



Кривенко П. В.



Киричок В. І.



Гузій С. Г.

Кривенко П. В., д.т.н., директор,
e-mail: pavlo.kryvenko@gmail.com, +380679762397

Киричок В. І., аспірант, м.н.с.,
e-mail: v.kyrychok@gmail.com, +380930320640

Гузій С. Г., к.т.н., с.н.с.,
e-mail: sguziy@ukr.net, +380956122693

Науково-дослідний інститут в'язучих речовин та матеріалів ім. В.Д. Глуховського, Київський національний університет будівництва та архітектури, Повітрофлотський пр., 31, м. Київ, 03037, Україна

P. Kryvenko, D.Sc, Director,
e-mail: pavlo.kryvenko@gmail.com, +380679762397

V. Kyrychok, PhD student, Researcher,
e-mail: v.kyrychok@gmail.com +380930320640

S. Guziy, PhD., Senior Scientist,
e-mail: sguziy@ukr.net, +380956122693
Scientific-Research Institute for Binders and Materials named after V.D.Glukhovsky, Kyiv National University of Construction and Architecture, Povitroflotskiy ave.31, Kyiv, 03037, Ukraine

НАПОВНЕННЯ ТА АРМУВАННЯ МАТРИЦІ ЛУЖНИХ АЛЮМОСИЛКАТНИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ БЕТОНУ

НАПОЛНЕНИЕ И АРМИРОВАНИЕ МАТРИЦЫ ЩЕЛОЧНЫХ АЛЮМОСИЛКАТНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ БЕТОНА FILLING AND REINFORCEMENT THE MATRIX OF ALKALI ALUMINOSILICATE COATINGS FOR CONCRETE

Анотація. У статті представлено дослідження впливу кількості наповнювачів на властивості захисного лужного алюмосилкатного покриття. За допомогою математичного планування експерименту проаналізовано вплив кожного з наповнювачів на технологічні та експлуатаційні характеристики покриття. Досліджено макроструктуру покриттів та проведений її аналіз. Визначено оптимальне співвідношення наповнювачів в матриці покриття, що призводить до утворення щільного композиту. Досліджено можливість армування лужної алюмосилкатної матриці покриття та встановлено вид та оптимальну кількість армуючого компоненту.

Ключові слова. Корозія, покриття, лужний алюмосилкат, захист, бетон, наповнювач, тріщиностійкість.

Анотация. В статье представлено исследование влияния количества наполнителей на свойства защитного щелочного алюмосиликатного покрытия. С помощью математического планирования эксперимента проанализировано влияние каждого из наполнителей на технологические и эксплуатационные характеристики покрытия. Исследовано макроструктуру покрытий и проведен ее анализ. Определены оптимальное соотношение наполнителей в матрице покрытия, что приводит к образованию плотного композита. Исследована возможность армирования щелочной алюмосиликатной матрицы покрытия и установлен вид и оптимальное количество армирующего компонента.

Ключевые слова. Коррозия, покрытие, щелочной алюмосиликат, защита, бетон, наполнитель, трещиностойкость.

Annotation. The article presents a study of the impact of the amount of filler on the properties of alkali aluminosilicate protective coating. With the help of mathematical planning of experiment was analyzed the influence of each of the fillers on the technological and exploitative characteristics of the coating. The macrostructure of coatings was investigated and analyzed. The optimal ratio fillers in the matrix coating were determined and which leads to formation of a dense composite. Studied the possibility of reinforcing the alkali aluminosilicate matrix coating and determine the type and the optimum amount of the reinforcing component.

Keywords. Corrosion, coating, alkali aluminosilicate, protection, concrete, filler, crack resistance.

Вступ

При експлуатації бетонних та залізобетонних будівель в агресивних середовищах їх довговічність різко знижується за рахунок різноманітних за походженням та природою дії корозійних процесів.

