

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет будівництва і архітектури

БОНДАР КАТЕРИНА ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 666.971; 699.82

ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНІ РОЗЧИНИ ПРОНИКНОЇ ДІЇ З ПОКРАЩЕНИМИ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

05.23.05 – будівельні матеріали та вироби

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі будівельних матеріалів Київського національного університету будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Пушкарьова Катерина Костянтинівна,
Київський національний університет будівництва і
архітектури, завідувач кафедри будівельних матеріалів.

Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор
Мішутін Андрій Володимирович,
Одеська державна академія будівництва та архітектури,
декан факультету гідротехнічного та
транспортного будівництва;
– кандидат технічних наук
Чудновський Сергій Михайлович,
директор науково-виробничого підприємства «МІСТІМ»,
м. Рівне.

Захист відбудеться 22 грудня 2014 р. о 13⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.05 Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03680, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, ауд. 466.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03680, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31.

Автореферат розісланий «20» листопада 2014 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

М.В. Суханевич

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Влаштування гідроізоляції – це найбільш складний і відповідальний вид робіт, що потребує комплексного підходу з урахуванням всіх особливостей виготовлення, технології нанесення та умов експлуатації конструкцій. Для забезпечення ефективного захисту бетонних і залізобетонних будівельних споруд в різних умовах агресивного впливу зовнішнього середовища пріоритетне місце на сьогоднішній день займають матеріали проникної дії.

Гідроізоляційні розчини проникної дії отримують замішуванням водою сухих сумішей, що складаються з портландцементу, кварцового піску та ретельно підбраного складу комплексної добавки, в тому числі солей електролітів. Ефект водонепроникності забезпечується за рахунок хімічних реакцій, які відбуваються всередині структури бетону між його складовими та компонентами, що містяться в гідроізоляційному розчині.

Однак, вміст великої кількості таких хімічних добавок супроводжується утворенням висолів, тріщин, відшаровування, що призводить до недовговічності бетонних та залізобетонних споруд і викликає певні невдоволення споживачів.

Основою для отримання відомих в наш час гідроізоляційних матеріалів є портландцементи без добавок, які, в свою чергу, мають ряд недоліків, оскільки продукти їх гідратації з часом піддаються руйнуванню.

Метою дослідження є розробка складів гідроізоляційних розчинів проникної дії на основі портландцементу, модифікованого комплексними добавками, для отримання покриттів, що відрізняються підвищеними водонепроникністю, атмосферо- та корозійною стійкістю.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано на кафедрі будівельних матеріалів Київського національного університету будівництва і архітектури у рамках науково-пошукової роботи Міністерства освіти і науки України №1ПБ-2011 (2011-2013 рр.) «Розробка фізико-хімічних основ синтезу гідроізоляційних та ремонтних матеріалів на основі модифікованих композиційних цементів» (№ державної реєстрації 0111 U008758). В зазначеній роботі автор виконувала обов'язки виконавця.

Задачі дослідження:

1. Визначити властивості та обґрунтувати вибір сировинних матеріалів, які потрібні для виконання поставленої задачі; викласти методи проведення досліджень.
2. Дослідити ефективність сумісного використання шлако- та золомістких цементів, природних або випалених цеолітів та солей-електролітів для отримання гідроізоляційних розчинів проникної дії.
3. З використанням експериментально-статистичних методів планування експерименту оптимізувати склади гідроізоляційних розчинів проникної дії, що відрізняються підвищеними експлуатаційними характеристиками.
4. Встановити механізм впливу комплексної добавки (доменного гранульованого шлаку, природного цеоліту, солей-електролітів та гідрофобізуючої речовини “136-41” (ГКЖ-94)) на процеси структуроутворення і розробити принципи композиційної побудови гідроізоляційних розчинів проникної дії з покращеними експлуатаційними характеристиками.

5. Експериментально дослідити фізико-механічні та експлуатаційні властивості покриттів на основі розроблених складів.

6. Провести практичне випробовування отриманих гідроізоляційних матеріалів, оцінити їхню техніко-економічну ефективність та раціональні сфери використання.

Об'єкт дослідження – направлене регулювання процесів структуроутворення та твердіння гідроізоляційних розчинів проникної дії на основі портландцементу, модифікованого комплексними добавками, що забезпечують формування покриття з покращеними експлуатаційними характеристиками, в тому числі з підвищеною водонепроникністю, атмосферо- та корозійною стійкістю.

