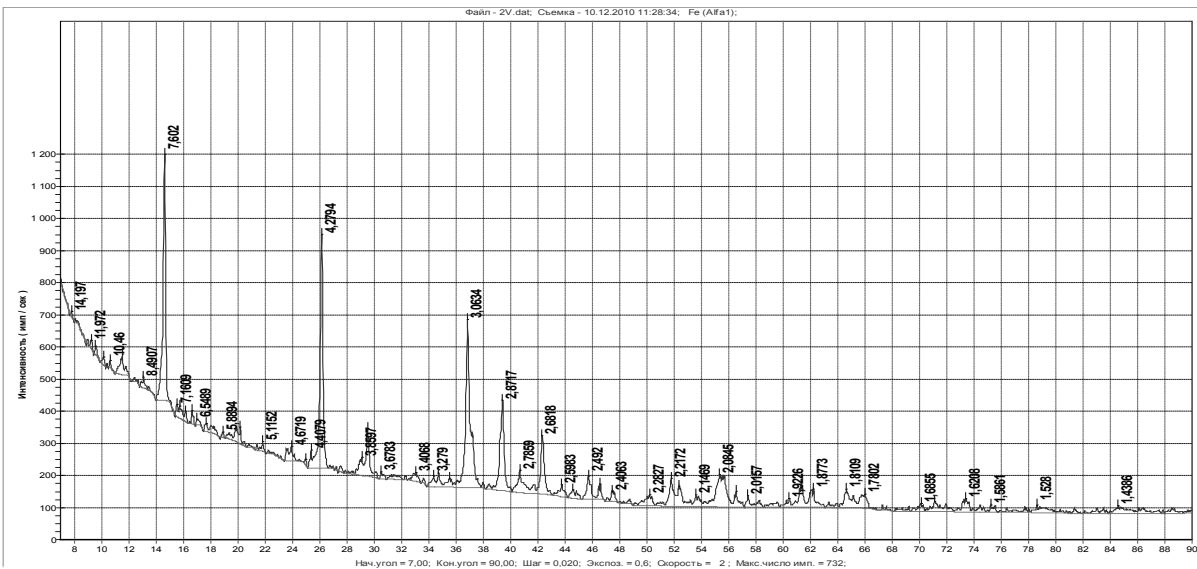


Рисунок 4 - рентгенограма продуктів гідратації штучного каменю на основі модифікованої композиційної гіпсовміщуючої в'язучої речовини

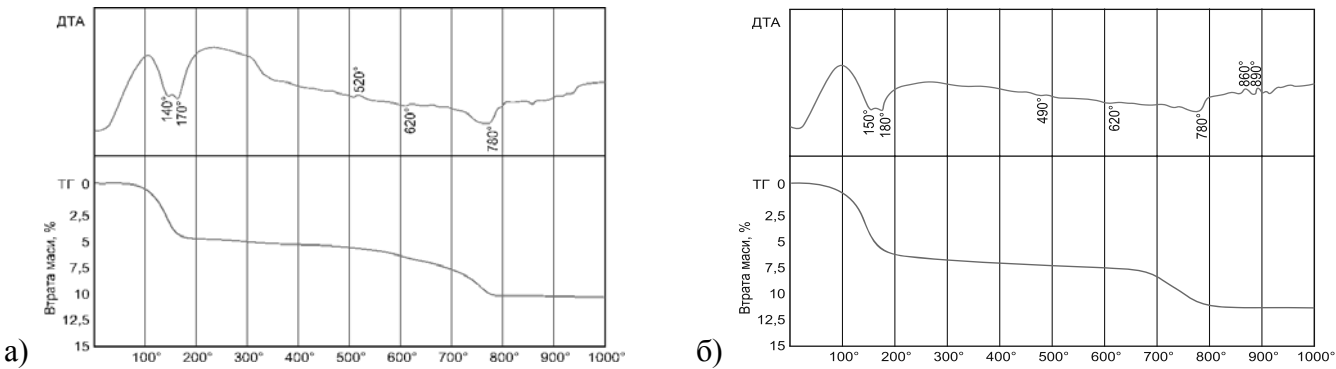


Рисунок 5 - Дериватограма новоутворень: а) штучного ГЦП каменю; б) штучного каменю на основі модифікованої композиційної гіпсовміщуючої в'язучої речовини

