УДК 699.83+627.257/69.059.7

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ГЕОЦЕМЕНТНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ БЕТОНУ ВІД КОРОЗІЇ В АМОНІЙНИХ СОЛЯХ

Киричок В.І., *аспірант*

Науково-дослідний інститут в'яжучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського Київського національного університету будівництва та архітектури, Україна

За статистичними даними втрати від корозії бетонних та залізобетонних конструкцій в Україні щорічно складають 5 % від величини національного доходу, а 8-12 % від кошторисної вартості будівельних об'єктів йдуть на заходи захисту від корозії. Згідно з чинним ДСТУ БВ.2.6-145:2010 «Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії» існує два види захисту бетону від корозії – первинний та вторинний. Первинний захист – врахування впливу корозійного середовища на стадії проектування складу бетонної суміші: ущільнення структури бетону, зниження водо-цементного відношення, використання спеціальних добавок та ін. Вторинний захист – за допомогою покриттів, мастик, облицювань, що дозволяє його виконання на будь-якій стадії виготовлення конструкції. На відмінно від первинного захисту, вторинний дозволяє захищати бетонні та залізобетонні конструкції, що уже експлуатуються, або знаходяться на стадії реконструкції чи відновлення. У зв'язку з неможливістю врахування всіх факторів при проектуванні бетону, дуже часто використовують комплексний захист конструкції [1, 2].

З усіх розглянутих корозійних середовищ бетону, амонійне – являється найагресивнішим, що доведено в багатьох статтях авторів [1-4]. Відповідно до цього, метою даної роботи є розробка антикорозійних геоцементних покриттів для захисту бетону від корозії в розчинах амонійних солей.

При відновленні та реконструкції бетонних та залізобетонних конструкцій використовують покриття на основі органічних і мінеральних в'яжучих, а також сумісних композицій. Використання покриттів на основі органіки не є раціональним, в зв'язку з швидким вимиванням покриття з бетонної поверхні, та необхідністю частого поновлення. Тому, зробивши аналіз наукових робіт НДІВМ ім. В.Д. Глуховського [5-10] в області синтезу синтетичних цеолітів, які мають підвищену корозійну стійкість, та робіт, пов'язаних з дослідженням особливостей

корозії бетону і захисту його антикорозійними покриттями, було висунуто гіпотезу про можливість отримання корозійностійких захисних покриттів для бетону на основі лужних алюмосилікатних в'яжучих речовин.

В роботах [6-10] було досліджено основні властивості лужного алюмосилікатного зв'язуючого, а також можливість його використання в якості матриці для захисних покриттів. Згідно з дослідженнями [11, 12] стійкості в 5% розчині сульфату амонію, показником найвищої стійкості характеризується зв'язуюче такої структурної формули $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 30H_2O$, що і було обрано в якості геоцементної матриці для покриття. Для отримання захисного покриття на основі геоцементу оптимального складу в якості затверджувача використовували глиноземистий цемент в кількості 2-6% (фактор X_1), а в якості наповнювачів – мелений кварцовий пісок 5-15% (фактор X_2) і базальтову слюду в кількості 2-6% (фактор X_3).

Оптимізацію складу антикорозійного покриття виконували за допомогою трьохфакторного трирівневого методу планування експерименту (Табл. 1). В якості функцій відклику було обрано корозійну стійкість та швидкість корозії.

Табл.1 Матриця планування експерименту

№	Матриця в кодах			Матриця в натуральних величинах		
	X_1	X_2	X_3	Глинозем. цемент (%)	Мелений пісок (%)	Базальтова слюда (%)
1	1	1	1	6	15	6
2	-1	1	1	2	15	6
3	1	-1	1	6	5	6
4	-1	-1	1	2	5	6
5	1	1	-1	6	15	2
6	-1	1	-1	2	15	2
7	1	-1	-1	6	5	2
8	-1	-1	-1	2	5	2
9	1	0	0	6	10	4
10	-1	0	0	2	10	4
11	0	1	0	4	15	4
12	0	-1	0	4	5	4
13	0	0	1	4	10	6
14	0	0	-1	4	10	2
15	0	0	0	4	10	4

Корозійну стійкість покриття вивчали на бетонних (клас-С20/25) балочках розміром 40х40х160. Антикорозійні покриття наносили на