Предмет дослідження – гідроізоляційні розчини проникної дії на основі портландцементу, модифікованого комплексними добавками, що включають доменний гранульований шлак, природний цеоліт, солі-електроліти та гідрофобізуючу речовину “136-41” (ГКЖ-94) і дозволяють отримувати гідроізоляційне покриття з покращеними експлуатаційними характеристиками для захисту бетонних та залізобетонних споруд.

Методи досліджень. Дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів проводили згідно з нормативними документами ДСТУ Б В.2.7-126:2011 «Суміші будівельні модифіковані. Загальні технічні умови»; ДСТУ Б В.2.7-23-95 «Розчини будівельні. Загальні технічні умови»; ДСТУ Б В.2.7-214:2009 «Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками». Експериментальні дослідження продуктів гідратації цементного каменю виконані з застосуванням сучасних методів фізико-хімічного аналізу: рентгенофазового, диференціально-термічного, а також електронної растрової мікроскопії. Розрахунки та оптимізацію складів в'язучих композицій, модифікованих комплексними добавками, та покриттів на їхній основі, проведено з застосуванням експериментально-статистичних методів планування експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів:

- розроблено фізико-хімічні основи композиційної побудови гідроізоляційних розчинів проникної дії з покращеними експлуатаційними властивостями, що передбачають використання крім портландцементу комплексної добавки, яка складається з доменного гранульованого шлаку, природного цеоліту, солей-електролітів та гідрофобізатора “136-41” (ГКЖ-94);

- встановлено роль кожної складової у підвищенні водонепроникності та формуванні фазового складу новоутворень, в тому числі: введення шлаку забезпечує зв'язування портландиту у гідросилікати кальцію; природні цеоліти, спочатку підлягають процесу деструкції, а з часом забезпечують зв'язування зайвих лугів (Na, K) у більш термодинамічно стабільні цеолітоподібні новоутворення (анальцим, гмелініт, нозеан); солі-електроліти сприяють формуванню гідросульфоалюмінатних Aft та AFm фаз;

- визначено позитивний вплив спільної дії у складі гідроізоляційних сумішей добавок солей-електролітів та органічної добавки гідрофобізуючої дії “136-41” (ГКЖ-94), що дозволяє керувати не тільки реологічними властивостями розчинових сумішей, а й фізичними характеристиками утвореного штучного каменю (пористість, водопоглинання);

- показано, що використання комплексної добавки у складі гідроізоляційних

розчинів проникної дії дозволяє знизити величину водопоглинання в 17,7...21,4 рази (7 доба) та в 2,5...4,4 рази (360 доба) порівняно з існуючими аналогами на ринку України (Кальматрон та Пенетрон).

Практичне значення одержаних результатів:

- розроблено і оптимізовано склади гідроізоляційних розчинів проникної дії та покриттів на їхній основі з покращеними експлуатаційними властивостями, в тому числі з високою водонепроникністю, атмосферо- та корозійною стійкістю;

- розроблено технологічну схему виробництва і випущено дослідно-промислову партію сухої будівельної суміші для отримання гідроізоляційних розчинів проникної дії на основі портландцементу, модифікованого доменним гранульованим шлаком, природним цеолітом, солями-електролітами та гідрофобізатором “136-41” (ГКЖ-94). Фактичний економічний ефект від використання розробленого гідроізоляційного розчину, який було нанесено на внутрішню стіну та підлогу підвалу виробничого цеху ТОВ ОПБМ м. Обухів, становить 69,44 грн на 1 м². Загальний економічний ефект, отриманий при виготовленні 480 м² гідроізоляційного покриття, складає 33331,2 грн і досягається за рахунок використання відносно недорогих та недефіцитних сировинних матеріалів.

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні експериментальних досліджень, обробці отриманих результатів та впровадженні розроблених матеріалів у виробництво. Особистий внесок здобувача у наукові роботи:

- показано можливість підвищення корозійної стійкості гідроізоляційних покриттів на основі портландцементу, доменного гранульованого шлаку, природних цеолітів та солей електролітів [1];

- встановлено особливості модифікації шлакомістких в'язучих систем природними цеолітами та солями-електролітами [2];

- досліджено з використанням фізико-хімічних методів аналізу склад та структуру продуктів гідратації гідроізоляційних розчинів проникної дії на пізніх етапах твердіння [3];

