

УДК 691.175:699.8

М.В. Суханевич, к.т.н., доцент, КНУБА, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІН'ЕКЦІЙНИХ РОЗЧИНІВ НА ОСНОВІ ПОЛІЗОЦІАНАТНИХ КОМПОЗИЦІЙ ТА КОМПОЗИЦІЙНИХ ЦЕМЕНТІВ

АНОТАЦІЯ

Встановлено можливість використання мінерально-полізоціанатних композицій у ін'екційних розчинів з метою підвищення водонепроникності і щільності бетонних конструкцій. Проведено оптимізацію складу композиційного цементу та встановлено, що максимальною міцністю як у ранні, так і у пізні строки твердіння характеризуються цементні, що складаються з 30% золи-винесення, 40% шлаку, 5% природного цеоліту та 25% портландцементу.

Ключові слова: ін'екційні розчини.

Підвищення водонепроникності бетонних і залізобетонних конструкцій, які працюють в умовах постійної або перемінної дії води, на сьогоднішній день є вкрай важливим питанням для будівельників. В сучасних умовах, коли стихійні лиха і техногенні катастрофи трапляються все частіше, коли підтоплюються цілі села і міста, відмовляють гідротехнічні споруди, підвищення надійності масивних споруд є питанням національної безпеки.

Для гідроізоляційного захисту бетонних і залізобетонних конструкцій використовують матеріали на цементній основі різного способу нанесення – обмазувальні, штукатурні, просочувальні, ін'екційні [1]. Просочувальну (проникну) та ін'екційну гідроізоляцію можна віднести до об'ємної гідроізоляції завдяки тому, що вони взаємодіють з матеріалом основи конструкції, на яку нанесені, стають її невід'ємною частиною і в подальшому працюють як єдине ціле.

Для багатьох масивних конструкцій, таких як дамби, греблі, тунелі, резервуари, колектори, градирні, єдиним рішенням проблеми відновлення їх несучої здатності є надання бетону і залізобетону потрібних експлуатаційних характеристик шляхом його зміцнення і відновлення цілісності: нанесенням на поверхню гідроізоляційних покриттів або введенням всередину конструкції ін'екційних

розчинів. Оброблені конструкції здатні перешкоджати вертикальному переміщенню вологи, створюючи на шляху води відштовхувальний бар'єр. Широкого застосування набули цементні, бітумні та полімерні розчини на основі епоксидних, фурано-епоксидних, карбамідних, сланцевих смол, поліуретанових і акрилатних гелів [2].

Кожна із згаданих систем характеризується своїми недоліками та перевагами. Так, розчини на основі полімерних в'язучих речовин мають високу міцність, стійкість в агресивному середовищі, регульовану в'язкість. Проте вони мають певні недоліки: недостатню адгезію до вологого бетону основи, високу крихкість, нестійкість до механічних дій, динамічних навантажень, мають обмежену довговічність, не завжди екологічно безпечні при використанні та досить дорогі [2].

Ін'екційні розчини на основі мінеральних в'язучих речовин (портландцемент, шлакопортландцемент, глиноземистий цемент, мікроцемент тощо) характеризуються високою механічною міцністю, адгезією до вологого бетону, близькими коефіцієнтами лінійного розширення, що визначає сумісність матеріалів у системі "бетон-ремонтний розчин" і зумовлює їх довговічність. Розчини на основі мінеральних в'язучих систем характеризуються також невисокою вартістю, недифіцитністю та дешевизною сировинних компонентів, екологічною безпечністю при проведенні робіт з ін'ектування, проте мають низьку в'язкість, еластичність, що не дозволяє ремонтувати динамічно навантажені конструкції з шириною розкриття тріщин більше 1 мм.

Необхідність створення ін'екційних розчинів, які б мали всі позитивні властивості цементів і полімерів і були позбавлені їх недоліків, привела до розгляду можливості спільного використання цементних систем з полімерними компонентами, які б тверділи і мали підвищену адгезію до старого бетону в умовах підвищеної вологи і дії води. Вказаним вимогам відповідають полімерні композиції на основі ізоціанатів [3].