всю поверхню балочок товщиною 2мм, згідно вимог ДСТУ-Н БВ.2.6-186:2013 «Настанова щодо захисту будівельних конструкцій будівель та споруд від корозії». Після затвердження покриттів, балочки занурювали в агресивні середовища таким чином, щоб забезпечити рівномірний доступ середовища до зразків з усіх сторін, при співвідношенні об'єму агресивного розчину, в кубічних сантиметрах, до 1 см^2 поверхні зразка не менше 5:1. Тривалість випробувань становила 90 діб при температурі 20°С±2°. Необхідна кількість зразків для оцінки показників корозійної стійкості кожного складу покриття, агресивного середовища і терміну дослідження була 3. Агресивні середовища отримували шляхом приготування в дистильованій воді 5% розчинів солей, контроль pH розчинів здійснювали за допомогою універсального індикаторного паперу кожні 5 днів. Відповідно до зміни показника pH, до посудин додавали свіжі розчини солей для вирівнювання заданих значень.

Стійкість покриттів до дії корозійного середовища визначали за зміною міцності на згин покритих зразків до не покритих кожні 30 днів і оцінювали за коефіцієнтом корозійної стійкості, який рахували за формулою:

$$K_c = \frac{R_f^c}{R_f^{H_2O}}, \qquad (1)$$

де: K_c – коефіцієнт корозійної стійкості; R_f^c – міцність при згині зразка, видержаного в розчині агресивного середовища, МПа; $R_f^{H_2O}$ – міцність при згині зразка, який знаходився у воді, МПа.

Середню швидкість корозії (корозійні втрати одиниці поверхні захисного покриття і бетону з одиницю часу) визначали за формулою:

$$K_b^{\pm} = \frac{m_0 \pm m_1}{S_0 \tau}, \text{ г/м}^2\cdot\text{год}; \qquad (2)$$

де: $K_b^{\mp}$ – середня швидкість корозії, г/м^2·год; m_0, m_1 – маса зразка відповідно вихідного, після корозійної дії з продуктами корозії; S_0 – площа зразка, м^2; τ - термін випробувань, год.

У результаті проведеного моделювання були отримані рівняння регресії (3-10), які описують математичні моделі (Y_1-Y_8) впливу кількості компонентів на стійкість геоцементного покриття до дії агресивного середовища, а саме водних розчинів солей амонію.

5% розчин NH_4NO_3

- коефіцієнт корозійної стійкості, K_c,

$$Y_1=0.973x_1+0.773x_2+0.853x_3-0.133x_1x_2-0.026x_1x_3+1.226x_2x_3 \qquad (3)$$

- швидкість корозії, $H_k^{\pm}$,

$$Y_2=0.043x_1+0.065x_2+0.058x_3-0.005x_1x_2+0.027x_1x_3-0.102x_2x_3 \quad (4)$$

5% розчин $(NH_4)_2HPO_4$

- коефіцієнт корозійної стійкості, K_c,

$$Y_3=1.213x_1+0.986x_2+0.933x_3-0.721x_1x_2-0.721x_1x_3+0.321x_2x_3 \quad (5)$$

- швидкість корозії, $H_k^{\pm}$,

$$Y_4=0.038x_1+0.041x_2+0.053x_3+0.053x_1x_2+0.081x_1x_3+0.002x_2x_3 \quad (6)$$

5% розчин NH_4Cl

- коефіцієнт корозійної стійкості, K_c,

$$Y_5=1.081x_1+0.906x_2+0.961x_3-0.666x_1x_2-0.241x_1x_3-0.106x_2x_3 \quad (7)$$

- швидкість корозії, $H_k^{\pm}$,

$$Y_6=0.038x_1+0.081x_2+0.045x_3-0.055x_1x_2+0.035x_1x_3-0.096x_2x_3 \quad (8)$$

5% розчин $(NH_4)_2SO_4$

- коефіцієнт корозійної стійкості, K_c,

$$Y_7=1.061x_1+0.541x_2+0.541x_3-0.641x_1x_2+1.361x_1x_3+1.611x_2x_3 \quad (9)$$

- швидкість корозії, $H_k^{\pm}$,

$$Y_8=0.043x_1+0.024x_2+0.058x_3+0.135x_1x_2+0.042x_1x_3+0.059x_2x_3 \quad (10)$$

Проаналізувавши рівняння регресії Y_1, Y_2 та Y_7, Y_8 можна дійти висновку, що на стійкість геоцементного покриття в розчині нітрату та сульфату амонію суттєвий вплив має сумісна дія факторів X_2X_3. Згідно з рівняннями Y_3 і Y_4 найбільший вплив на стійкість до корозії в фосфаті амонію має фактор X_1, та спільна дія факторів X_1X_2, що також спостерігається у хлориді амонію - Y_5, Y_6. З усіх рівнянь регресії можна зазначити, що сумісна дія факторів X_1X_3 є досить низькою, хоча у амонійних розчинах сульфату та фосфату значимість їх зростає.

