

ФОРМУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНОГО РОЗЧИНУ НА ОСНОВІ ЛУЖНОГО ЦЕМЕНТУ ДЛЯ ВЛАШТУВАННЯ ПІДЛОГ

Рунова Р.Ф., д.т.н., професор,
Руденко І.І., к.т.н., с.н.с.,
Омельчук В.В.

*Київський національний університет будівництва і архітектури
Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського*

Abstract. In this paper were identified the regularities in formation of physical and mechanical properties of dry mixes based on alkaline cement depending on content of the main components, using Na-СМС type cellulose ether as water-retaining admixture and were determined optimal ratio of components for design recipes for self-levelling floors.

Вступ. Сучасний етап розробки ефективних і разом з цим ресурсоощадних будівельних матеріалів та вдосконалення технологій їх виготовлення впевнено розвивається в напрямку викриття ефективних шляхів утилізації супутніх продуктів виробництва і зменшення викидів в атмосферу вуглекислого газу. Такі тенденції передбачають, перш за все, поширення та впровадження в'язучих речовин альтернативних до портландцементу.

Однією з перспективних альтернатив портландцементу є лужні цементы (ЛЦ), пріоритет в розробці яких належить професору В.Д. Глуховському [1, 2] і його науковій школі [3-5]. Такі цементы, вміщуючи в своєму складі до 100 % супутніх продуктів паливно-енергетичного комплексу та металургійної промисловості (шлаки та золи), характеризуються економічністю, а розширення їх впровадження сприяє вирішенню питання збереження довкілля. Окрім цього, лужні цементы, завдячуючи особливостям продуктів гідратації, мають і відомі переваги над традиційними клінкерними цементами, в т.ч. висока міцність і її прискорений набір, підвищена корозійна, морозо-, жаростійкість, які підлягають регулюванню в певних межах за рахунок направленої вибору різноманітних вихідних матеріалів та співвідношень між ними [6, 7].

З широкої номенклатури цементних матеріалів – від конструкційних до оздоблювальних, сухі будівельні суміші модифіковані (СБСМ) виглядають як найбільш перспективні для використання в їх рецептурі лужних цементів. Це пояснюється технологічними особливостями виробництва сухих сумішей, у складі яких рецептура лужного цементу будь якого типу може бути реалізована безпосереднім дозуванням складових цементу (алюмосилікатних і лужних) разом з іншими компонентами сумішей (наповнювачі, заповнювачі і хімічні добавки), з подальшим їх змішуванням та фасуванням.

Метою даної роботи є виявлення закономірностей формування фізико-механічних властивостей будівельних розчинів на основі лужного цементу при оптимізації рецептури СБСМ для влаштування самовирівнюючих підлог.

Цементуюча композиція була представлена шлаколуужним цементом (тип ЛЦЕМ І) у відповідності до національного стандарту України ДСТУ Б В.2.7-181:2009 «Цементы лужні. Технічні умови»:

- в якості алюмосилікатного компоненту використано гранульований доменний шлак виробництва ПАТ «ММК ім. Ілліча» (м. Маріуполь, Україна), який відповідав вимогам ДСТУ Б В.2.7-261:2011 (модуль основності $M_0=1,18$, питома поверхня $450 \text{ м}^2/\text{кг}$ за приладом Блейна);

- в якості лужних складових цементу використовували: кальциновану соду (Na_2CO_3) та метасилікат натрію ($\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2\cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

Для прискорення процесів структуроутворення та тверднення розчинів використовували портландцемент (ПЦ) типу ПЦ І-500 Н виробництва ПАТ «Волинь-Цемент» компанії

Dyserkhoff AG, що відповідав вимогам ДСТУ Б В.2.7-46:2010. В якості наповнювача та активної мінеральної добавки – золу-винесення Ладижинської ТЕС згідно з ДСТУ Б В.2.7-205:2009 та в якості дрібного заповнювача – кварцовий пісок річковий дніпровський згідно з ДСТУ Б В.2.7-32-95 (модуль крупності $M_k=1,2$; фракція 0-0,63 мм). Водотримуюча добавка була представлена водорозчинним простим ефіром целюлози марки Gabrosa HV типу Na-КМЦ з в'язкістю її розчину 3800 мПа·с.

Фізико-механічні випробування сухих сумішей, розчинових сумішей та розчинів на їх основі здійснено за методиками національного стандарту України ДСТУ Б В.2.7-126:2011 «Суміші будівельні сухі модифіковані». Оптимізацію рецептур проводили за допомогою методів математичного планування експерименту, розрахунки яких здійснювалися в програмному середовищі «Statistica».