Роботи з ін'ектування здійснюються шляхом закачування суміші самопливом або під тиском в зону контакту "грунт-конструкція", "конструкція-конструкція" через спеціальні пристосування (пакери) на необхідну глибину.

Композиції на основі ізоціанатів відрізняються здатністю взаємодіяти з вологою, яка знаходиться на поверхні бетону, утворюючи досить міцне покриття, тому для їх застосування не потрібна спе-

ціальна підготовка поверхні бетонних виробів, її додаткове зволоження.

Так, ізоціанати хімічно зв'язують воду, яка знаходиться в капілярах та інших дрібних дефектах структури бетону, що сприяє виникненню зони зниженого тиску в порожнинах бетону і збільшує капілярний ефект, забезпечуючи заповнення їх реакційно здатними новоутвореннями.

Для ремонтних композицій найбільш перспективними вважають поліізоціанати, оскільки вони є водоредукуючими речовинами і активно зв'язують воду, що знаходиться в порах, порожнинах, дефектах і тріщинах бетону, з утворенням міцних, водостійких зв'язків. Створений при цьому знижений тиск в порожнинах буде, найімовірніше, сприяти заповненню внутрішнього простору ремонтної конструкції.

Відомі ін'єкційні композиції на основі поліізоціанатів, розчинів силікату натрію, різних міжфазних каталізаторів, пластифікаторів і поверхнево-активних добавок (ГКЖ-10 і ГКЖ-11) [4]. Розроблені силікат-ізоціанатні композиції характеризуються високою міцністю, адгезією до водонасиченого бетону. Однак мають багатокомпонентний склад, високу вартість і недостатню екологічну безпеку виконання робіт. Питання довговічності композицій і захищених ними конструкцій також залишаються не до кінця вивченими.

Отримано позитивний досвід використання поліізоціанатів в якості модифікаторів лужних портландцементів і геоцементів в НДІВМ ім. В. Д. Глуховського (КНУБА). Розроблені композиційні матеріали характеризуються високою міцністю, водонепроникністю, морозостійкістю, здатністю тверднути і набирати міцність при від'ємних температурах [5,6].

Теперішній час диктує свої вимоги до будівельних матеріалів і не на останньому місці стоїть їх екологічна безпека. Відомо, що виробництво цементу забезпечує близько 7% загальної емісії CO₂ в атмосферу, тому відповідно до основних ідей Концепції сталого розвитку та Кіотського протоколу він повинен бути замінений в'язучими речовинами нового покоління з меншою енергоємністю і більшою ефективністю. До таких в'язучих відносяться композиційні цементы, в яких поряд з клінкером використовуються відходи промисловості: доменні гранульовані шлаки, зола-винесення та природні мінеральні добавки [7].

Аналіз досліджень щодо використання окремо поліізоціанатних систем та цементних розчинів

для ремонту та відновлення бетонних конструкцій різного ступеня зволоження дозволить висунути гіпотезу про можливість сумісного використання даних матеріалів з метою розробки ін'єкційних розчинів. Реалізація наукових припущень дозволить отримати полімерно-мінеральні розчини з заданими показниками в'язкості, міцності, адгезій, прогнозованої довговічності та підвищить екологічну безпеку матеріалів за рахунок усунення з використання полімерних затверджувачів, які є найбільш токсичними і небезпечними. Крім того, використання у якості цементної складової композиційних цементів, що складаються з відходів виробництва, — паливних зол і доменних гранульованих шлаків та природних цеолітів, — дозволить знизити вартість і підвищити екологічність в'язучих систем. За рахунок того, що продукти гідратації композиційних цементів представлені низькоосновними силікатами кальцію, які є більш довговічними та стійкими до впливів агресивного сульфатного середовища ніж гідратні новоутворення цементного каменю, а наявність поліізоціанатів приведе до формування органо-мінеральних комплексів на основі силікатів кальцію, це дозволить одержати ін'єкційні розчини більшої довговічності та надійності.