Аналіз наведених результатів (рис. 5а) показав, що на кривій ДТА ГЦП зразка спостерігається сильний ендотермічний ефект в інтервалі $(-100 \div -240^\circ\text{C})$ з максимумами $(-140$ та $-170^\circ\text{C})$, які відповідають дегідратації гіпсу до напівводного (140°C) і ангідриту (170°C). Дегідратація еtringіту та гідросилікатів кальцію також відбувається в цьому інтервалі температур. Другий ендотермічний ефект (-780°C) на кривій ДТА відповідає дисоціації кальциту на CaO та CO_2 , а також на нього може накладатися ендоефект дисоціації ксонотліту. На рентгенограмі цього зразка (рис. 3) спостерігається серія ліній дифракційного відбивання двоводного гіпсу (7,56; 4,27; 3,79; 3,163; 3,063; 2,869; 2,785; 2,678; 2,595; 2,492; 2,400; 2,217; 2,086; 1,896; 1,877; 1,811; 1,779 Å). Крім ліній гіпсу, на рентгенограмі присутні лінії дифракційного відображення кальциту (3,04; 2,49; 2,28; 2,086; 1,924; 1,869 Å), кварцу (3,337 Å) еtringіту (9,73 і 5,54 Å), інші лінії якого накладаються на лінії гіпсу. В малокутовій області спостерігаються невеликі інтенсивні лінії гідросилікатів кальцію типу CSH(B) або $\text{C}_2\text{SH(B)}$ (12,94 і 4,74 Å), інші лінії яких накладаються на сильні лінії гіпсу або по інтенсивності знаходяться на рівні фону.

Площа сумарного ендоефекту при $(-100 \div -240^\circ\text{C})$ дегідратації гіпсу і гідросилікатів кальцію на дериватограмі штучного каменю на основі модифікованої композиційної гіпсовміщуючої в'язучої речовини (рис. 5б) найбільша в порівнянні з дериватограмою попереднього зразка, що підтверджується максимальною втратою маси (6,6%). Судячи з ендоефекту (-780°C) і відповідній йому втраті маси (4,7%), вміст кальциту в цьому зразку менший. Невеликий ендоефект (-490°C) може вказувати на дегідратацію двокальцієвого гідросилікату типу $\text{C}_2\text{SH(A)}$ з подальшим його переходом в $\beta\text{-C}_2\text{S}$. Два чітких екзоефекти $(+860^\circ\text{C})$ і $(+890^\circ\text{C})$ свідчать про наявність у зразку двох видів тоберморитоподібних гідросилікатів кальцію. Рентгенограма зразка (рис. 4), по наявності ліній дифракційного відображення основних мінеральних фаз - гіпсу, кальциту і еtringіту схожа з рентгенограмою ГЦП зразка. Відмінність полягає в більшій інтенсивності ліній еtringіту (9,6; 5,65 Å) і меншій кальциту (3,04; 2,28 Å). Найбільш інтенсивна лінія кварцу (3,34 Å) не виділяється від фону. В малоугловій області спостерігаються лінії дифракційного відображення частково закристалізованих тоберморитоподібних гідросилікатів кальцію типу CSH(B) із змінним відношенням Ca/Si , яка зменшується з 13-14 Å при $\text{Ca/Si}=0,8$ до ≈ 10 Å для $\text{Ca/Si}\approx 1,5$. В основному результати рентгенофазового аналізу підтверджують результати термічного аналізу.

Судячи із зменшення вмісту кварцу і кальциту в композиціях з мінеральними добавками, додаткове утворення гідросилікатів кальцію відбувається за рахунок взаємодії Ca(OH)_2 , що утворюється при гідратації портландцементу, і аморфного кремнезему, що входить до складу композицій. Підвищення ступеня гідратації при введенні мінеральних добавок з утворенням додаткової кількості гідросилікатів кальцію призводить до формування більш щільної структури штучного каменю на основі модифікованої композиційної гіпсовміщуючої в'язучої речовини.

Такі дані узгоджуються з результатами електронно-мікроскопічного аналізу (рис. 6).

