



Омельчук В.В.



Рунова Р.Ф.



Руденко І.І.

**Омельчук В.В., аспірант,
Рунова Р.Ф., доктор техн. наук, професор,
Руденко І.І., кандидат техн. наук, с.н.с.,
Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського
Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Київ**

ОТРИМАННЯ САМОВИРІВНЮЮЧИХ ПІДЛОГ НА ОСНОВІ ШЛАКОЛУЖНОГО ЦЕМЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ РІДИННИХ СТЕКОЛ

У статті показана принципова можливість отримання литих розчинових сумішей та будівельних розчинів для влаштування наливних самовирівнюючих підлог на основі лужного цементу типу ЛЦЕМ І з використанням у якості лужного компонента рідинних стекел. Наведені основні проблемні питання розробки рецептур і можливі шляхи їх вирішення.

Однією з основних конструктивних частин, як промислових так і цивільних будівель та споруд, що призначена для сприйняття статичних і динамічних навантажень є підлога, яка може експлуатуватися в доволі різноманітних кліматичних умовах і агресивних середовищах. Саме тому, в сучасному будівництві існує широке коло технологічних та рецептурних рішень влаштування підлог, а виготовлення їх за технологією сухих будівельних сумішей обумовлює необхідну гнучкість їх застосування, якість і технологічність.

На сьогодні, для улаштування прошарків та покриттів підлог великої популярності набули наливні самовирівнюючі розчинові суміші. Такі матеріали повинні характеризуватися високими розтічністю (≥ 20 см), тривалим терміном придатності (≥ 20 хв.), бути швидкотверднучими та характеризуватися необхідними показниками міцності і адгезії. Тому, обов'язковими компонентами сумішей є функціональні добавки, без застосування яких, як правило, неможливе досягнення заданого рівня властивостей. При цьому, традиційними для їх виготовлення є мінеральні (гіпс, портландцемент, глиноземистий цемент) і органічні в'язучі речовини [1;2].

Однак, глобальні проблеми витрати неоновлювальних природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища, необхідність утилізації супутніх продуктів виробництв і зменшення викидів в атмосферу вуглекислого газу обумовлює доцільність заміни в будівництві традиційних матеріалів та розробку кардинально нових рецептурних рішень сумішей, в тому числі для влаштування елементів підлог.

Вирішенню зазначених питань сприяє використання лужних цементів, розроблених професором В.Д. Глуховським і його науковою школою [3;4]. Одним з типів таких цементів є шлаколушний цемент (ЛЦЕМ І), який в якості алюмосилікатного компонента вміщує до 100% доменний гранульований шлак [5].

Основними перевагами застосування ЛЦЕМ І для отримання будівельних розчинів є: швидке тверднення і висока міцність, морозо- і корозійна стійкість, водонепроникність та довговічність матеріалу, а міцна контактна зона, що ство-

рюється навколо заповнювача, визначає можливість зменшення витрати такого в'язучого у порівнянні з портландцементом [6].

Значний вплив на зміну фізико-механічних властивостей ЛЦЕМ І мають основність шлаку і вид лужного компонента. Найбільшу активність (до 130 МПа) мають цементні на основі рідинних стекел, котрі окрім високої міцності відрізняються покращеними експлуатаційними характеристиками [7].

Але, при використанні рідинних стекел у якості лужного компонента виникають відомі проблемні питання, котрі пов'язані, перш за все, з неприпустимо короткими термінами тужавлення таких цементних систем та складнощами пластифікації, що стримує їх широке використання в високорухливих розчинових сумішах. Водночас, підвищена в'язкість рідинного скла обумовлює необхідність у досить високих значеннях розчино-твердого відношення (Р/Т), що у свою чергу, може призводити до зменшення міцності штучного каменю, збільшення деформацій, тріщино- та висолоутворення. До того ж, ефект дії традиційних модифікуючих добавок по відношенню до ЛЦЕМ І різко погіршується або зникає взагалі в силу підвищеної лужності середовища [8].

