

## ДОСЛІДЖЕННЯ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ РІЗНИХ УМОВ ТВЕРДНЕННЯ

© Терлига В.С., Соболев Х.С., Михайловський М.В., 2010

**Встановлено вплив добавок-прискорювачів на властивості сухих будівельних сумішей та їх компактність з іншими добавками. Досліджено швидкість набору міцності розчину за різних умов тверднення.**

**Ключові слова:** сухі будівельні суміші, редиспергувальний порошок, ефір целюлози, прискорювачі тверднення.

**Influence of acceleration additives on the behavior of dry building mixtures and their compatibility with other additives was determined. The speed with what mortar gains the strength in different conditions of hardening was investigated.**

**Keywords:** dry building mixtures, redispersible powder, cellulose ester, hardening accelerators.

**Постановка проблеми.** Під час проведення будівельних робіт, все більше застосовуються сухі будівельні суміші, які мають низку переваг порівняно з традиційними будівельними розчинами. Сухі будівельні суміші (СБС) прийнято поділяти на п'ять категорій: суміші для закріплення матеріалів (клеї), штукатурки, шпаклівки, суміші для влаштування підлог та суміші для виконання кладки.

Важливою характеристикою для СБС є водоутримувальна здатність. Використання ефіру целюлози дає змогу покращати цей показник до значення 99,9 %. Разом з тим використання ефіру целюлози веде до сповільнення гідратації в'язучого. Це призводить до низької ранньої міцності розчину, тому потрібно знайти оптимальний вміст цієї добавки у сухій суміші.

Розширення температурного діапазону проведення будівельних робіт вимагає розроблення складів СБС, які здатні працювати за понижених температур. За температури тверднення +5 °С гідратація цементу сповільнюється у 4 рази, а за температури 0 °С – майже припиняється. Тому за знижених температур доцільно вводити добавки, які пришвидшують набір міцності розчину.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Клеї для керамічної плитки є наймасовішою продукцією заводів сухих сумішей. Розчинові суміші такого призначення користуються найбільшим попитом серед будівельників. Клеючі розчини для закріплення личкувальної плитки або природного каменю являють собою суміш портландцементу та фракціонованого піску, переважно з двома основними добавками: водоутримувальним ефіром целюлози (ЕЦ) або крохмалю та редиспергованим полімерним порошком (РПП) [1]. Ці добавки покращують як властивості розчинової суміші, так і властивості затверділого розчину.

Основними показниками розчинової суміші є час коригування та відкритий час. Час коригування визначає той максимальний проміжок часу після вклядання плитки на клеючу суміш, протягом якого можна коригувати її положення без подальшої втрати міцності зчеплення плитки з основою. Відкритий час (час утворення кірки) – період, протягом якого на поверхні розчинової суміші, нанесеної на основу, не утворюється кірка, яка потім запобігає можливості проводити роботи з вклядання плитки [2]. Введення ефіру целюлози у суміш дає змогу збільшити час, що приводить до підвищення продуктивності праці. Редиспергувальний полімерний порошок покращує адгезію розчину – міцність зчеплення під час відривання, що є характеристикою міцності зчеплення конструкції "плитка – клеюча суміш – основа".

Введення добавок-прискорювачів у таку систему дає змогу знизити температуру плівкоутворення цементу і приводить до інтенсифікації набору ранньої міцності розчину [3].

Механізм дії прискорювальних добавок-електролітів на портландцементні системи доволі глибоко досліджений і описаний в літературі. Однак для таких складних композицій, як СБС, питання компактності хімічних добавок різної дії, які вводяться у модифіковані розчини, не вивчено. Тому застосування добавок прискорювачів тверднення у поєднанні з водоутримувальними добавками і редиспергувальними порошками вимагає додаткових досліджень з метою вибору їхнього оптимального дозування і зниження негативного впливу на міцність цементного каменю.

**Мета роботи** – дослідити вплив добавок ефіру целюлози та редиспергувального порошку на властивості сухих будівельних сумішей та їх взаємодію з прискорювачами тверднення.