Бетонні та залізобетонні конструкції, виготовлені з дотриманням технічних вимог, які зазначені у стандартах, можуть тривалий час протистояти негативному впливу атмосферно-кліматичного та агресивного зовнішнього середовища. При експлуатації вони поступово змінюють свої фізико-механічні та структурні властивості внаслідок фізико-хімічних процесів взаємодії цементного каменю і арматури з зовнішнім середовищем [1, 2, 3]. Хімічні і фізико-хімічні процеси, які проходять на поверхні бетону при контакт з навколишнім середовищем, призводять до порушення його функціональних властивостей [3, 4]. Тому підвищення довговічності та забезпечення надійної експлуатації бетонних і залізобетонних конструкцій за допомогою захисних покриттів для бетонних поверхонь набирає все більшої популярності, а їх розробка являється актуальним питанням сучасного будівельного матеріалознавства.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Дослідження науковців J. Stark [3], C.L. Page [4], V. P. de Freitas [5], V. M. Karbhari [6] та інших. щодо довговічності та корозійної стійкості будівельних матеріалів показали, що під дією навколишнього середовища процеси руйнування матеріалів

пов'язані з фізико-хімічними перетвореннями часток структури, які призводять до зміни об'єму та збільшення внутрішніх напружень матриці матеріалу з подальшим її руйнуванням. Наявність агресивних речовин у експлуатаційному середовищі будівельних конструкцій та матеріалів знижує їх довговічність у разі, а в окремих випадках на порядки, що підтверджується дослідженнями процесів корозії [7, 8].

При наявності агресивних речовин у експлуатаційному середовищі швидкість процесів збільшується з їх проникненням у тіло матеріалу та зі збільшенням площі взаємодії.

Захист бетону покриттями на основі органічних та неорганічних речовин та їх переваги і недоліки розглянуті в наукових роботах [9, 10]. Основними недоліками органічних покриттів являється – легкозаймистість, старіння в ході експлуатації, втрата адгезії до основи. Використання неорганічних покриттів на основі традиційних, модифікованих цементів не є ефективним з огляду низької стійкості до агресивних середовищ цементної матриці, що призводить до руйнування покриття.

Науковою школою НДІВМ ім. В.Д. Глуховського [11-14] було доведено можливість використання лужних алюмосилікатних зв'язуючих (геоцементів, геополімерів) для захисту будівельних конструкцій від впливу агресивних середовищ. Лужні алюмосилікати характеризуються особливо високими показниками надійності експлуатації – корозійна стійкість, температуростійкість, вогнестійкість [15, 16], завдяки синтезу, при гідратації, цеолітоподібних новоутворень.

Тому метою даної роботи було дослідження впливу складу наповнювачів та виду армуючих компонентів на властивості захисних покриттів для бетону на основі лужних алюмосилікатних зв'язуючих.

Матеріали та методи

Дослідження впливу температури та співвідношення основних оксидів на структуроутворення та властивості штучного каменю [13, 18] показали, що при твердінні за нормальних температур оптимальною структурною формулою лужного алюмосилікату є $(0.8\text{Na}_2\text{O}+0.2\text{K}_2\text{O})\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4,5\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$. Для отримання зв'язуючого з забезпеченням співвідношення оксидів використовували: метакаолін, мікрокремнезем, гідроксид калію та рідинне натрієве скло. У роботах [19, 20] була доведена можливість отримання, за умов нормальних температур, корозійностійкого штучного каменю з високими фізико-механічними характеристиками, введенням до його складу кальцій вміщуючих модифікаторів.

З огляду економічної та трудової ефективності робіт з відновлення та захисту будівельних конструкцій було обрано спосіб нанесення за допомогою розпилення. Для забезпечення технологічності матеріалу рухомість розчинової суміші повинна становити $\text{PK}=20\pm 1\text{ см}$.

В якості наповнювачів було обрано Дніпровський річковий пісок та золу винесення Ладижинської ТЕС. Оптимізацію складу наповнювачів покриття виконували за допомогою трьохфакторного багаторівневого методу планування експерименту. В якості факторів було обрано: фактор X_1 – пісок фракції 0.63...0.315 (35-50%), фактор X_2 – пісок фракції 0.315...0 (30-45%) та фактор X_3 – зола винесення Ладижинської ТЕС 0.16...0 (20-35%).

«Ідеальні» криві просіювання (Фуллер, Андреасен та ін.) описують найщільнішу структуру матеріалу з ідеально сферичних частинок, однак вони не враховують форми реальних наповнювачів. Враховуючи гранулометричний склад наповнювачів та рівняння «ідеальних» кривих, було встановлено межі планування експерименту щодо створення максимально щільної структури лужного алюмосилікатного композиту з забезпеченням технологічності розчинової суміші ($\text{PK}=20\pm 1\text{ см}$), згідно ДСТУ Б В.2.7-126:2011.