Так, у роботі [9] знайдено спосіб регулювання процесів тужавлення високоміцних шлаколушних бетонів з використанням високомодульних рідинних стекел шляхом підвищення коагуляційної стійкості дисперсного середовища, що досягалося введенням додаткових трьохзарядних аніонів в складі розчинних лужних тризаміщених солей. При цьому, спостерігалося покращення як технологічних так і фізико-механічних показників бетону.

Ефективним уповільнювачем тужавлення є також лужна добавка запропонована у роботі [10], яка дозволяє управляти процесом в широких межах. Механізм дії такої добавки базується на утворенні на поверхні часток шлаку в складі ЛЦЕМ І нерозчинної плівки з мінералів, які синтезувались за її участі. Ця плівка перешкоджає подальшій деструкції шлакового скла до тих пір, поки повністю не буде витрачена добавка-уповіль-

нювач. При цьому, відмічалось сповільнення не тільки термінів тужавлення, а і набору міцності цементу особливо в ранній період.

Однак, можливості пластифікації та розробки литих сумішей на основі лужного цементу типу ЛЦЕМ І з використанням рідинних стекел майже не досліджувалися.

Звідси, пошук рецептурних рішень і технологічних способів для забезпечення необхідного рівня пластифікації і можливості ефективного регулювання процесами тужавлення ЛЦЕМ І з одної сторони, та зниження в'язкості рідинного скла з іншої – є ключовими питаннями для розробки литих розчинових сумішей та високоміцних будівельних розчинів на їх основі.

Метою даної роботи є виявлення принципової можливості отримання будівельного розчину для високоміцних наливних самовирівнюючих підлог на основі лужного цементу типу ЛЦЕМ І з використанням рідинних стекел у якості лужного компонента.

У дослідженнях використані наступні сировинні матеріали:

- в якості алюмосилікатного компонента ЛЦЕМ І – гранульований доменний шлак виробництва ПАТ «ММК ім. Ілліча» згідно з ДСТУ Б В.2.7-261:2011 (модуль основності $M_o=1,18$, питома поверхня $450 \text{ м}^2/\text{кг}$ (за приладом Блейна);
- лужний компонент – натрієве рідинне скло згідно з ГОСТ 13078-81 (силікатний модуль $M_c=3,0$, густина $1,38 \text{ г}/\text{см}^3$);
- заповнювач – Дніпровський пісок з $M_k = 1,24$, фракція $0 - 0,5 \text{ мм}$;
- наповнювач – зола-винесення кисла Ладижинської ТЕС;
- добавка-модифікатор – тринатрійфосфат (натрій фосфорнокислий тризаміщений дванадцятиводний), хімічна формула $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

Силікатний модуль рідинного скла понижували шляхом додавання їдкого натру (NaOH) з наступним доведенням отриманого розчину до потрібної густини, а умовну в'язкість (час витікання) визначали за допомогою віскозиметра ВЗ-4. Добавку тринатрійфосфату розчиняли у рідинному склі в необхідній кількості.

Випробування розчинових сумішей та будівельних розчинів на їх основі здійснено за стандартними методиками згідно ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Потребу розчину луѓу визначали по вільному розпливу розчинової суміші з кільця ВІКА при регламентованому значенні розтічності ($\geq 20 \text{ см}$). Термін придатності ($\geq 20 \text{ хв}$.) оцінювали за часом зниження розтічності системи на 2 см .

Ефективність дії добавки-уповільнювач у вигляді тринатрійфосфату простежується по рис. 1 та рис. 2. Визначалися розтічність литих розчинових сумішей та її втрата з плином часу в залежності від вмісту добавки в складі рідинного скла, відповідно.