- досліджено з використанням фізико-хімічних методів аналізу склад та структуру продуктів гідратації гідроізоляційних розчинів проникної дії на ранніх етапах твердіння [4];

- запроектовано склади гідроізоляційних матеріалів, що забезпечують отримання довговічного покриття з високими експлуатаційними характеристиками у часі (через 1 рік міцність покриття при стиску становить 8,71МПа, а водопоглинання – 2,9 мл) [5, 6, 7, 8];

- встановлено можливість зменшення величини водопоглинання гідроізоляційних покриттів на основі шлакомістких в'язучих систем за рахунок модифікації їх добавками природних цеолітів та солей електролітів [9];

- досліджено вплив добавки природного цеоліту різного ступеня аморфізації структури на властивості штучного каменю на основі шлакомістких в'язучих речовин, що містять у своєму складі до 30% доменного гранульованого шлаку, та показано кінетику зміни міцності штучного каменю й водопоглинання покриттів [10];

- вивчено особливості модифікації шлако- та золомістких портландцементів природними цеолітами різного ступеня аморфізації структури та встановлено вплив

її на фізико-механічні характеристики штучного каменю [11];

– досліджено комплекс експлуатаційних властивостей розроблених складів гідроізоляційних покриттів та показано ефективність їх модифікації комплексними мінеральними добавками. Морозостійкість бетону після нанесення гідроізоляційного покриття становить не менше 150 циклів, водонепроникність – W8 [12, 13];

– наведено результати досліджень впливу природних цеолітів та солей електролітів на фізико-механічні та експлуатаційні характеристики гідроізоляційних покриттів [14];

– розроблено склади гідроізоляційних розчинів, що захищені патентом на корисну модель №92469 “Гідроізоляційне покриття проникної дії для гідроізоляції бетонних поверхонь «Цеолітрон»” [15];

– досліджено ефективність використання шлако-, золомістких та композиційних в’язучих речовин, модифікованих природними цеолітами та комплексними добавками електролітів, для отримання гідроізоляційних розчинів проникної дії зі зниженими показниками водопоглинання та високою міцністю у початкові терміни твердіння [16, 17, 18, 19].

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідались на: 71-75 науково-практичних конференціях Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА) (2010-2014 рр.); наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів КНУБА (2010-2014 рр.); міжнародній науково-практичній конференції «Физико-химические проблемы в технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» (м. Харків, 2010 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Строительные смеси на основе минеральных вяжущих: цементные, известковые, гипсовые. Системы сухого строительства, изделия из гипса» (м. Київ, 2012 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Нові рішення в області гідроізоляції: сучасні гідроізоляційні та покрівельні матеріали для промислового, цивільного і дорожнього будівництва» (м. Київ, 2012 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Строительные смеси на основе минеральных вяжущих. Гипс и изделия из гипса. Системы сухого строительства» (м. Київ, 2013 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Бетони та добавки для бетону в сучасному будівництві: актуальні питання виробництва і застосування» (м. Київ, 2014 р.); науково-практичному семінарі «Производство энерго- и ресурсосберегающих строительных материалов и изделий» (м. Ташкент, Узбекистан); міжнародній науково-практичній конференції «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения» (м. Мінськ, м. Могилів, Республіка Білорусь).

Публікації. За темою роботи опубліковано 19 друкованих робіт, в тому числі 9 – у наукових фахових виданнях України; 1 – у виданні, що включено до міжнародних наукометричних баз; 2 – у наукових виданнях зарубіжних держав; 6 – у матеріалах доповідей вітчизняних і міжнародних конференцій та семінарів. Отримано 1 патент на корисну модель.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 124 сторінках друкованого тексту основної частини, яка складається зі вступу, п'яти розділів та висновків. Повний обсяг дисертації складає 165 сторінки і включає 38

рисунків (з них 11 – на 11 окремих сторінках), 14 таблиць (з них 3 – на 3 окремих сторінках), список використаних джерел із 141 найменування на 14 сторінках та 4 додатки на 11 сторінках.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету досліджень, наукову новизну, практичне значення та основні задачі, що розв'язані у роботі.

У першому розділі наведено огляд стану наукової розробки теми та визначено теоретичні передумови досліджень.

Влаштування гідроізоляції – це найбільш складний і відповідальний вид робіт. Ось чому, тільки системний комплексний підхід, який включає в себе масштабне дослідження споруд, може забезпечити надійність і довговічність технічного рішення «матеріал-конструкція-технологія-експлуатація» з урахуванням всіх факторів впливу як на споруду в цілому, так і на окремі її елементи.