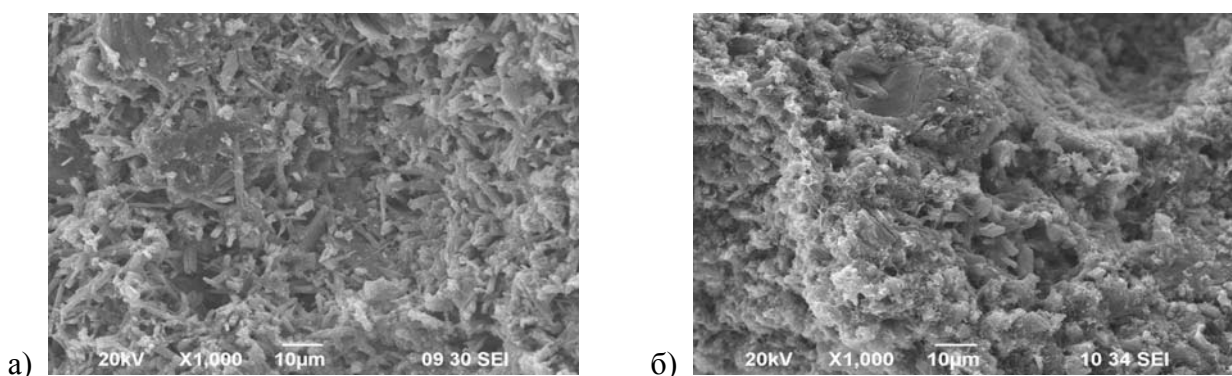


Рисунок 6 – Електронні мікрофотографії поверхні сколу штучного каменю:
а) на основі ГЦПВ - $\times 1000$; б) на основі модифікованої композиційної гіпсовміщуючої в'язучої речовини - $\times 1000$

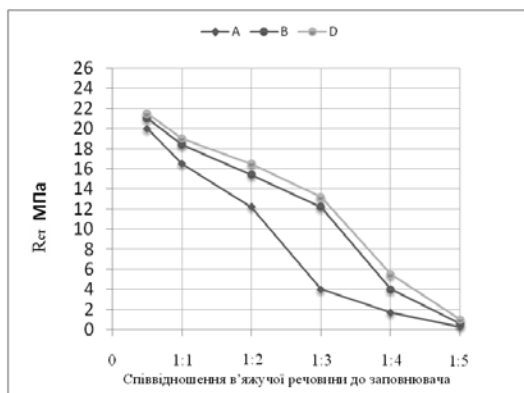
На електронних мікрофотографіях чітко простежується підвищення щільності структури штучного каменю на основі модифікованої композиційної гіпсовміщуючої в'язучої речовини новоутвореннями, які виражені переважно кристалами двоводного гіпсу та гідросилікатами кальцію. Крім того виявлено, що внаслідок впливу добавок кристали двоводного гіпсу утворюються меншого розміру та у більшій кількості. Такі їх характеристики сприяють підвищенню водостійкості штучного каменю [3].

Важливим питанням для доцільного використання будь-якої в'язучої речовини є її ефективне наповнення. Відомо, що в'язуча речовина є найбільш вразливим компонентом розчинів і бетонів. Тому при проектуванні їх складів намагаються максимально наповнити матеріал міцним і довговічним заповнювачем. Одним з вирішальних факторів, що впливають на кількість заповнювача, є схильність до деформацій усадки і набухання штучного каменю в'язучого. Однак ці правила не завжди знаходять відображення щодо матеріалів на основі гіпсових і змішаних, в т.ч. і на основі гіпсу, в'язучих речовин.

В якості заповнювача було досліджено дрібні заповнювачі тому, що визначальним функціональним і естетичним фактором для елементів архітектурного декору та садово-паркової архітектури є чистота лицьовій поверхні, до того ж більшість таких виробів мають невелику товщину, що не дозволяє використовувати крупний заповнювач.

При цьому використовували пісок кварцовий річковий, пісок штучний з вапняку і пісок перлітовий спучений. Кількість води приймалася такою, щоб отримати суміш рухливістю П5.

Для порівняння обрали розчини складу 1:1; 1:2; 1:3; 1:4; 1:5. Співвідношення прийняті за об'ємом. За результатами досліджень впливу заповнювача на міцність розчину побудовано графік (рис. 7).