Як видно з отриманих результатів, поступове збільшення витрати добавки, крім збільшення терміну придатності розчинової суміші, позитивно впливає і на її розтічність. Значна пластифікація системи обумовлена ефективним сповільненням термінів тужавлення цементу. Так, введення 10% добавки-уповільнювач підвищує розтічність на 30% , зниження якої навіть через 60 хв . не перевищує регламентоване стандартом значення 2 см . З огляду на це, оптимальна кількість добавки, яка забезпечує необхідну технологічність розчинової суміші, складає 7% . Це дозволяє отримувати литі суміші на основі ЛЦЕМ І з рідинним склом, однак при досить високих значеннях Р/Т, що визначає необхідність зниження витрати лужного компонента.

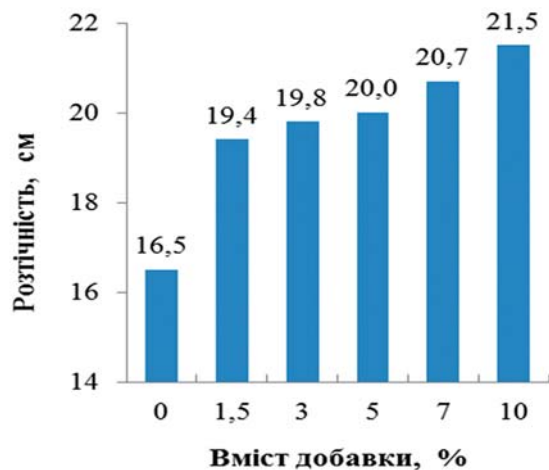


Рис. 1. Вплив тринатрійфосфату на розтічність розчинової суміші

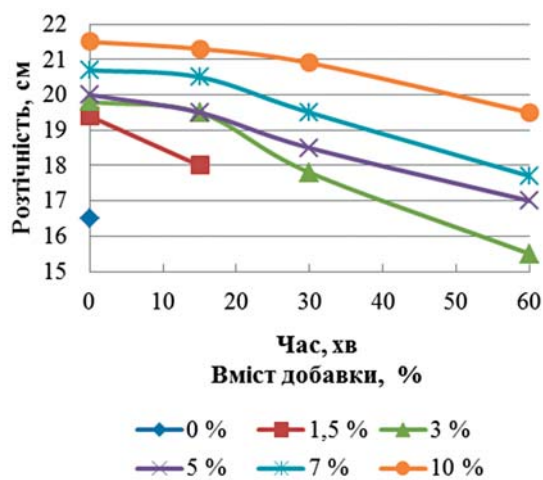


Рис. 2. Втрата розтічності в залежності від вмісту тринатрійфосфату

У свою чергу, зниження значень Р/Т можливо досягти декількома шляхами, зокрема: зниженням в'язкості рідинного скла, що досягається зменшенням його густини до мінімально можливої, пониженням силікатного модуля або введенням поверхнево-активних речовин; застосуванням стабільних у лужному середовищі пластифікуючих добавок; підбором у складі наповнювачів та заповнювачів.

Дослідження можливості пониження густини рідинного скла шляхом додавання води, а отже і зменшення його в'язкості та витрати при сталих значеннях розтічності системи, показали (рис. 3), що вже при густині рідинного скла $1,37 \text{ г}/\text{см}^3$ і 7% добавки-уповільнювач досягається регламентований термін придатності розчинової суміші. При нижчих значеннях густини відбувається швидка втрата розтічності навіть при підвищенні витрати добавки. Тому, такий очевидний прийом зниження в'язкості рідинного скла не є доцільним з огляду на значну втрату технологічності розчинових сумішей.