**Методи досліджень і матеріали.** У роботі були використані такі матеріали: портландцемент ПЦ І-500 виробництва ВАТ «Миколаївцемент», кварцовий пісок Бібрецького родовища, вапнякова мука виробництва ВАТ «Гіпсовик», ефір целюлози, редиспергувальний порошок та прискорювачі тверднення ( $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , форміат кальцію). Редисперговані полімерні порошки (РПП) – полімери, які отримують емульсійною полімеризацією або сополімеризацією полімерів у дисперсійному стані; після подальшого розпилювання і висушування вони здатні утворювати у воді дисперсію; за зневоднення в процесі тверднення розчину такі речовини виявляють в'язучі властивості. Ефіри целюлози – похідні целюлози, які можна описати загальною формулою  $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_{3-x}(\text{OR})_x]_n$ , де  $n$  – ступінь полімеризації,  $x$  – число груп  $\text{OH}$ , заміщених в одній ланці макромолекули целюлози (ступінь заміщення, або етерифікації);  $\text{R}$  –  $\text{CH}_3$  – метил, –  $\text{C}_2\text{H}_5$  – етил, –  $\text{C}_3\text{H}_7$  – пропил-групи.

Хлористий кальцій – це білий порошок сірувато-жовтого відтінку з розміром частинок 1–2 мм. Ця добавка часто застосовується у бетонах під час зимового бетонування. Негативно дією хлористого кальцію є корозія арматури в залізобетонних конструкціях [4]. Поташ ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) за ГОСТ 10690-73 "Калій вуглекислий технічний" є кристалічним порошком, добре розчинним у воді. Температура замерзання насиченого розчину становить  $-36,5$  °С. Поташ інтенсифікує процес раннього структуроутворення цементного каменю. До недоліків поташу належать зниження морозостійкості розчину та виникнення внутрішніх напруг, що призводить до появи мікро- і макротріщин. Карбонат літію – білий тонкодисперсний порошок без запаху; використовується для бетонних і розчинових сумішей на основі високоалюмінатного цементу. Форміат кальцію підвищує міцність розчину у ранньому віці. Форміат кальцію порівняно з  $\text{CaCl}_2$  в цементі збільшує вміст еtringіту [5], проте знижує кількість гідросилікатів, що утворюються.

Водоутримувальну здатність розчинової суміші та границю міцності за стиску визначали за ГОСТ 5802, терміни тужавіння – за ГОСТ 310.3, адгезію визначали за ГОСТ 28574-90.

**Результати досліджень.** Однією з найважливіших характеристик модифікованих розчинових сумішей є їх водоутримувальна здатність. Під час введення ефіру целюлози відтягуються терміни тужавіння портландцементу. Якщо для стандартного портландцементу ПЦ І-500 початок тужавіння знаходиться в межах 100 – 150 хв, то добавка ефіру целюлози збільшує цей показник у 3 – 4 рази. Як бачимо з рис. 1, під час введення ефіру целюлози в кількості 0,2 % від маси суміші – початок тужавіння становить 5 год 21 хв, а кінець – 7 год 10 хв. Збільшення вмісту целюлози на 0,1 % призводить до відтягування термінів тужавіння більше ніж на 1 годину. Під час введення до складу суміші добавки-прискорювача тверднення  $\text{CaCl}_2$  терміни тужавіння помітно скорочуються порівняно з бездобавочним складом. Початок тужавіння зменшується більш ніж на годину і становить 5 год 15 хв, а кінець тужавіння зменшується на 2 години і становить 6 год 35 хв. Також слід зауважити, що введення добавки-прискорювача скорочує як терміни тужавіння, так і сам проміжок часу між його початком і кінцем.

Вивчення впливу ефіру целюлози на міцність розчину за стиску (рис. 2) свідчить, що водоутримувальна добавка зменшує міцність розчину. Якщо на 28 добу цей вплив є не настільки істотним, то на 1 та 2 добу, залежно від кількості ефіру целюлози, міцність зменшується у 2–3 рази.

Міцність розчину на першу добу, за додавання ефіру целюлози в кількості 0,4 % становить 1,9 МПа, а за введення ефіру целюлози в кількості 0,2 % – границя міцності за стиску збільшується і становить 5,1 МПа. Додавання хлористого кальцію пришвидшує тверднення портландцементу переважно за рахунок зміни швидкості гідратації аліту з утворенням підвищеної кількості портландиту та гідросилікатів кальцію.