A - пісок перлітовий спучений; B - пісок з вапняку; D - пісок кварцовий

Рисунок 7 – Вплив виду і кількості заповнювача на зміну міцності розчинів при стиску

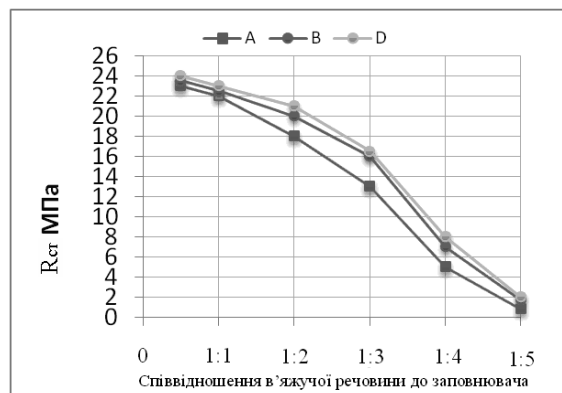


Рисунок 8 – Вплив суперпластифікатора на зміну міцності розчинів при стиску

Аналіз графіка показує, що зниження кількості кварцового піску і піску з вапняку практично однаково впливають на підвищення міцності розчину. Однак міцність розчину з застосуванням кварцового піску дещо вища, ніж з піском з вапняку. Це можна пояснити тим, що для отримання суміші однакової рухливості, витрата води збільшується приблизно на 5% у випадку застосування піску з вапняку. Збільшення В/Т швидше за все пов'язано з формою та структурою зерен заповнювача. Характер кривих зміни міцності розчину на цих заповнювачах показує, що ефективне заповнення спостерігається до співвідношення 1:3, а при подальшому підвищенні кількості заповнювача відбувається стрімке зниження міцності.

Крива міцності при використанні піску перлітового спученого показує, що цей заповнювач більш істотно впливає на міцність розчину. Так, ефективне заповнення можливо до співвідношення 1:2, при цьому розчин має міцність, близьку до міцності розчину на щільних заповнювачах при співвідношенні 1:3. Більш низька міцність при використанні спученого перліту пояснюється меншою міцністю заповнювача і значним збільшенням кількості води замішування ($\approx 30-45\%$). Проте, порівнюючи міцність розчинів, необхідно також враховувати їх середню густину, яка має суттєве значення в разі виготовлення виробів, кріплення яких буде працювати на зріз (монтаж на стінах за допомогою клею, дюбелі і т.д.). В окремому випадку розчин із застосуванням спученого перліту при співвідношенні 1:2 має $\rho_m = 740 \text{ кг/м}^3$, а на щільному заповнювачі при такому ж співвідношенні - $\rho_m = 2020 \text{ кг/м}^3$. Тому для виготовлення навісних виробів, незважаючи на меншу міцність, потрібно рекомендувати розчинові суміші з використанням спученого перліту.

Враховуючи те, що В/Т відрізняється для кожного виду заповнювача і об'єктивно неможливо оцінити їхній вплив на характеристики розчинів, в подальших дослідженнях застосовано суперпластифікатор, щоб уникнути залежності від В/Т.

Дослідження проводилися на розчинових сумішах, які характеризувалися В/В = 0,38 і пластичністю, рівною П5. За результатами досліджень побудовано графік залежності міцності розчину у віці 28 діб від виду та кількості заповнювача (рис. 8).

Аналіз кривих зміни міцності показує, що внаслідок застосування суперпластифікатора істотно підвищується міцність розчину.

Характер впливу на міцність кількості заповнювача залишається таким, як і в розчинах без суперпластифікатора — при підвищенні його кількості знижується міцність. Слід зазначити, що суттєвої відмінності міцності розчинів з різним заповнювачем не виявлено. Найменшу міцність мають розчини на пористому заповнювачі. Це, швидше за все, пов'язано з низькою міцністю самого заповнювача.

Оскільки для ефективного виготовлення виробів крім міцнісних характеристик розчинів суттєве значення мають формувальні властивості розчинових сумішей, було досліджено вплив складу суміші на її реологічні показники. Основні технології формування виробів архітектурного декору також вимагають специфічних реологічних властивостей розчинових сумішей. Крім термінів тужавлення в'язучої речовини істотну роль для ефективного формування виробів відіграє зміна рухливості суміші.