Метою роботи є встановлення можливості одержання ін'єкційних розчинів для відновлення бетонних конструкцій на основі композиційних цементів та ізоціанатних полімерних речовин, вивчення механізму взаємодії полімерних і мінеральних компонентів розчинів, дослідження технологічних та фізико-механічних властивостей розроблених матеріалів.

Попередніми дослідженнями встановлено, що використання у якості мінерального компонента цементно-поліізоціанатних покриттів композиційних цементів дозволяє отримати зразки з високими показниками механічної міцності при повній водонепроникності покриття [8].

З метою створення ін'єкційних цементно-ізоціанатних розчинів були досліджені системи на основі композиційних цементів двох типів КЦ V/A (*) і КЦ V/Б(**) (за ДСТУ Б В.2.7-46-96), склад яких представлений у таблиці 1.

В якості мінеральних складових використовували портландцемент ПЦ I — 500 (ДСТУ Б.В.2.7-46-96), доменний гранульований шлак Криворізького металургійного комбінату, у якості пуцоланової добавки застосовували: золу-винесення Три-

Таблиця 1 Склад досліджуваних мінеральних композицій

№	Склад мінерального компонента цементно-поліізоціанатної композиції, мас.%			
	Портландцемент ПЦ І-500	Доменний гранульований шлак	Зола-виносу	Цеоліт природний
1*	50	30	15	5
2**	30	40	25	5
3	100	-	-	-
4	-	-	100	-
5	-	100	-	-

пільської ТЕС та природний цеоліт Сокирницького родовища (Закарпаття).

Полімерна складова композиції представлена поліізоціанатом Д (ТУ 113-03-78222701), що містить 50% олігомерів та 30% ізоціанатних груп.

Розчини для ін'єктування готували змішуванням мінеральної і полімерної складової в пропорції 1:1 за об'ємом. Досліджували в'язкість отриманих композицій по розливу кільця Віка (ДСТУ-П Б.В.2.7-126: 206) і міцність розчинів, що тверднули в повітряно-сухих та вологих умовах у зразках-кубах 2x2x2 см. Визначення міцнісних властивостей зразків-кубів 2x2x2 см проводили за стандартними методиками випробувань згідно з нормативними документами.

З метою оптимізації складу цементно-поліізоціанатних матеріалів було досліджено міцність зразків на основі поліізоціанату та композиційного цементу різного складу з використанням математичних методів планування експерименту, а саме двофакторного дворівневого плану.

У якості змінних факторів використовували вміст шлаку у складі композиційного цементу (X1) та вміст золи-винесення (X2). Функцією відгуку було прийнято границю міцності при стиску зразків 2x2x2 см, які тверділи протягом 7 (рисунок 1) та 28 діб (рисунок 2) у повітряно-сухих та вологих умовах.

Аналіз отриманих залежностей дозволяє встановити оптимальний склад мінеральної складової цементно-поліізоціанатних композицій виходячи з максимальної міцності зразків. Так, для зразків, що тверділи і в повітряно-сухих, і у вологих умовах максимальною величиною міцності характеризуються склади композиційного цементу, що містить

12-14 % золи-винесення та 40% шлаку ($R_{ст}=2,02$ МПа та $R_{ст}= 2,5$ МПа відповідно у повітряно-сухих та вологих умовах). Крім того, достатньо високими показниками міцності ($R_{ст}=2,0$ МПа та $R_{ст}=2,2$ МПа відповідно у повітряно-сухих та вологих умовах) характеризується склад композиційного цементу: 28-30% золи та 40% шлаку. Однак, остання композиція відрізняється і найвищими показниками міцності у віці 7 діб при твердінні у повітряно-сухих ($R_{ст}=1,6$ МПа) і у вологих умовах ($R_{ст}=2,35$ МПа). Видно, що композиція з максимальним вмістом золи-винесення і шлаку має постійну величину міцності, починаючи з ранніх строків до терміну набору проектної міцності.