Для підвищення тріщиностійкості та зниження усадочних деформацій покриттів було виконане дослідження можливості армування матриці композиту, в якості армуючих компонентів обрано поліпропіленову, базальтову фібру довжиною 1 мм та базальтову луску з розмірами частинок до 1 мм.

Перед замішуванням розчинової суміші окремо готували рідку та суху частину лужного алюмосилікатного покриття. Рідка частина – лужний розчин, що складається з рідинного натрієвого скла, гідроксиду калію та води; суха частина – усі сухі компоненти зв'язуючого та наповнювачі. Після приготування рідкої та сухої частини покриття, їх ретельно сумісно перемішували за допомогою змішувачу HOBART протягом 3-х хвилин. Після чого проводили дослідження рухомості розчину, наносили на бетонну основу (С30/35) та формували зразки 40x40 і 40x40x160 мм.

Твердіння штучного каменю відбувалось 28 діб при температурі $20\pm 2^\circ\text{C}$: першу добу у формах, після чого відбувалось розпалублення та поміщення зразків у вологе середовище $W=95\pm 5\%$. Після твердіння зразків штучного каменю визначали їх середню густину, випробовували на міцність при стиску і згині, та визначали їх водопоглинання згідно ДСТУ Б В.2.7-239:2010. Нанесені покриття тверділи протягом 28 діб після чого були проведені випробування визначення адгезійної міцності зчеплення покриття з бетонною поверхнею згідно ДСТУ Б ГОСТ 28574:2011.

Результати дослідження

Матриця планування експерименту та результати її реалізації наведені в Таблиці 1. За допомогою програмного комплексу STATISTICA отримані: рівняння регресії (1-6), що описують математичні моделі впливу складу захисного покриття на розтічність конусу розчинової суміші (1), показники міцності при стиску (2) та згині (3), міцність зчеплення покриття з бетонною основою (4), середню густину покриття (5) та його водопоглинання за об'ємом (6) відповідно; та функції відгуку у вигляді ізопараметричних діаграм впливу складових покриття на його властивості Рис. 1.

Аналізуючи вплив факторів на рухомість розчинової суміші, Рис. 1, (а) та рівняння регресії (1), можна зазначити, що кількість піску фракції 0.63-0.315 та золи мають найістотніше значення. Так найвищими показниками розтічності конусу характеризуються склади з кількістю піску 0.63...0.315 більше 40%. Це пояснюється тим, що при високій кількості цієї фракції загальна питома поверхня наповнювачів знижується, яка при сталій кількості лужного зв'язуючого дозволяє отримати суміші більшої рухомості. Зворотнє явище спостерігається при високій кількості золи у системі, більше 27.5%.

Таблиця 1

Матриця планування експерименту та результати її реалізації

№	Матриця планування експерименту						Результати експерименту					
	В кодах			В натуральних величинах			PK, см	R _{CT} , МПа	R _{зг} , МПа	R _A , МПа	ρ, кг/м ³	W _о , %
	X ₁	X ₂	X ₃	Пісок 0.63-0.315, %	Пісок 0.315-0, %	Зола 0.16-0, %						
1	1.00	0.00	0.00	50.0	30.0	20.0	20.2	36.5	8.4	1.0	2140.0	5.6
2	0.00	1.00	0.00	35.0	45.0	20.0	19.3	40.9	9.7	1.1	2180.0	4.4
3	0.00	0.00	1.00	35.0	30.0	35.0	18.8	42.5	10.1	1.2	2090.0	4.9
4	0.50	0.50	0.00	42.5	37.5	20.0	20.6	38.1	8.9	1.3	2170.0	4.6
5	0.50	0.00	0.50	42.5	30.0	27.5	19.7	40.2	9.6	1.2	2150.0	4.8
6	0.00	0.50	0.50	35.0	37.5	27.5	19.3	41.1	9.8	1.3	2130.0	5.3
7	0.33	0.33	0.33	40.0	35.0	25.0	20.4	40.5	9.7	1.4	2160.0	4.5