При виготовленні елементів архітектурного декору та садово-паркової архітектури найбільш часто використовуються такі технології формування: метод відливання у форми, метод протягування і метод виточування. Всі ці технології вимагають різних реологічних властивостей розчинової суміші. Зрозуміло, що на самі реологічні властивості і на їхню зміну суттєво будуть впливати, за умови фактичних властивостей в'язучої речовини, вид і кількість заповнювача і, при необхідності, пластифікуючі добавки.

Дослідження проводилися на розчинових сумішах з використанням вищенаведених заповнювачів.

Аналіз отриманих результатів показує, що у випадку використання в якості заповнювача піску перлітового спученого при підвищенні його вмісту технологічні характеристики суміші істотно змінюються в порівнянні з вихідними характеристиками в'язучої речовини. Зміна характеристик розчинових сумішей починаються при співвідношенні, що перевищує 1:1 за об'ємом. Експериментально встановлено (рис. 9в), що у розчинової суміші на цьому заповнювачі знижується рухливість через 3-4 хв після замішування, і зниження зазначених показників посилюється при підвищенні вмісту заповнювача. При цьому, за часом початок тужавлення вихідної в'язучої речовини ще не відбувається. Після закінчення зазначеного часу неможливо відлити виріб без докладання додаткових зусиль на ущільнення. Підвищення кількості заповнювача обумовлює значне збільшення В/Т відношення, що негативно впливає на міцність

розчину. Крім цього, збільшення В/Т призводить до розшарування суміші - легкий заповнювач починає спливати і це розшарування посилюється струшуванням або вібрацією, необхідними для формування виробу. Аналіз процесів при виготовленні розчинової суміші і формуванні виробів методом відливки показали, що при співвідношенні вище 1:1 виникає необхідність введення до складу пластифікуючих добавок. Однак такі реологічні властивості розчинової суміші дозволять ефективно виготовляти вироби методом протягування і виточування за умови, що суміш буде мати достатню когезію для даного виду виробів, адже високий вміст заповнювача її знижує. Також зазначено, що при використанні піску перлітового спученого життєздатність розчинової суміші на 3-4 хв менше, ніж час кінця тужавлення вихідної в'язучої речовини.