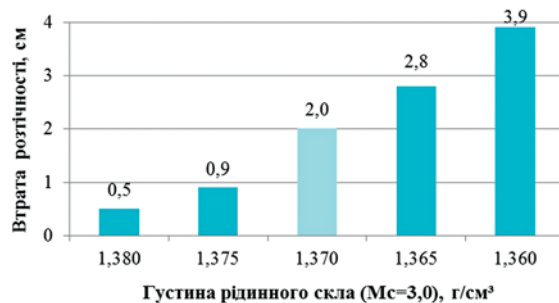


Рис. 3. Втрата розтічності розчинової суміші через 30 хв . у залежності від густини рідинного скла з силікатним модулем $M_c=3,0$

Зниження силікатного модуля рідинного скла при сталій густині з 3,2 до 1,0, як слідує з рис. 4, дозволяє несуттєво зменшити його в'язкість і обумовлює необхідність у додатковому залученні лугу у вигляді їдкого натру (для зниження модуля). Однак, при більшому вмісті лугу в системі, який, як відомо, є досить ефективним розріджувачем, спостерігається значна пластифікація розчинових сумішей, що підсилюється при зменшенні в'язкості рідинного скла. Це дає змогу зменшити значення Р/Т системи на 45 % при збереженні відповідної розтічності. Терміни придатності розчинових сумішей, при цьому, залишаються в регламентованих межах.

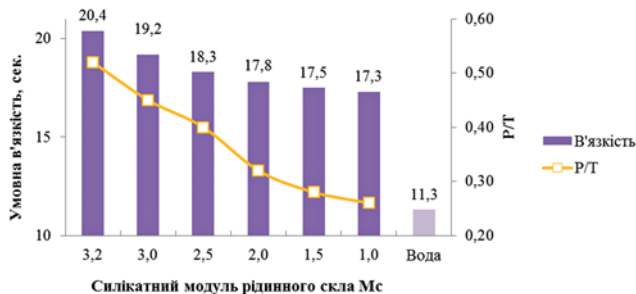


Рис. 4. Вплив силікатного модуля та в'язкості рідинного скла на значення Р/Т литої розчинової суміші

Окрім пластифікації розчинових сумішей, зниження силікатного модуля рідинного скла, при сталих значеннях розчино-шлакового відношення (Р/Ш), впливає і на міцність затверділого каменю. Так, як видно з рис. 5, будівельні розчини на основі ЛЦЕМ І з використанням рідинних стекел зі значенням силікатного модуля 3,0 та нижче і рівних за густиною характеризуються зниженням міцності при стиску після 3-х діб тверднення з 21 МПа до 13 МПа відповідно. Разом з цим, підвищена в'язкість рідинного скла по відношенню до води обумовлює необхідність у високих значеннях Р/Ш (як важливий фактор у формуванні реологічних властивостей розчинових сумішей), що також негативно позначається на міцність матеріалу. Наведені на рис. 6 дані свідчать, що при значеннях Р/Ш 1,56 та 1,44 будівельні розчини характеризуються низькими показниками міцності при стиску у початковий період тверднення, і подальшим зниженням міцності через 28 діб, що пов'язане з перевитратою лужного компонента. При цьому, зниження значень Р/Ш до 0,57, що є можливим завдяки вищенаведеним прийомам (зменшення густини та силікатного модуля рідинного скла) та підвищенню вмісту шлакового компонента у

твердй фазі, дозволяє отримувати литі розчинові суміші та розчини на їх основі, які характеризуються швидким твердненням – міцність при стиску після 2-х діб тверднення досягає 27 МПа. Необхідно також відмітити, що такі системи, розроблялися без застосування типових функціональних добавок (пластифікаторів, редиспергованих полімерних порошоків та водоутримуючих добавок) які, як відомо, є невід'ємною складовою у рецептурах сумішей для наливних самовирівнюючих підлог.

Очевидно, що подальше зниження значень Р/Ш завдяки використанню ефективних добавок пластифікаторів та таких, які б знижували в'язкість рідинних стекел, дозволить отримувати будівельні розчини для наливних самовирівнюючих підлог з покращеними фізико-механічними та експлуатаційними характеристиками.