Проектування СБСМ для наливних підлог передбачає забезпечення, окрім необхідних регламентованих значень механічних властивостей будівельних розчинів, необхідність отримання високопластичної (литої) консистенції розчинової суміші з високою водоутримувальною здатністю при відсутності седиментації.

Раніше проведені дослідження [8] показали, що застосування в сумішах на основі лужних цементів водотримуючих добавок на основі ефірів целюлози мають свої відмінності від традиційних портландцементних систем, а забезпечення водоутримання на регламентованому рівні та відсутності явища седиментації досягається використанням обраної добавки ефіру целюлози. Однак, досягнення регламентованих значень розтічності (на рівні 20 см) є можливим лише за умови підвищених значень В/Т. Це, як показано на рис. 1, призводить до зниження міцності розчину навіть при умові збільшення витрати лужного компонента та збереженні його розрахункової густини на заданому рівні.

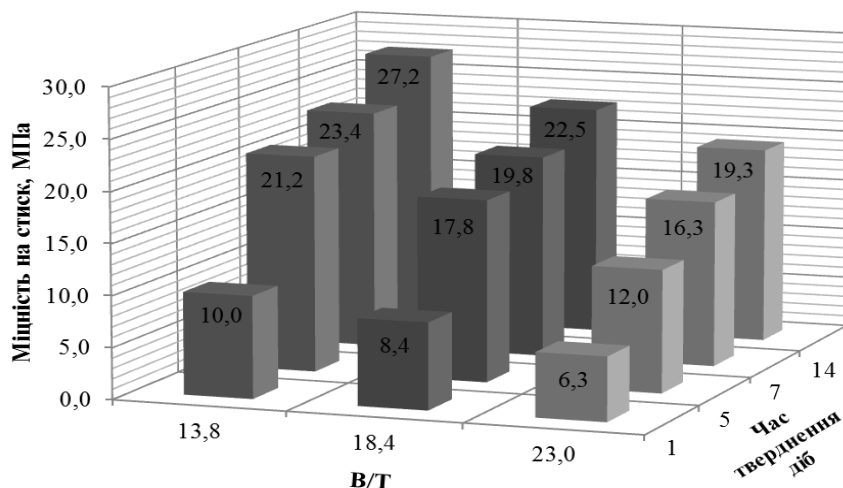


Рис.1. Зміна міцності при стиску будівельних розчинів в залежності від В/Т та витрати метасилікату натрію (густина розчину метасилікату натрію в перерахунку – 1144,3 кг/м³)

Як відомо [9, 10], покращити механічні властивості матеріалів на основі лужних цементів можливо шляхом введення добавки портландцементу (ПЦ), що прискорює тверднення та набір міцності шлаколужного цементу, але при цьому доцільний вміст цієї добавки має обмеження. Для оптимізації вмісту добавки ПЦ в СБСМ для литих розчинових сумішей проведено дослідження зміни їх розтічності та кінетики набору міцності відповідних будівельних розчинів (рис. 2 та рис. 3).

Отримані результати свідчать про те, що підвищення вмісту добавки ПЦ до 10 мас. % поступово знижує розтічність розчинових сумішей від 23 до 18 см. При цьому, розчини без цієї добавки не тверднуть на першу добу. Підвищення вмісту ПЦ (до 5 - 10 мас. %) призводить до зниження міцності при стиску будівельних розчинів упродовж усього дослідженого періоду тверднення, що пов'язано з наявністю гіпсового каменю у складі портландцементу. Оптимальним для досягнення найбільшої міцності штучного каменю є вміст портландцементу в складі СБСМ на рівні 2,5 мас. %. При цьому такі розчини

характеризуються покращеною кінетикою набору міцності: міцність при стиску на 1 добу тверднення - 10 МПа, на 14 добу тверднення - 31,4 МПа.