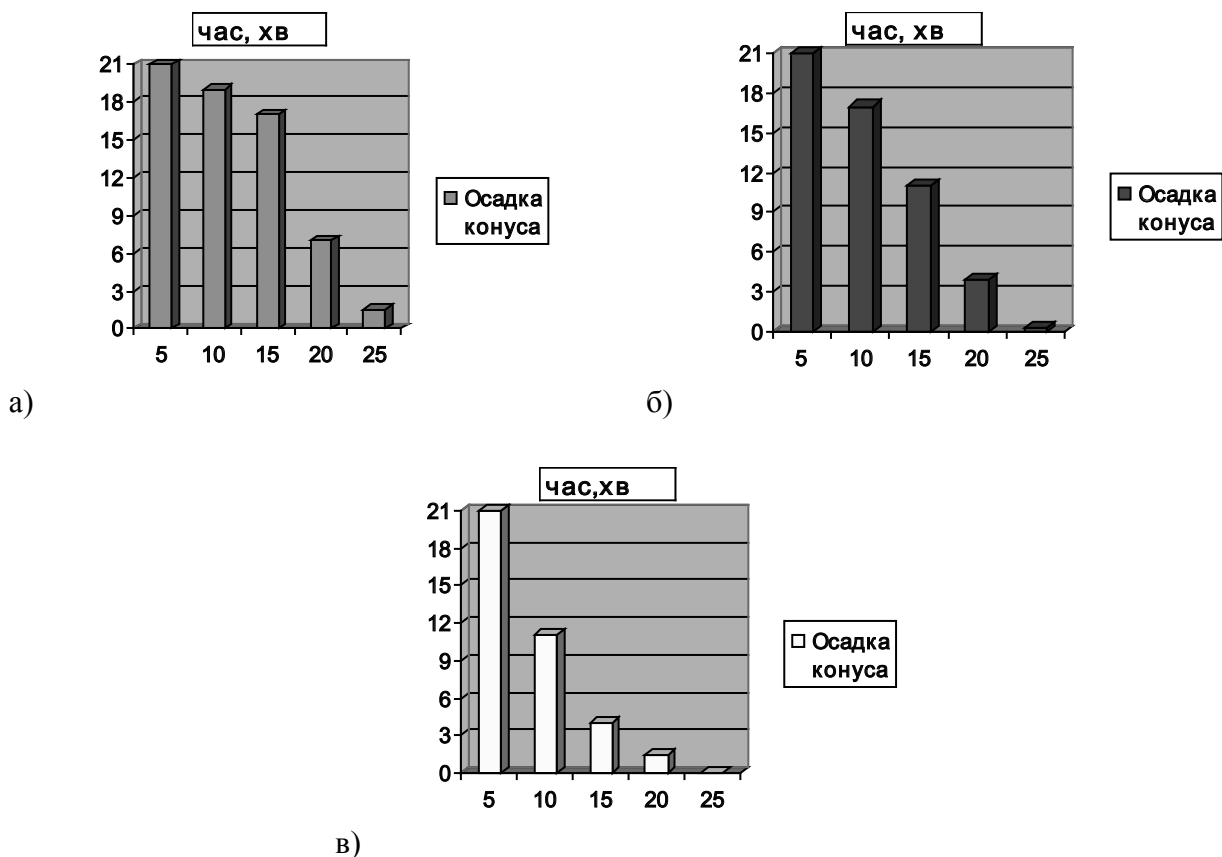


Рисунок 9 – Вплив виду заповнювача на зміну рухомості розчинової суміші:
а) кварцовий пісок; б) вапняковий пісок; в) пісок перлітовий спучений.

Аналіз даних, отриманих при дослідженні впливу щільного заповнювача (пісок кварцовий і з вапняку) (рис. 9 а, б) на реологічні властивості розчинових сумішей показав, що необхідна для відливання виробів рухливість суміші зберігається до початку тужавлення вихідної в'язучої речовини. Таке положення має місце при співвідношенні «в'язуче : заповнювач» до 1:2. Збільшення кількості заповнювача призводить до зниження рухливості при нормальному В/Т (водопотреба в'язучого + вода для змочування заповнювача) і осідання заповнювача при підвищенні В/Т. Життєздатність сумішей на щільному заповнювачі відповідає часу кінця тужавлення вихідної в'язучої речовини. Однак формування методом відливання можливо до часу початку тужавлення вихідної в'язучої речовини

Таким чином, використання щільного заповнювача доцільно переважно для виготовлення виробів методом відливки негабаритних виробів при співвідношенні в'язуче : заповнювач 1:2 - 1:3. Формування виробів методом протягування і виточування з таких сумішей можливо, але

займає більше часу, ніж у випадку використання сумішей з легким заповнювачем. Це відбувається внаслідок різного темпу зниження рухливості і різної середньої густини суміші. Для підвищення кількості заповнювача і при виготовленні великогабаритних виробів, або тих, які мають складний рельєф лицьової поверхні, необхідно додатково вводити до складу пластифікуючі добавки. Отримані результати узгоджуються і підтверджують дані досліджень попередників [4].

Дослідження зміни показників пластичності тіста з модифікованої композиційної гіпсовміщуючої в'язучої речовини (рис. 10), свідчить, що при введенні до складу суміші суперпластифікатора її характер змінюється. При цьому простежується нерівномірність у темпі зниження пластичності. В'язуча речовина, що не містить в своєму складі суперпластифікатора, характеризується рівномірним зниженням пластичності (крива А). Приблизно через 90% часу від початку тужавлення спостерігається уповільнення кінетики зниження пластичності тіста в'язучого, проте в такому стані матеріал вже є непридатним для формування виробів.

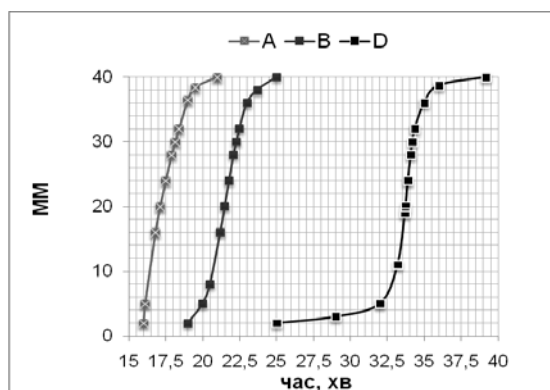


Рисунок 10 - Вплив суперпластифікатора на зміну пластичності і часу тужавлення модифікованої композиційної гіпсовміщуючої в'язучої речовини:
 А - без суперпластифікатора; В - вміст суперпластифікатора 0,2%;
 Д - вміст суперпластифікатора 0,5%