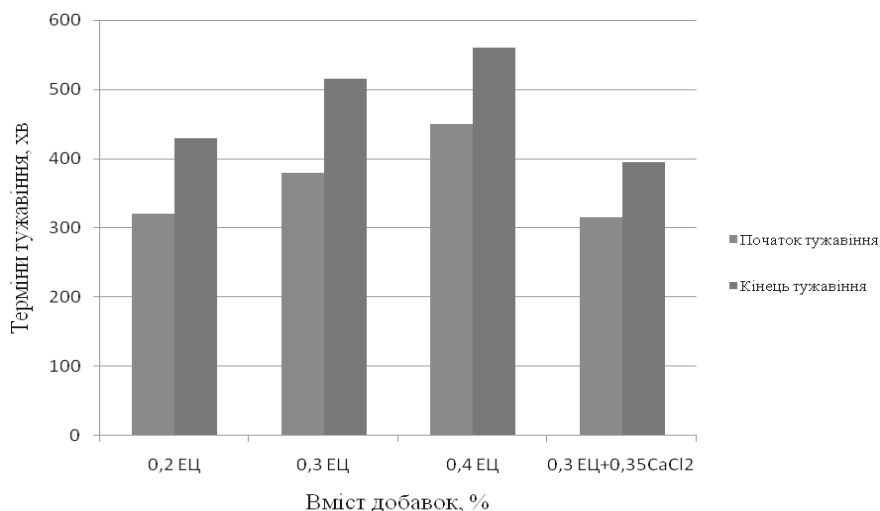


Рис. 1. Вплив ефіру целюлози на терміни тужавіння розчинової суміші

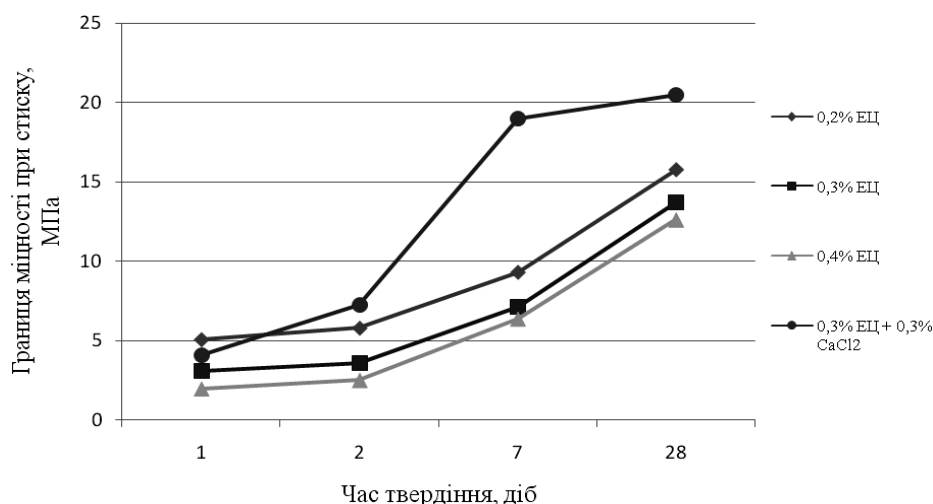


Рис. 2. Вплив ефіру целюлози на міцність розчину за стиску

Аналіз впливу ЕЦ на водоутримувальну здатність показує, що його вплив є однаковим як на звичайний портландцемент, так і на цемент, що містить прискорювальну добавку. Ефект дії водоутримувальної добавки в присутності добавок-електролітів пояснюється збільшенням в'язкості водної фази та ізолювальним ефектом завдяки набухання метилцелюлози в капілярах.