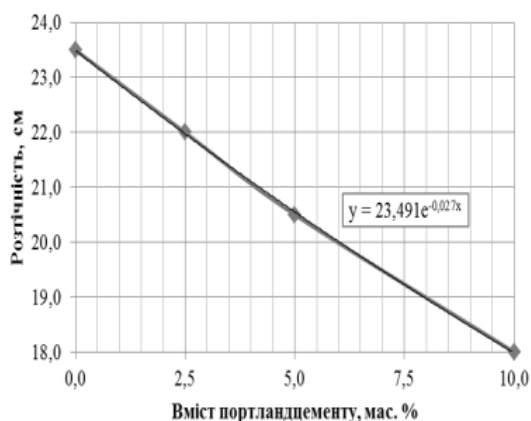


Рис. 2. Зміна розтічності розчинових сумішей в залежності від вмісту добавки ПЦ

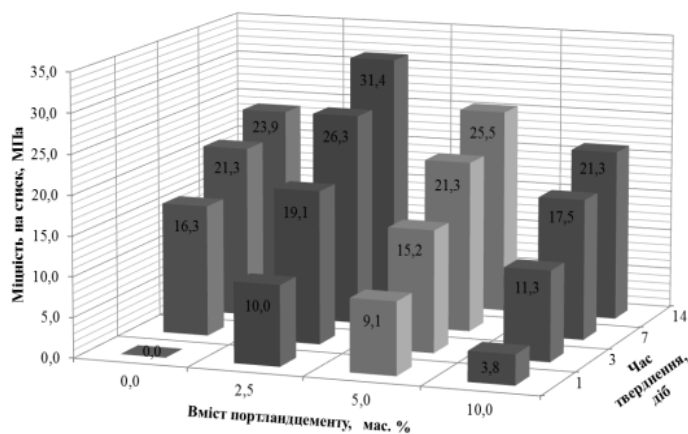


Рис. 3. Кінетика набору міцності будівельних розчинів в залежності від вмісту добавки ПЦ

Для оптимізації співвідношення лужних компонентів системи «сода кальцинована - метасилікат натрію» було побудовано 2-х факторний план експериментів. Як фактори варіювання були прийняті: сода кальцинована (X) та метасилікат натрію (Y). При В/Т = 23 вміст інших складових СБСМ був постійний: шлак - 30 мас. %, пісок - 50 мас. %, зола-винесення - 20 мас. %, ПЦ - 2,5 мас. %, добавка - 0,1 мас. %. Результати фізико-механічних випробувань сумішей та розчинів відповідних складів показано на поверхнях відгуку (рис. 4).

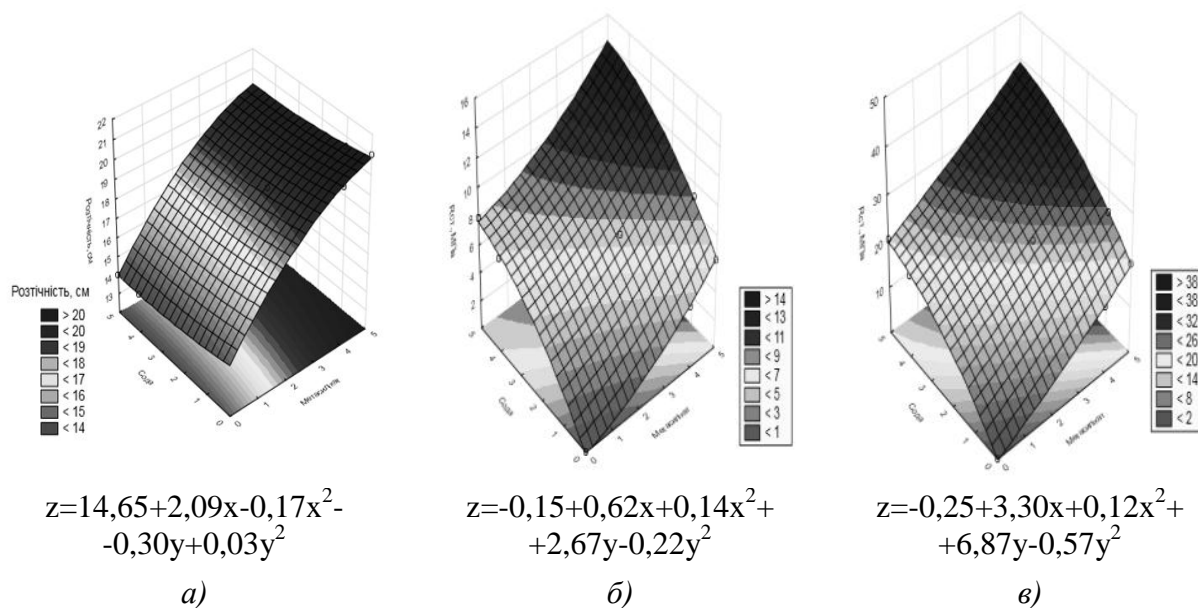


Рис.4. Поверхні відгуку зміни розтічності розчинових сумішей (а) та набору міцності при стиску розчинів в залежності від вмісту лужних компонентів і їх співвідношення на 1 добу (б) і 14 добу (в) тверднення

Як видно з отриманих результатів (рис. 4), лужний компонент у вигляді метасилікату натрію має виражену пластифікуючу дію. Так, збільшення його вмісту від 0 до 5 мас. % підвищує розтічність з 14,5 до 21 см. Додавання кальцинованої соди при наявності в системі метасилікату натрію зменшує розтічність розчинової суміші (в середньому на 5 мм).