За допомогою програмного забезпечення «STATISTICA» та даних дослідження були побудовані тернарні діаграми відклику (Рис.) впливу вмісту компонентів на корозійну стійкість геоцементного покриття.

Аналіз отриманих даних показує, що в 5% розчині NH_4NO_3 (Рис.1, поз. а, д) найбільшою стійкістю характеризується геоцементне покриття з найбільшим вмістом меленого піску – 6%, і з мінімальним глиноземистого цементу – 2%. Із отриманих тернарних діаграм (Рис., поз. б, в, з, ж) слідує, що в 5% розчинах фосфату та хлориду амонію, найбільший вплив на стійкість покриття має кількість глиноземистого цементу, так при 5-6% – стійкість являється найвищою. Також потрібно відмітити, що в 5% розчині $(NH_4)_2SO_4$ суттєвий вплив мають сумісна дія факторів X_2 та X_3, тобто вміст базальтової слюди та кварцового піску.

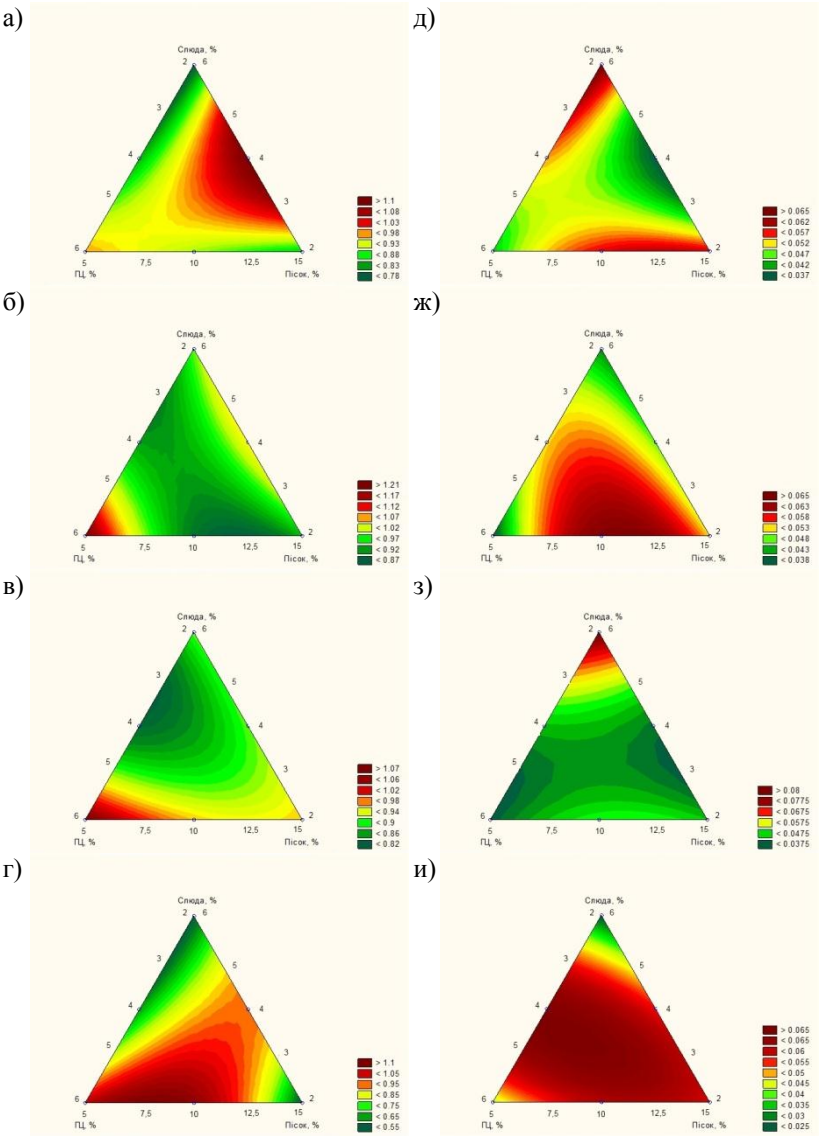

Рис. Тернарні діаграми впливу кількості компонентів геоцементного покриття на коефіцієнт корозійної стійкості та швидкість корозії в 5% розчинах солей:
а, д - NH_4NO_3; б, ж - $(NH_4)_2HPO_4$; в, з - NH_4Cl; г, и - $(NH_4)_2SO_4$.