Рівняння регресії впливу складу захисного покриття на його властивості:

$$\text{PK} = 20.2 X_1 + 19.3 X_2 + 18.8 X_3 + 3.4 X_1 X_2 + 0.8 X_1 X_3 + 1.0 X_2 X_3 + 10.5 X_1 X_2 X_3 \quad (1)$$

$$R_{CT} = 36.5 X_1 + 40.9 X_2 + 42.5 X_3 - 2.4 X_1 X_2 + 2.8 X_1 X_3 - 2.4 X_2 X_3 + 20.4 X_1 X_2 X_3 \quad (2)$$

$$R_{зг} = 8.4 X_1 + 9.7 X_2 + 10.1 X_3 - 0.6 X_1 X_2 + 1.4 X_1 X_3 - 0.4 X_2 X_3 + 6.9 X_1 X_2 X_3 \quad (3)$$

$$R_A = 1.0 X_1 + 1.1 X_2 + 1.2 X_3 + 1.0 X_1 X_2 + 0.4 X_1 X_3 + 0.6 X_2 X_3 + 2.1 X_1 X_2 X_3 \quad (4)$$

$$\rho = 2140 X_1 + 2180 X_2 + 2090 X_3 + 40 X_1 X_2 + 140 X_1 X_3 - 20 X_2 X_3 + 150 X_1 X_2 X_3 \quad (5)$$

$$W_o = 5.6 X_1 + 4.4 X_2 + 4.9 X_3 - 1.6 X_1 X_2 - 1.8 X_1 X_3 + 2.6 X_2 X_3 - 10.2 X_1 X_2 X_3 \quad (6)$$

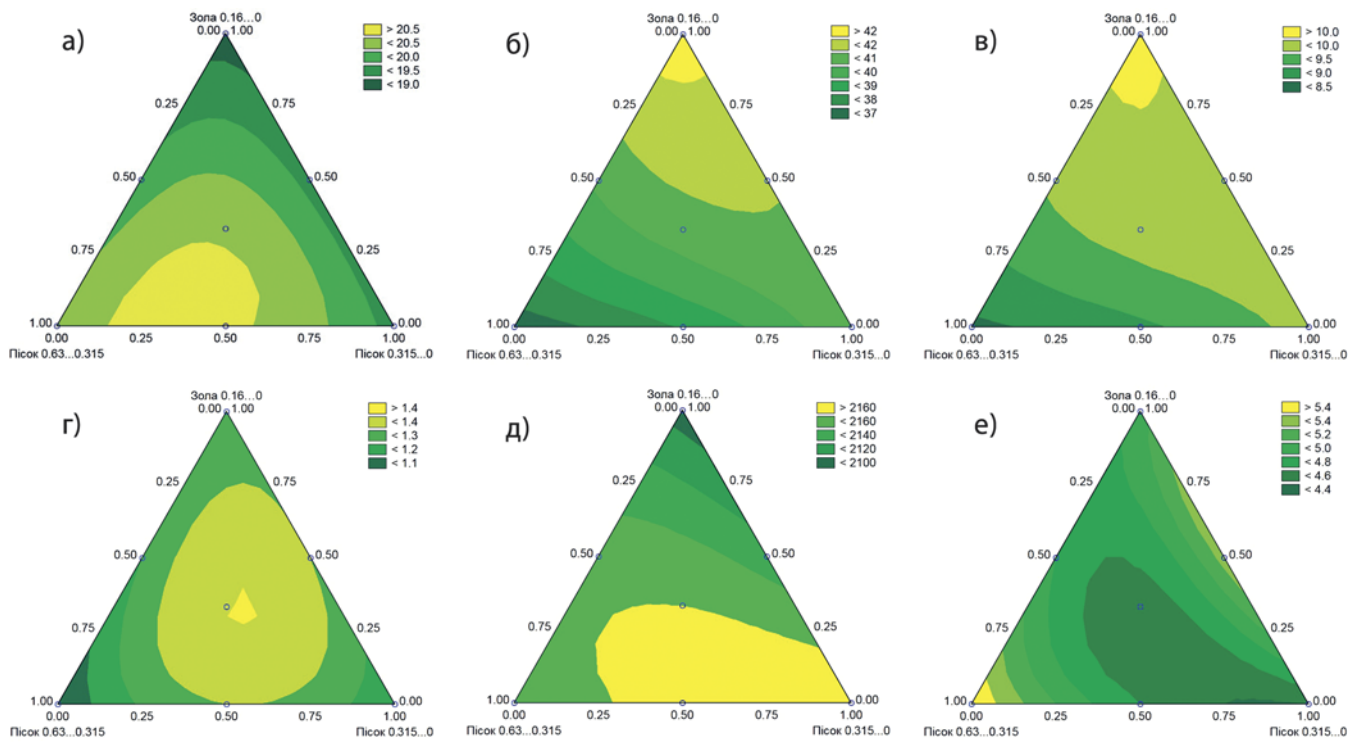


Рис. 1. Ізопараметричні діаграми впливу складу покриття на його властивості відповідно:

- (а) рухомість суміші; (б) міцність покриття при стиску; (в) міцність покриття при згині; (г) міцність зчеплення з бетонною основою; (д) середню густину покриття; (е) водопоглинання покриття за об'ємом

Вплив складу наповнення покриття на його міцнісні характеристики Рис. 1, (б, в) достатньо схожий, як на міцність при стиску так і при згині. Найсуттєвіший вплив на міцність покриття має кількість піску фракції 0.63...0.315, так при перевищенні 42.5% міцнісні характеристики різко знижуються, що може пояснюватись недонаповненістю матриці композиту. Найвищими показниками міцності при стиску та при згині характеризуються склади з максимальним вмістом золи. З Рис. 1, (б, в) можна ще засвідчити, що при мінімальній кількості золи, збільшення кількості піску фракції 0.315...0 дозволяє донаповнити матрицю композиту та підвищити міцнісні показники.

Аналіз рівняння регресії (4) та Рис. 1, (г) показує, що найвищими показниками адгезійної міцності покриття до бетонної поверхні характеризуються склади з рівною кодовою кількістю наповнювачів – 0.33X. Збільшення кількості одного з наповнювачів призводить до зниження адгезійної міцності покриття. Так при збільшенні кількості піску фракції 0.63...0.315 більше 45% адгезійна міцність різко знижується на 15-20%. З Рис. 1, (д) можна побачити що зміна складу наповнювачів в межах експерименту має не істотне значення на середню густину композиту, в межах 3-4%, та збільшення кількості золи винесення у складі наповнювачів більше 27.5% призводить до зниження густини покриття.

Проаналізувавши рівняння регресії (б) та Рис. 1, (е), необхідно зазначити, що найбільший вплив на водопоглинання покриття має кількість піску фракції 0.63...0.315, найнижчим показником характеризуються склади з 37.5÷46%, та кількістю золи у складі наповнювачів 20÷27.5%.

У ході дослідження за допомогою електронного мікроскопу було отримано фотографії макроструктури сколу наповненого покриття зі збільшенням у 500 разів Рис. 2.

Аналізуючи макроструктуру наповненого покриття Рис. 2, можна побачити, що при максимальній кількості – 50% піску фракції 0.63...0.315, структура покриття є менш щільною та включає в себе достатню кількість умовно закритих пор діаметром до 0.4мм. При підвищенні кількості піску фракції 0.315...0 до 45 %, щільність структури композиту збільшується, хоча наявність пор, діаметром до 0.2 мм, спостерігається проте їх кількість значно нижча. При введенні в склад наповнювачів максимальної кількості золи – 35%, структура покриття є дуже щільною, і порова структура композиту характеризується незначною кількістю закритих пор розміром до 0.1 мм.

Згідно проведеного аналізу досліджень впливу факторів складу наповнення покриття можна зазначити, що для отримання щільної структури композиту з високими експлуатаційними характеристиками та з забезпеченням необхідної технологічності суміші оптимальною кодовою кількістю факторів являється склад з $X_1=0.39$, $X_2=0.36$, $X_3=0.25$. Цей склад у натуральних величинах становить: пісок фракції 0.63...0.315 = 40.8%, пісок фракції 0.315...0 = 35.4% та зола винесення Ладжинської ТЕС 0.16...0 = 23.8%.

Додатково, з метою перекривання тріщин, зменшенню деформативності покриття та підвищення його тріщиностійкості були проведені дослідження з армування композиту за допомогою поліпропіленової фібри (ППФ), базальтової фібри (БФ) та базальтової луски (БЛ) із розміром частинок до 1мм. Основними показниками було обрано фізико-механічні властивості покриттів, так як вони відповідають за показники тріщиностійкості, та технологічність розчинової суміші покриття.