Найменшою розтічністю і найбільшою міцністю характеризуються розчини при використанні лише кальцинованої соди в якості лужного компонента. Так, при вмісті 5 мас. %

кальцинованої соди розтічність розчинової суміші становить 14 см, а міцність при стиску розчинів знаходиться на рівні 8 МПа на 1 добу тверднення та 20 МПа на 14 добу. Для порівняння, при використанні 5 мас. % метасилікату натрію розтічність становить 21 см, а міцність - 6,3 та 19,3 МПа, відповідно. Тому, з метою досягнення максимальної міцності розчинів при збереженні регламентованої консистенції розчинових сумішей оптимальним є використання суміші лужних компонентів з переважним вмістом метасилікату натрію в системі: вміст кальцинованої соди – від 1 до 2 мас.%, метасилікату натрію – від 3 до 5 мас. %. Розчини на основі таких СБСМ характеризуються міцністю при стиску від 7,5 до 9,5 МПа на 1 добу тверднення та від 22,5 до 25,5 на 14 добу тверднення.

Рецептурні рішення литих композицій характеризуються досить високим вмістом води (В/Т = 23) та, як наслідок, підвищеним вмістом лужних компонентів, що може призводити до погіршення деформативних характеристик будівельних розчинів. Отримані дані щодо деформації усадки розчинів відповідних рецептур (табл. 1) при твердненні у повітряно-сухих умовах ($t = 20 \pm 2$ °С, $W = 45-50$ %) наведено на рис. 5.

Таблиця 1 – Склади СБСМ

№	Шлак, мас. %	Пісок, мас. %	Зола, мас. %	ПЦ, мас. %	Метасилікат натрію, мас. %	Сода кальцинована, мас. %	Gabrosa HV, мас. %	В/Т
1	30	50	20	5,0	5,0	1,0	0,1	23
2	50	45	5					23
3	30	50	20					2,5

Як видно з отриманих результатів (рис. 5), розчини характеризуються певними деформаціями усадки при їх твердненні у повітряно-сухих умовах, які між тим досить різняться залежно від складу. Зменшення вмісту шлакової складової в СБСМ (склади 1, 2) призводить до покращення деформативних характеристик розчину. Збільшення вмісту добавки портландцементу (від 2,5 до 5 мас. %) дає змогу зменшити усадку розчинів майже на 1 мм/м (склади 1, 3), а оптимізована рецептура СБСМ (склад 1) характеризується значеннями деформації усадки на 28 добу тверднення на рівні, що не перевищує регламентоване стандартом ДСТУ Б В.2.7-126:2011 значення 1 мм/м.

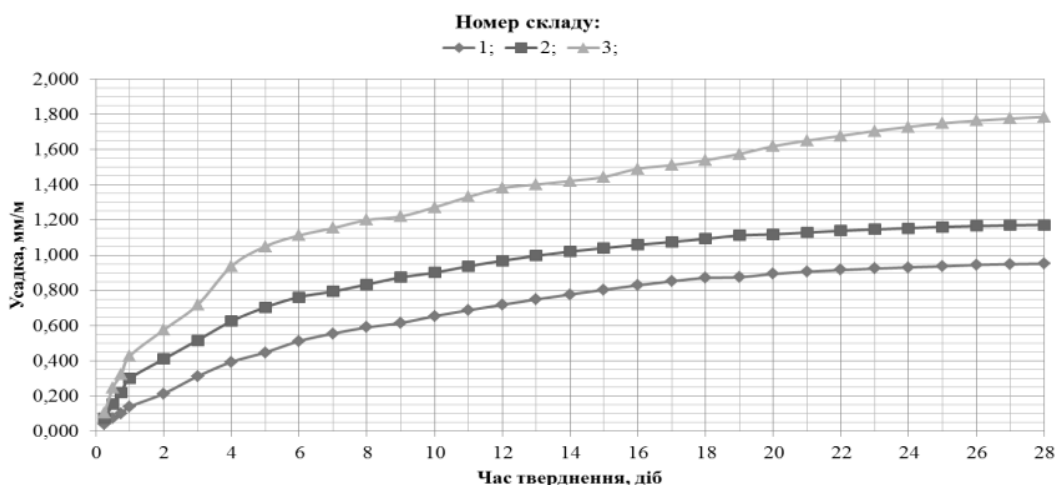


Рис.5. Деформації усадки будівельних розчинів (склади за табл. 1)