Для визначення впливу умов тверднення на властивості клейового розчину було проведено випробування розроблених складів сухих будівельних сумішей (таблиця) на адгезію та границю міцності за стиску. Частина зразків зберігалася за температури  $+20\pm 2$  °C, а інші – за  $t=+5$  °C. З метою інтенсифікації процесів тверднення клейових розчинів були використані добавки-прискорювачі різних видів. Для визначення границі міцності за стиску використовувались стандартні зразки-балочки розміром 4x4x16 см. Введення традиційних добавок-прискорювачів фактично не збільшує міцності на першу добу за нормальних умов тверднення (рис. 3). Лише добавка хлористого кальцію сприяє зростанню на 25 % міцності розчину у ранній період. Вже на другу добу міцність розчинів з добавками-модифікаторами збільшується у 2 рази. Міцність усіх складів

розчинів становить 7 – 8 МПа. Прискорення набору міцності спостерігається до сьомої доби, де найкращий результат показує добавка  $\text{CaCl}_2$ . Після сьомої доби склади з добавкою-прискорювачем повільніше набирають міцність порівняно з бездобавочним складом.

### Склади сухих будівельних сумішей

№	Вміст компонентів, %					
	Портландцемент	Пісок	Вапняк	Ефір целюлози	Редисп. порошок	Добавка-прискорювач
1	35	50	15	0,3	0,5	-
2	35	50	15	0,3	0,5	0,85 формиат Са
3	35	50	15	0,3	0,5	0,35 $\text{K}_2\text{CO}_3$
4	35	50	15	0,3	0,5	0,35 $\text{Li}_2\text{CO}_3$
5	35	50	15	0,3	0,5	0,35 $\text{CaCl}_2$

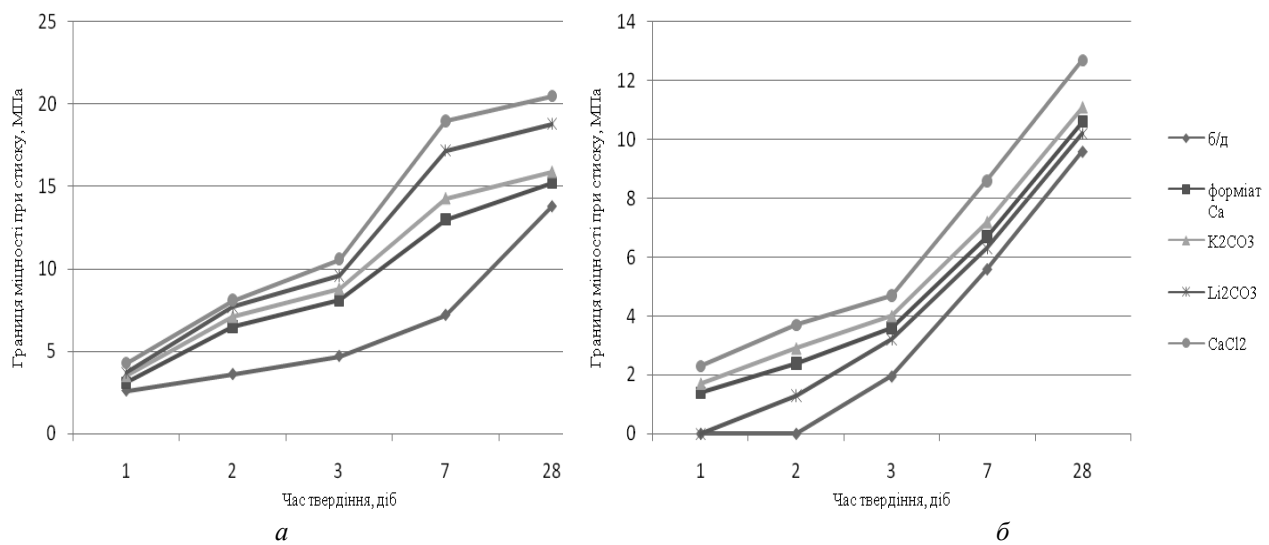


Рис. 3. Вплив прискорювачів тверднення на границю міцності за стиску за температур тверднення: а –  $+20 \pm 2^\circ\text{C}$ ; б –  $+5^\circ\text{C}$