Отже, у якості оптимального складу вибрано склад мінеральної складової композиційного цементу, що містить 30% золи-винесення та 40% шлаку, 5 % природного цеоліту та 25% портландцементу.

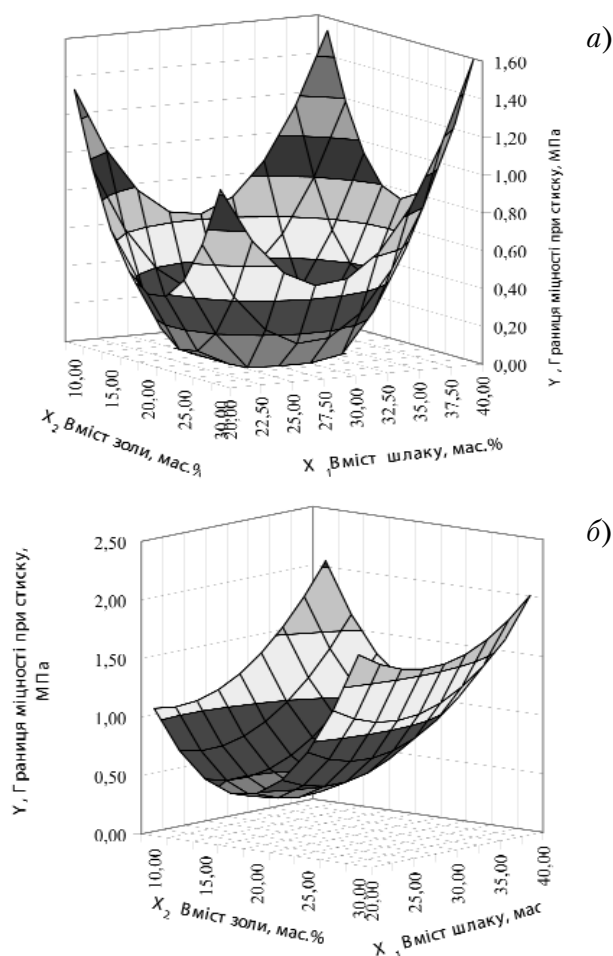


Рис. 1. Ізопараметричні діаграми зміни міцності цементно-поліізоціанатних зразків через 7 діб твердіння у повітряно-сухих (а) та водних умовах (б) залежно від вмісту шлаку і золи в композиційних цементах