Матеріали проникної дії отримують з використанням сухих сумішей на основі портландцементу, кварцового піску та активних мінеральних добавок. В якості добавок, які обумовлюють проникну дію, використовують активний кремнезем, оксид алюмінію, карбонати, сульфати, нітрати і оксалати лужних металів, сульфоалюмінати кальцію та інші сполуки, здатні під впливом води зв'язувати вільне вапно у нерозчинні гідросилікати, гідроалюмінати і гідросульфоалюмінати кальцію, що колюматують капілярно-пористу структуру бетону.

Механізм дії проникної гідроізоляції на основі портландцементу пов'язаний з хімічною реакцією активних реагентів (пенетратів) з портландитом та капілярною вологою в бетоні. Водорозчинний гідроксид кальцію, який вимивається водою, створює додаткову мережу капілярів та пор – потенційних центрів розвитку корозії.

Вміст великої кількості хімічних добавок у складі таких гідроізоляційних сумішей, призводить до утворення висолів, тріщин, відшаровування, зниження морозо-, атмосферо- та корозійної стійкості, недовговічності бетонних та залізобетонних споруд. Слід також відмітити, що висока собівартість як самого гідроізоляційного матеріалу, так і виконаних ремонтних робіт, також викликає певні невдоволення споживачів.

Для усунення існуючих недоліків гідроізоляційних розчинів проникної дії необхідно коригувати склад солей-електролітів та створити можливості регулювання фазовими перетвореннями в напрямку зв'язування зайвих лугів (Na, K) у нерозчинні сполуки (CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^-) з наступною участю їх у направленому формуванні структури штучного каменю з покращеними експлуатаційними властивостями.

Аналіз фізико-механічних закономірностей синтезу штучного каменю з наперед заданими властивостями та відомі дані про фазовий склад новоутворень, що забезпечують здатність до структурно-функціональної адаптації матеріалів у часі, дозволяють висунути гіпотезу про можливість отримання гідроізоляційних розчинів проникної дії з покращеними експлуатаційними властивостями на основі портландцементу, солей-електролітів та комплексних добавок, причому використання у складі останніх доменного гранульованого шлаку та природного

цеоліту, дозволить зв'язати зайві луки (Na, K) та оклюдувати аніони (CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^-) у нерозчинні цеолітоподібні гідроалюмосилікати з наступною участю їх у наведеному формуванні гідросульфо-, гідрокарбо-, гідронітроалюмінатів та гідроалюмосилікатів певного складу та структури, що забезпечить не тільки підвищення гідроізоляційної здатності отриманого покриття, але й інші експлуатаційні характеристики, які визначають його довговічність, в тому числі атмосферо-, морозо- та корозійну стійкість.

Встановлення механізму управління процесами структуроутворення портландцементних композицій, модифікованих активними мінеральними добавками, природними цеолітами та солями-електролітами, дозволить регулювати міцнісні та деформативні характеристики штучного каменю й відкриває можливості створення ефективних матеріалів як основи для отримання гідроізоляційних розчинів проникної дії з напередзаданими властивостями.

У другому розділі наведено характеристики застосованих сировинних матеріалів та нових методів досліджень.

Для проведення досліджень як сировинні матеріали застосовано: портландцемент ПЦ І-400 за ДСТУ Б В.2.7-46:2010 виробництва ПАТ «Волинь-Цемент» (м. Здолбунів), ($S_{\text{пит}} = 350 \text{ м}^2/\text{кг}$); мелений доменний гранульований шлак (ДСТУ Б В.2.7-261:2011) Криворізького металургійного комбінату "Криворіжсталь" (ВАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг") з модулем основності 1,2, ($S_{\text{пит}} = 400 \text{ м}^2/\text{кг}$); золу-винесення Ладизинської ТЕС (ДСТУ Б В.2.7-128-2006), ($S_{\text{пит}} = 410 \text{ м}^2/\text{кг}$); мелений природний цеоліт (клиноптилоліт) (ДСТУ Б В.2.7-128-2006) Сокирницького родовища ($S_{\text{пит}} = 1000 \text{ м}^2/\text{кг}$).

Для зниження водопоглинання покриттів до складу в'язучої композиції вводили натрієві солі-електроліти у різних співвідношеннях ($\text{Na}_2\text{CO}_3 = 0,8...1,6\%$; $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 1,2...2,0\%$; $\text{NaNO}_3 = 0,4...2,0\%$), при цьому їх сумарний вміст не перевищував 4 % від маси гідроізоляційної суміші.