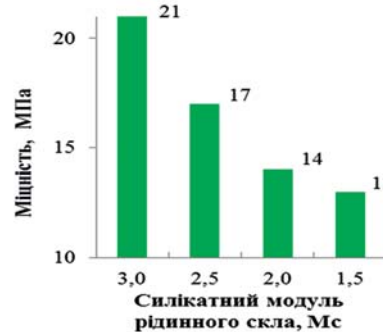


Рис. 5. Міцність при стиску будівельних розчинів після 3-х діб тверднення в залежності від силікатного модуля рідинного скла при сталому значенні Р/Ш

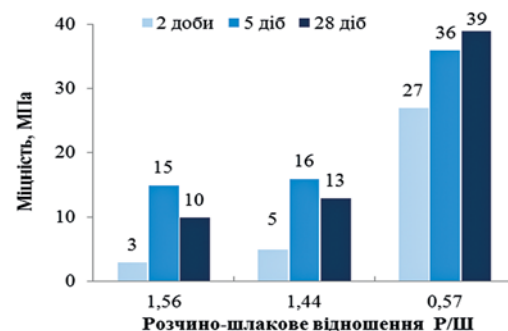


Рис. 6. Міцність при стиску будівельних розчинів через 3, 5 та 28 діб тверднення в залежності від значень Р/Ш

Висновки:

1. Встановлена принципова можливість отримання литих розчинових сумішей та розчинів на їх основі з відтворенням рецептурних особливостей лужного цементу типу ЛЦЕМ І, які характеризуються підвищеними експлуатаційними характеристиками;

2. Здатність до саморозтікання і необхідна технологічність литих розчинових сумішей на основі системи «доменний гранульований шлак – рідинне скло» забезпечуються при досить високих значеннях Р/Т;

3. Суттєве зменшення значень Р/Т системи «доменний гранульований шлак – рідинне скло» є можливим шляхом модифікації рідинного скла добавкою-уповільнювач та зниженням його силікатного модуля і густини до мінімально можливої з огляду на регламентовані терміни придатності розчинової суміші;

4. В умовах високих значень Р/Т підвищення міцності будівельних розчинів, як у ранні, так і пізні терміни тверднення досягається регулюванням значень Р/Ш шляхом збільшення вмісту шлаку в твердй фазі, що дозволяє отримати будівельні розчини з міцністю при стиску 27 МПа після 2-х діб тверднення;

5. Подальше вирішення питань ефективної пластифікації розглянутих систем для розробки литих розчинових сумішей та високоміцних розчинів на їх основі обумовлює доцільність пошуку стійких у лужному середовищі модифікуючих добавок та речовин здатних ефективно понизити в'язкість рідинного скла.

Література:

1. ДСТУ Б В.2.7-126:2011 Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови.
2. Корнеев В.И. Основные условия разработки рецептур сухих строительных смесей. // Доклады конференции BALTIMIX-2001.
3. Глуховский В. Д. Грунтосиликаты.- Киев, Госстройиздат УССР, 1959.- 127 с.
4. Щелочные и щелочно-щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны/ под. ред. В.Д.Глуховского.- К.: Вища школа, 1979.- 232 с.
5. ДСТУ Б В.2.7-181:2009 Будівельні матеріали. Цементи лужні. Технічні умови.
6. Специальные шлакощелочные цементы / П. В. Кривенко.- К.: Будівельник, 1992.- 192 с.
7. Глуховский В.Д., Пахомов В.А. Шлакощелочные цементы и бетоны.- Киев: «Будівельник», 1978.- 184 с.
8. Проблемы пластифікації шлаколуужних бетонних сумішей / Гузій С.Г., Пушкарь В.І. / Сборник трудов IX Международная научно-практическая конференция 30 мая – 1 июня, 2007. ООО «Будиндустрия» ЛТД, Запорожье, 2007. – С.196-199.
9. Белицкий И.В. Регулирование процессов схватывания высокопрочных шлакощелочных бетонов: Дис. кандидат техн. наук.- К.: КИСИ, 1988.- 210 с.
10. Уповільнення термінів тужавлення високоміцних шлаколуужних в'язучих на високомодульному рідинному склі / Блажис Г.Р., Ростовська Г.С. // Збірник «Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка». – 2007. – № 24. – С.130-132.