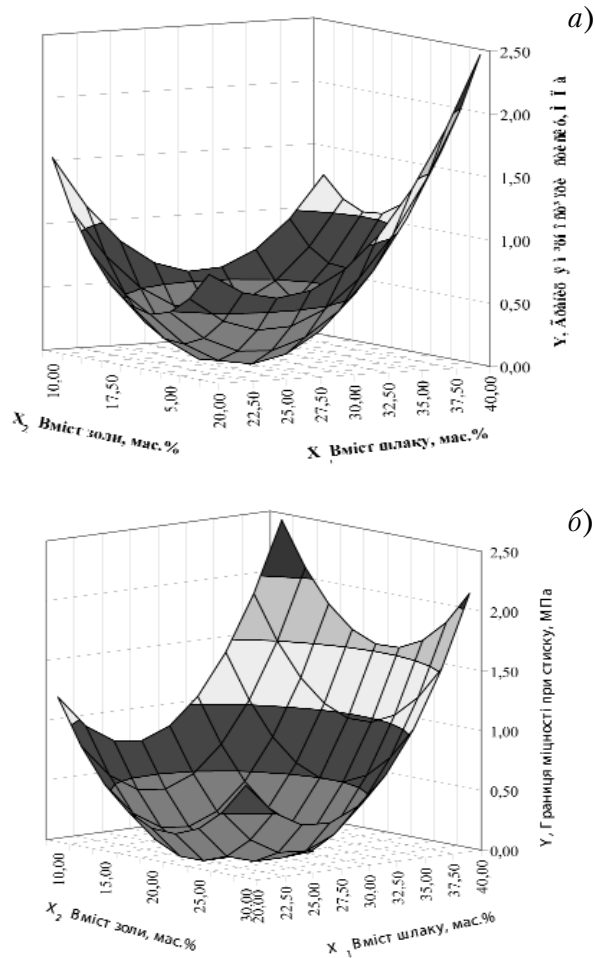


Рис. 2. Ізопараметричні діаграми зміни міцності цементно-поліізоціанатних зразків через 28 діб твердіння у повітряно-сухих (а) та водних умовах (б) залежно від вмісту шлаку і золи в композиційних цементах

Вибраний склад композиційного цементу, крім того, що характеризується найвищими показниками міцності як у ранні (7діб), так і пізні строки твердіння (28 діб), ще відрізняється повною водонепроникністю.

У результаті досліджень встановлено можливість використання мінерально-поліізоціанатних композицій у ін'єкційних розчинах з метою підвищення водонепроникності і щільності бетонних конструкцій.

Проведено оптимізацію складу композиційного цементу як мінеральної складової ін'єкційних розчинів та встановлено, що максимальною міцністю як у ранні, так і у пізні строки твердіння незалежно від умов (повітряно-сухі або вологі) характеризуються композиційні цемента, що складаються з 30% золи-виноса, 40% шлаку, 5% природного цеоліту та 25% портландцементу.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Современные гидроизоляционные материалы*/ Войтов А.И., Козачук В.Л., Лайкин В.В., Шкуратовский А.А. — К.: АО "Мастера", 2006. — 192 с.
2. Попченко С.М. *Гидроизоляция сооружений и зданий*. - Ленинград: Стройиздат, 1981-304 с.
3. Керча Ю.Ю. *Физическая химия полиуретанов*. - К.: Наукова думка, 1979.- 223с.
4. Шаршурнов А.Б. *Инъекционные композиции для восстановления эксплуатационных свойств бетона гидротехнических сооружений*. Дис...канд. техн. наук: 05.23.05. — К., 1993.- 175 с.
5. *Щелочные цементы, модифицированные органическими соединениями* //Кривенко П.В., Петропавловский О.Н., Гелевера А.Г., Мохорт Н.А.// "Цемент и его применение", 2000.-№6.-С.31-36.
6. *Полімерсилікатні композиції на основі поліізоціанатів для захисту бетонних виробів і споруд*// Петрикова Є.М., Шейніч Л.О., Мельник І.В., Капась І.В.//Зб. наук. праць "Ресурсоекономні мат-ли, констр., будівлі і споруди".-Рівне, РДТУ,2001. - Вип.7.- С.64-71.
7. *Суханевич М.В. Инъекционные растворы для восстановления бетонных конструкций на основе цементно-изоцианатных композиций* // Суханевич М.В., Разумова О.Е // Вісник ОДАБА, Одеса, Зовнішрекламсервіс, 2011.- Вип.43.- С.329-335.

АННОТАЦІЯ

Установлена возможность использования минерально-полиизоцианатных композиций для инъекционных растворов с целью повышения водонепроницаемости и плотности бетонных конструкций. Проведена оптимизация состава композиционного цемента и установлено, что максимальной прочностью как в ранние, так и в поздние сроки твердения характеризуются цементы, состоящие из 30% золы-уноса, 40% шлака, 5% природного цеолита и 25% портландцемента.

Ключевые слова: инъекционные растворы.

ANNOTATION

Work is devoted use possibility mineralno- isocyanate compositions for injection for the purpose of increase of water resistance and density of concrete construction. Optimization of structure of composite cement is spent and is established that the maximum strength both in early, and in late terms hardening characterizes the cements consisting of 30 % of fly-ashes, 40 % of slag, 5 % of natural zeolite and 25 % portlandcement.

Keywords: injection solution