На Рис. 3, (а) наведено діаграму впливу виду армуючого компоненту на міцнісні характеристики покриття на 28 добу твердіння, при введенні їх у кількості 1% від маси лужного алюмосилікатного зв'язуючого.

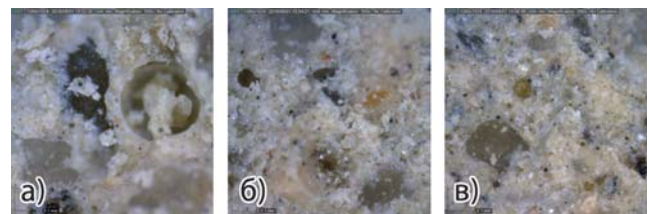


Рис. 2. Фотографії макроструктури наповненого покриття з максимальним вмістом наповнювачів відповідно: а) пісок 0.63...0.315; б) пісок 0.315...0; в) зола 0.16...0

Аналізуючи діаграму Рис. 3, (а) можна зазначити, що при внесенні у якості армуючого компоненту поліпропіленової фібри міцнісні характеристики покриття підвищуються пропорційно на 9% – при стиску та на 11% – при згині. При використанні базальтової фібри міцність покриття також збільшується пропорційно, на 16% та 18% відповідно. Склади покриття з вмістом базальтової луски показали найвищий показник міцності при згині покриття – 11.3 МПа, а збільшення міцності при стиску є незначним, всього на 7%.

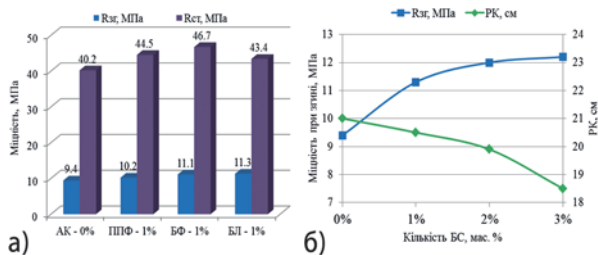


Рис. 3. Діаграми впливу армуючих компонентів на властивості покриття: а) вплив виду армуючого компоненту на міцнісні характеристики покриття; б) вплив кількості базальтової луски на рухомість суміші та міцність покриття при згині

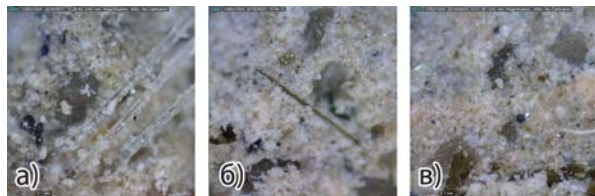


Рис. 4. Фотографії макроструктури покриття: а) ППФ – 1%; б) БФ – 1%; в) БЛ – 1%

Найвищим показником тріщиностійкості характеризується армоване захисне покриття з внесенням до його складу базальтової луски – $K_{тр} > 0.26$.

З огляду цифрових фотографій макроструктури покриттів Рис. 4 можна зазначити, що поліпропіленова фібра у складі покриття виступає як інертна структура, на контактній зоні між фіброю та лужним алюмосилікатом не виявлено щільного контакту. Аналіз контактної зони між алюмосилікатом та базальтовими армуючими компонентами, показує що контакт більш щільний та на поверхні волокон та луски наявні гідратні новоутворення алюмосилікату. Армування фіброю відбувається лише в одному напрямку, тоді як базальтова луска армує компо-

зит у двох напрямках, що і пояснює вищі показники тріщиностійкості захисного покриття, тому з метою покращення властивостей покриттів в якості армуючого компоненту було обрано використання базальтової луски.

Тріщиностійкість покриття зростає з підвищенням його здатності чинити опір напруженням розтягу. При армуванні матриці покриття його міцність при згині збільшується, але погіршуються показники рухомості розчинової суміші. На Рис. 3, (б), наведено діаграму результатів дослідження впливу кількості базальтової луски на рухомість розчинової суміші та міцність при згині покриття. фізико-механічних характеристик з огляду діаграми можна зазначити, що різке підвищення міцності при згині відбувається при введенні в склад покриття 1-2% базальтової луски, подальше збільшення її кількості призводить до різкого зниження рухомості суміші та незначного підвищення міцності.