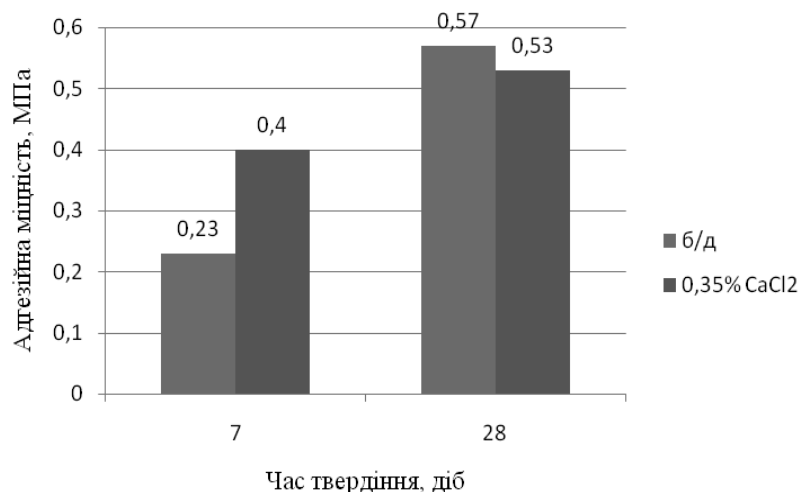


Рис. 4. Вплив хлористого кальцію на адгезійну міцність за температури тверднення  $+5^\circ\text{C}$

Порівняння графіків набору міцності зразків (рис. 3, а, б) показує, що за знижених температур розчини значно повільніше набирають міцність порівняно з розчинами, які тверднуть за

нормальних умов. Взаємодія добавок-електролітів з мінералами портландцементу дає змогу пришвидшити процес тверднення і вже на першу добу міцність розчинів становить близько 2 МПа. На 28 добу міцність розчинів, які тверднули за нормальних умов, на 20–30 % більша за міцність розчинів, які тверднули за знижених температур. Найкращі результати в обох випадках показує хлористий кальцій. Також потрібно зауважити, що карбонат літію не ефективно застосовувати за знижених температур, тому що він повільно набирає міцність у ранні терміни.

Адгезія є важливим показником для клейових сумішей, тому були проведені випробування щодо впливу хлористого кальцію на міцність зчеплення розчину з основою.

У разі зберігання зразків за понижених температур на 2 добу розчин ще не набирає міцності, але вже на сьому добу введення хлористого кальцію збільшує адгезію майже на 100 % (рис. 4). Щоправда на 28 добу адгезія складу з добавкою  $\text{CaCl}_2$  є дещо меншою порівняно з бездобавочним складом.

Отже, інтенсифікуюча дія  $\text{CaCl}_2$  на тверднення портландцементу пояснюється не лише зміною швидкості гідратації основного клінкерного мінералу аліту, але і здатністю до взаємодії з гідратними утвореннями, що призводить до зміни міцності цементного каменю, морфології кристалічних фаз та порової структури.

**Висновки.** Досліджено вплив технологічних водоутримувальних добавок та редиспергованих полімерних порошоків і показано їх сумісність з добавками-прискорювачами тверднення в складі сухих будівельних сумішей. Встановлено, що введення комплексних хімічних добавок у модифіковані будівельні розчини не тільки забезпечує пролонгований режим водовикористання, не порушуючи процесу раннього структуроутворення, а й дає змогу одержати швидкотверднуче в'язуче для сухих будівельних сумішей.

Використання оптимальної кількості добавок-прискорювачів тверднення дає змогу одержати високотехнологічні СБС, що тверднуть у широкому діапазоні температур: від +20 до +5 °С.

1. Рунова Р.Ф., Носовський Ю.Л. *Технологія модифікованих будівельних розчинів: Підручник.* – КНУБіА, 2007. – 256 с. 2. Безбородов В.А., Белан В.И., Мешков П.И. и др. *Сухие смеси в современном строительстве.* – Новосибирск, 1998. – 95 с. 3. Collepardi M., Rossi G. and Spiga M.C. *Hydration of Tricalcium Silicate in the Presence of Electrolytes. Annali Di Chimica, 61: 137–148 (1971).* 4. Bensted J. *Early Hydration Behaviour of Portland Cement in Water, Calcium Chloride and Calcium Formate Solutions, Silic. Ind. 45 67–69 (1980).* 5. Tamas F.D. *Acceleration and Retardation of Portland Cement Hydration by Additive, Symp. Structure of Portland Cement Paste and Concrete, Highway Res. Board, SR-90, 392–397 (1966).*