Висновки. В результаті досліджень, отримані базові рецептурні рішення СБСМ литих композицій, які характеризуються високою технологічністю та розтічністю, швидкою

кінетикою набору міцності та значеннями деформації усадки до 1 мм/м. Такі розчини мають міцність при стиску до 11 МПа на 1-шу добу тверднення та можуть сягати більш ніж 30 МПа на 14-ту добу у повітряно-сухих умовах.

Підвищені значення В/Т, навіть при збереженні однакових значень розрахункової густини лужного компонента призводить до зниження міцності штучного каменю упродовж усього часу тверднення, тому важливим етапом розробки таких систем є пошук хімічних речовин, які характеризуються ефективною водоредукуючою та пластифікуючою дією в розглянутих лужних системах.

Збільшення вмісту добавки портландцементу знижує розтічність розчинових сумішей, але використання його у кількості до 2,5 мас. % підвищує міцність при стиску розчинів упродовж усього часу тверднення. При цьому, оптимальна область вмісту лужних компонентів у вигляді їх суміші – кальцинованої соди від 1 до 2 мас. % та метасилікату натрію від 3 до 5 мас. %. Метасилікат натрію проявляє самостійну пластфікуючу дію та сприяє підвищенню міцності штучного каменю у пізні строки тверднення, у той час як введення кальцинової соди ефективно підвищує міцність розчинів, особливо у початковий період тверднення.

Література

1. А. с. № 448894. Вяжущее / В.Д. Глуховский. Бюллетень № 42 от 15.11.1974 г.
2. Глуховский В.Д. Грунтосиликаты / В.Д. Глуховский. - К.: Госстройиздат, 1959. – 154 с.
3. Кривенко П.В. Специальные шлакощелочные цементы / П.В. Кривенко. – К.: Будівельник, 1992. – 192 с.
4. Krivenko, P.V. Constructive properties of the concretes made with alkali-activated cements of new generation: First Intern. Conf. / P.V. Krivenko, O.N. Petropavlovskii, G.V. Vozniuk, V.I. Pushkar // *Advances of Chemically-activated Materials*. – Jinan, Shandong, China, 2010. – P. 139–146.
5. Кривенко П.В. Щелочеактивированные цементы и бетоны – будущее строительной индустрии / П.В. Кривенко, Е.К. Пушкарева, В.И. Гоц. // *Материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. “Дни современного бетона”*. – Запорожье, 2010. – С. 77-86.
6. Krivenko P.V. Alkali-activated cements, concretes and structure: 50 years of theory and practice / P.V. Krivenko. // *Proc. of the Symposium “Breakthrough innovations in non-traditional cements” Eindhoven University of Technology, Eindhoven*. – 2008. – P. 27-56.
7. Кривенко П.В. Щелочные цементы / П.В. Кривенко, Р.Ф. Рунова, М.А. Саницкий, И.И. Руденко. – Киев: Издательство «Основа», 2015. – 448 с.
8. Runova R. Features of macromolecular compounds in dry mixes based on alkaline cement / R. Runova, V. Omelchuk, I. Rudenko, A. Gergalo. // *Proc. 19. Ibausil. Internationale Baustofftagung*. – Weimar. – 2015. – Tagungsbericht – Band 2. – P.2-827 – 2-833.
9. Krivenko P. High Strength Alkali Activated Slag Cements with Controlled Setting Times and Early Strength Gain / P. Krivenko, O. Petropalovsky, V. Petranek, V.Pushkar, G.Vozniuk // *AdvancedMaterialsResearch*. . – 2015. – Vol. 1100. – P.44-49.
10. Гелевера А.Г. Быстротвердеющие и особобыстротвердеющие высокопрочные шлакощелочные вяжущие: автореф. дис. на здобуття ступеня кандидата техн. наук: спец. 05.23.05 / А.Г. Гелевера. – К, 1986. – 20 с.