Висновок

Забезпечення технологічних та експлуатаційних властивостей захисних покриттів залежить від щільного наповнення матриці композиту та спільної роботи всіх його складових. В ході дослідження було визначено, що для забезпечення цих властивостей склад наповнення лужної алюмосилікатної суміші повинен бути таким: пісок фракції 0.63...0.315 = 40.8%, пісок фракції 0.315...0 = 35.4% та зола винесення Ладижинської ТЕС 0.16...0 = 23.8%. Для підвищення тріщиностійкості покриття, як внаслідок – терміну експлуатації, шляхом армування композиту, варто використовувати базальтові армуючі компоненти. Введення 1-2% базальтової луски до складу покриття, підвищує його коефіцієнт тріщиностійкості на 10-15%. Подальші дослідження будуть направлені на покращення властивостей покриття шляхом введенням до його складу органічних модифікаторів та дослідження ефективності його використання.

Література:

1. Чернявский В.Л. Адаптация абиотических систем: бетон и железобетон. Монография – Днепропетровск: Изд-во ДНУЖТ, 2008. – 412 с.
2. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. Под ред. В. М. Москвина. – М.: Строй- издат, 1980. – 536 с.
3. Stark J.; Wicht B. (2001) Dauerhaftigkeit von Beton: Der Baustoff als Werkstoff, Weimar: Baupraxis.
4. Page C. L.; Page M. M. (2007) Durability of Concrete and Cement Composites, Elsevier.
5. Vasco Peixoto de Freitas; Delgado J.M.P.Q. (2013) Durability of Building Materials and Components, Springer Science & Business Media.
6. Karbhari V. M. (2007) Durability of Composites for Civil Structural Applications, Elsevier.
7. V. Cicek; B. Al-Numan (2011) Corrosion Chemistry, John Wiley & Sons.
8. Branko N. Popov (2015) Corrosion Engineering: Principles and Solved Problems, Elsevier.
9. Anibal Costa; Joao Miranda Guedes; Humberto Varum. (2013) Structural Rehabilitation of Old Buildings, Springer Science & Business Media.
10. Khan Mohiuddin. (2010) Bridge and Highway Structure Rehabilitation and Repair, McGraw Hill Professional.
11. Guzii S., Hela R., Kyrychok V., Rehabilitation of Concrete Surfaces of Hydropower Engineering Structures Deteriorated by Soft Corrosion and Cavitation, Advanced Materials Research, Vol. 688, 2013, pp. 107-112. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.688.107
12. Krivenko P., Guzii S., Kyrychok V., Geocement-based Coatings for Repair and Protection of Concrete Subjected to Exposure to Ammonium Sulfate, Advanced Materials Research, Vol. 923, 2014, pp. 121-124. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.923.121
13. Kyrychok V., Drochytka R., Kryvenko P., Influence of Temperature on Structure Formation Processes Geocements for Rehabilitation of Concrete, Advanced Materials Research, Vol. 1122, 2015, pp. 111-114. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.1122.111
14. Kryvenko P., Guzii S., Kovalchuk O., Kyrychok V., Sulfate Resistance of Alkali Activated Cements, Materials Science Forum, Vol. 865, 2016, pp. 95-106. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.865.95
15. Provis, J.; van Deventer, J.S.J. (2009) Geopolymers, structure, processing, properties and industrial applications. Edited by J. Provis and J.S.J. van Deventer, Woodhead Publishing Limited.
16. Provis, J.; van Deventer, J.S.J. (2014) Alkali activated Materials. State of the art Report. RILEM TC 224 – AAM, Springer.
17. Barrer, R. (1982) Hydrothermal chemistry of zeolites, London Academic Press.
18. Киричок В.И., Кривенко П.В., Гузий С.Г. Влияние температуры твердения и состава геоцементов на их физико-механические свойства // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск №58. Одеса:Зовнішрекламсервіс, 2015. – С. 164-171.
19. Киричок В.И., Гузий С.Г., Кривенко П.В., Вплив кальцій вміщуючих модифікаторів на водостійкість та набір міцності геоцементів // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Випуск №30. Рівне, 2015. – С. 29-35.
20. Киричок В.И., Кривенко П.В., Гузий С.Г., Корозійна стійкість модифікованих геоцементів отриманих за умов нормальних температур // Будівельні матеріали, виробли та санітарна техніка: наук.-техн. зб. – 2016. - № 57. – С. 32-40.