Для регулювання реологічних властивостей розчинових сумішей проникної дії як гідрофобізуючу добавку було використано кремнійорганічну рідину "136-41" (ГКЖ-94) в кількості 0,04...0,1%, яку наносили методом розпилювання на кварцовий пісок (ДСТУ Б В.2.7-32-95, ДСТУ Б В.2.7-131:2007).

Для виготовлення покриттів на основі розроблених складів гідроізоляційних сумішей як дрібний заповнювач застосовували дніпровський кварцовий пісок з крупністю зерна менше 0,63 мм (ДСТУ Б В.2.7-32-95).

Приготування сумішей здійснювали змішуванням вихідних компонентів у фарфоровому кульовому млині до отримання гомогенної суміші. Ступінь подрібнення перевіряли за величиною питомої поверхні на приладі ПСХ-4.

Ідентифікацію новоутворень та встановлення особливостей структуроутворення в досліджених композиціях було виконано за допомогою рентгенофазового, диференційно-термічного аналізів та електронної мікроскопії.

Фізико-механічні властивості зразків-балочок цементно-піщаного розчину та зразків кубів визначали згідно з ДСТУ Б В.2.7-187:2009 та ДСТУ Б В.2.7-96-2000 відповідно. Міцність, капілярне водопоглинання, коефіцієнт водопоглинання, водонепроникність, адгезію покриттів, нанесених на основу, досліджували згідно з ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Ступінь проникнення гідроізоляційного матеріалу було

досліджено за допомогою зміни пористості основи після нанесення на неї гідроізоляційного матеріалу. Довговічність розроблених складів гідроізоляційних покриттів оцінювали за результатами дослідження їх морозо-, атмосферо- та корозійної стійкості (ДСТУ Б В.2.7-49-96).

У третьому розділі наведено результати досліджень взаємозв'язку властивостей і процесів синтезу штучного каменю на основі портландцементу, доменного гранульованого шлаку або золи-винесення, природних цеолітів та добавок солей-електролітів.

З метою підвищення корозійної стійкості та терміну експлуатації традиційних гідроізоляційних розчинів проникної дії на основі портландцементу, а також зменшення їх собівартості, в якості в'язучої речовини було використано шлако- та золомісткі цементи, в яких частина портландцементу була замінена активними мінеральними добавками – відходами виробництва – доменними гранульованими шлаками, золами-винесення та алюмосилікатними добавками – природними цеолітами.

Оптимізація складу цементної матриці для отримання гідроізоляційних розчинів була проведена із застосуванням двофакторного трирівневого методу планування експерименту, в якому як змінні фактори вибрані вміст золи або шлаку (20...40%) у складі в'язучої композиції (X_1) та кількість природного (або випаленого) цеоліту (5...15%) (X_2). Як функції відгуку було прийнято міцність при стиску зразків на основі золо- та шлакомістких в'язучих у віці 1, 2, 3, 7, 14, 28 діб та водопоглинання за масою.

При порівнянні результатів випробування золо- та шлакомістких в'язучих систем було встановлено, що найвищими показниками ранньої міцності (1...3 доби) характеризуються золомісткі системи, модифіковані природним цеолітом.

Дослідження отриманих діаграм зміни міцності при стиску в'язучих композицій на основі шлакомістких цементів, модифікованих як природним, так і випаленим цеолітом, дозволяють відмітити, що такі системи характеризуються відповідно невеликою міцністю у ранні терміни твердіння, яка поступово зростає, починаючи з 7 доби і досягає більш високих значень на 28 добу (37,4 МПа), порівняно зі зразками на основі золомістких в'язучих композицій (34,5 МПа).

Оптимальною кінетикою набору міцності при достатньо високих показниках у ранні строки твердіння (1...3 діб) відрізняються зразки, що містять 66,5% портландцементу та 28,5% шлаку, модифіковані 5% добавки природного цеоліту (1,66...6,91 МПа) або 5% випаленого цеоліту (3,26...5,83 МПа). Міцність таких зразків на 28 добу твердіння становить 37,41 та 27,1 МПа відповідно.