Висновок

Досліджено вплив 5% розчинів солей амонію на стійкість антикорозійних покриттів на основі геоцементу, призначених для ремонту та захисту бетонних конструкцій установок виробництва біогазу, мінеральних добрив, водоканалів, каналізаційних колекторів. Геоцементне покриття збільшує опір захищеного бетону до агресивних 5% розчинів солей амонію в 1,82 рази у порівняні з незахищеним. Стійкість геоцементного покриття до дії агресивних розчинів солей може бути оцінена в наступному порядку: $(NH_4)_2HPO_4$ > NH_4Cl > NH_4NO_3 > $(NH_4)_2SO_4$. Було встановлено доцільність продовжити дослідження на більш тривалий термін дії агресивного середовища.

SUMMARY

The presented article deals the influence of 5% solution of ammonium salts on the stability of concrete corrosion protected geocements coating intended for the repair and protection of concrete structures - water channels, mineral fertilizers plants, sewer collectors and plants for the production of biogas.

Література

1. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузеев]. – М.: Стройиздат, 1980. - 536 с.

2. Бабушкин В.И. Защита строительных конструкций от коррозии, старения и износа. - Харьков, 1989. ─ 168 с.

3. Stark J., Wicht B. Dauerhaftigkeit von Beton: Der Baustoff als Werkstoff, Weimar, Baupraxis, 2001, pp. 122-144.

4. Mehta, P.K. Sulfate attack on concrete – a critical review, in J. Skalny (ed.) Materials Science of Concrete, vol. III, The American Ceramic Society, Westerville, 1992, pp. 105–130.

5. Krivenko P.V. Alkaline Cements // Proceed. of the First Intern. Conf. Alkaline Cements and Concretes. - Kiev: VIPOL Stock Company, 1994. - V.I. - pp.11-129.

6. Кривенко П.В. Защита металлоконструкций от агрессивных внешних сред композициями на основе геоцементов / П.В. Кривенко, С.Г. Гузий // Будівельні конструкції, будівлі та споруди. Сейсмостійкість будівель та споруд / Вісник ОДАБА. - Вип. №33. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2009. – С. 228-234.

7. Антикоррозионные геоцементные композиции для защиты металлоконструкций / [П.В. Кривенко, С.Г. Гузий, Л. Грич, П. Фабиан] // Вестник ОГАСА. - Вып. №35. – Одесса: “Город мастеров”, 2009. – С. 200-206.

8. Гузий С.Г. Щелочные алюмосиликатные композиции для защиты строительных конструкций от агрессивных воздействий урбанистической среды / С.Г. Гузий, М.В. Суханевич // Сборник трудов 6-й Междунар. научн.-техн. конф. «AquaStop-2010» Гидроизоляционные, кровельные и теплоизоляционные материалы, 14-15 апреля 2010 г., ЛЕНЭКСПО, Санкт-Петербург, Россия. – С. 56-64.

9. Киричок В.І. Структура геоцементних антикорозійних покриттів на металевому підкладі / В.І. Киричок // Наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів КНУБА: тези доповідей. – в 2-х частинах. – Ч. 2. – К.: КНУБА, 2010. – С. 18.

10. Guzii S.G., Kyrychok V.I. Influence of the alkaline modifier and of the basic forming oxides geopolymer hydronepheline-analcime- faujasite composition on rheological and adhesive properties. Proc. 11 th International Scientific Conference VSU`, 2-3 June 2011, Sofia, Bulgaria – Vol. 2 - V-179-186.

11. Guzii S.G., Hela R, Kyrychok V.I. Rehabilitation of Concrete Surfaces of Hydropower Engineering Structures Deteriorated by Soft Corrosion and Cavitation, Advanced Materials Research, Vol. 688 (2013), pp. 107-112.

12. Krivenko P.V., Guziy S.G., Kyrychok V.I. Geocement-based Coatings for Repair and Protection of Concrete Subjected to Exposure to Ammonium Sulfate, Advanced Materials Research Vol. 923 (2014), pp. 121-124.