Дослідження впливу суперпластифікатора на кінетику зниження пластичності показало, що в ранні терміни після початку тужавлення пластичність суміші практично не змінюється. Основне зниження рухливості суміші починається через 60-70% часу тужавлення. Такі особливості зміни пластичності виявлені при вмісті суперпластифікатора 0,2% (крива В) і зберігаються у разі підвищення його кількості в складі в'язучого до 0,7% (крива Д). Подальше підвищення кількості суперпластифікатора не знайшло технологічного та економічного обґрунтування.

Застосування суперпластифікаторів у складі модифікованої композиційної гіпсовміщуючої в'язучої речовини призводить до збільшення інтервалу часу між початком і кінцем тужавлення.

Важливою особливістю використання суперпластифікатора є виникнення явища тиксотропного розрідження, якого можна досягти з моменту замішування і до 90% часу тужавлення як за рахунок докладання струшуючого зусилля і впливу вібрації, так і за рахунок продовження часу перемішування. Також за рахунок тиксотропії можливо подовження на 15-20% часу використання суміші. У суміші, в складі якої відсутній суперпластифікатор, таких особливостей не виявлено.

Такі результати добре узгоджуються з даними досліджень зміни рухливості розчинових сумішей, виготовлених із застосуванням як пористого, так і щільних заповнювачів (рис. 11).

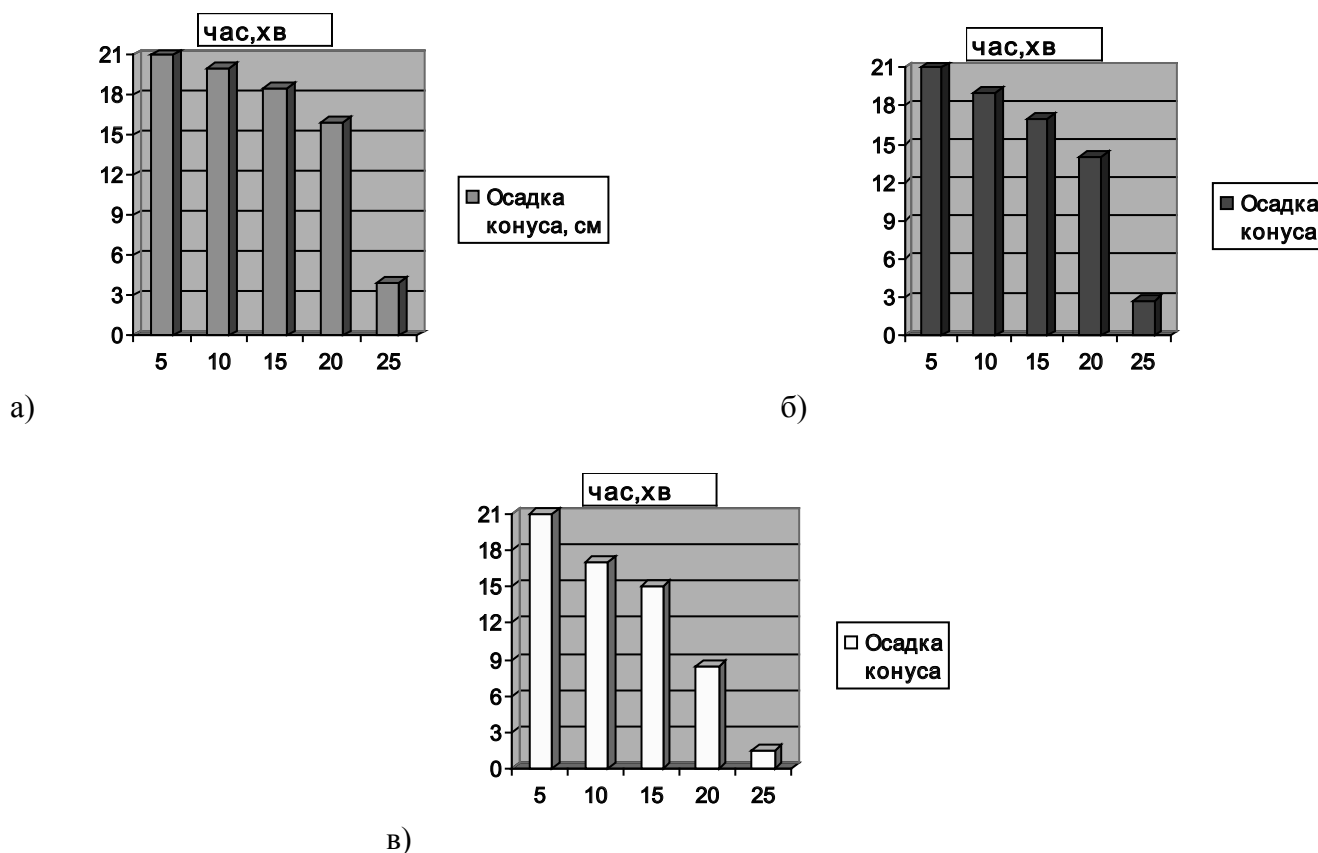


Рисунок 11 – Вплив суперпластифікатора на зміну рухомості розчинової суміші в залежності від виду заповнювача: а) кварцовий пісок; б) вапняковий пісок; в) пісок перлітовий спучений

При експериментальному виготовленні виробів з розчинових сумішей, що містять суперпластифікатор, виявлено наступні особливості в формуванні. Вироби, відформовані методом відливання, мають більш високу чистоту лицьової поверхні, до того ж вона має велику твердість. Розчинова суміш повністю заповнює дрібні елементи форми, при цьому знижуються витрати зусиль на її укладання (залежно від складності рельєфу форми виключається струшування або вібрування виробу чи значно знижується тривалість її проведення). Таким чином, розчинова суміш, модифікована суперпластифікатором, є більш технологічною при формуванні виробів методом відливання.

При формуванні виробів методом протягування або виточування виникає необхідність зниження В/Т тому, що внаслідок виникнення тиксотропії розчинова суміш розпливається або стікає з серцевини виробу. На відміну від методу відливання, потрібно використовувати суміш рухливістю П2 - П3. При таких умовах, під час нанесення верхнього шару розчинової суміші відбувається розрідження поверхні нижнього шару, що призводить до кращого їх зчеплення. Таким чином виходить практично моношаровий виріб, що дозволяє зробити його більш міцним і довговічним.

Такі особливості розчинової суміші дають можливість зробити висновок про те, що використання суперпластифікатора в складі суміші при виготовленні виробів, в тому числі і великогабаритних, призведе до спрощення існуючого технологічного процесу формування.

Таким чином, експериментально обґрунтовано можливість отримання модифікованої композиційної гіпсовміщуючої в'язучої речовини, яка має необхідні технологічні характеристики, що дозволяють отримувати високотехнологічні розчинові суміші для виготовлення міцних, водостійких і довговічних виробів архітектурного декору.

Обґрунтовано використання суперпластифікатора, що дає можливість підвищити якість виробів і знизити витрати на їх виготовлення.

Також встановлено можливість отримання розчинових сумішей, на основі модифікованої композиційної гіпсовміщуючої в'язучої речовини із застосуванням різних за характеристиками заповнювачів. Вид застосовуваного заповнювача дозволяє отримати матеріал з необхідною міцністю і середню густиною, що дає можливість виготовляти більш ефективні вироби. Відзначено, що кварцовий пісок негативно впливає на білий колір матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Червенко Є.М., Гасан Ю.Г. Композиційна гіпсовмісна в'язуча речовина. Патент України №511449, опубліковано 12.07.2010. - Бюл.№13/2010.
2. Гипсоцементнопуццолановое вяжущее. Технические условия. ТУ 21-31-62-89.
3. Плугин А.Н., Плугин А.А., Гасан Ю.Г., Червенко Е.Н. Развитие представлений о структуре гипсового камня. Збірник Будівельні матеріали вироби та санітарна техніка, 2012. - Вип. 43. - С. 21-29.
4. Волженский А.В., Стамбулко В.И., Ферронская А.В. - Гипсоцементнопуццолановые вяжущие, бетоны и изделия. Стройиздат 1971 - 318 с.