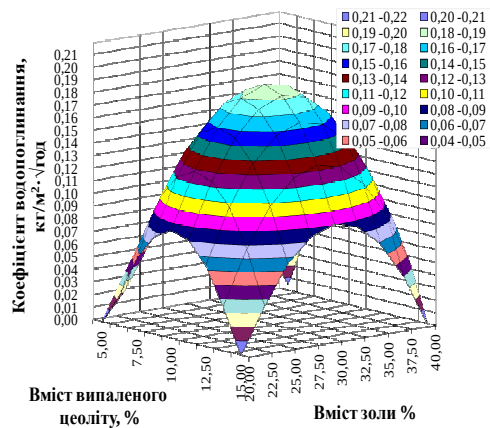
Оскільки головними критеріями якості гідроізоляційних покриттів, крім ранньої міцності, є водопоглинання матеріалів, тому наступним етапом роботи було дослідження зміни коефіцієнта водопоглинання залежно від кількості введених мінеральних добавок (доменного гранульованого шлаку або золи-винесення, природних цеолітів різного ступеня аморфізації структури).

Аналізуючи діаграми зміни водопоглинання зразків, можна зазначити, що використання оптимальних складів як золомістких в'язучих композицій (76% портландцементу, 19% золи-винесення та 5 % випаленого цеоліту), так і шлакомістких в'язучих композицій (66,5% портландцементу, 28,5% доменного

гранульованого шлаку та 5 % природного цеоліту), дозволяє отримати покриття з досить низьким значенням коефіцієнта водопоглинання ($0,014 \text{ кг/м}^2 \cdot \sqrt{\text{год}}$).

Обидві досліджені системи мають свої переваги та недоліки, що не дозволяє обрати одну з них і тому для подальших досліджень було залишено ці системи як базові для вивчення сумісності їх роботи з солями-електролітами, які є обов'язковою складовою гідроізоляційних матеріалів проникної дії.

а)



б)

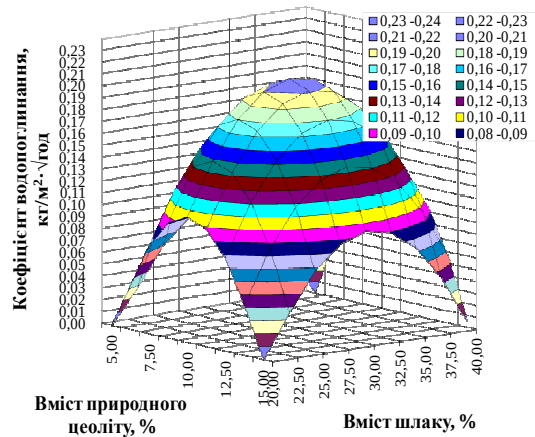


Рис. 1. Діаграми зміни коефіцієнта водопоглинання зразків штучного каменю на основі: а) золемістких цементів, модифікованих випаленим цеолітом; б) шлакомістких цементів, модифікованих природним цеолітом після 24 годин твердіння

З метою підвищення здатності до просочування гідроізоляційних композицій в структуру бетону до складу модифікованих цементних композицій вводили натрієві солі-електроліти у різних пропорціях, при цьому їх сумарний вміст не перевищував 4 % від маси гідроізоляційної суміші. В якості добавок електролітів використовували солі натрію, в тому числі $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 0,8 \dots 1,6\%$; $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 1,2 \dots 2,0\%$; $\text{NaNO}_3 = 0,4 \dots 2,0\%$.

Міцність покриттів на основі оптимальних складів в'язучих композицій, нанесених на цементно-піщану основу, визначали з використанням склерометра ОМШ-1 за попередньо встановленою градуированою залежністю. У якості основи, на яку наносили покриття, використовували зразки-циліндри діаметром 150 мм заввишки 150 мм, виготовлені зі стандартної цементно-піщаної суміші складу 1:3. Зразки тверділи в нормальних умовах 28 діб. Покриття, нанесене на основу завтовшки 2...3 мм, витримували 3 доби у воді, потім 3 доби на повітрі, і випробовували на міцність і водопоглинання на 7 добу (за ДСТУ Б.В.2.7-126:2011) з використанням трубки Карстена. У якості складів-порівняння досліджували гідроізоляційні матеріали проникної дії, що широко представлені на будівельному ринку України – Пенетрон та Кальматрон (Росія).

Покриття на основі портландцементу з добавкою золи-винесення, природного або випаленого цеоліту та солей-електролітів характеризуються значно більшою величиною водопоглинання, що перевищує показники водопоглинання портландцементів з добавкою шлаку та складів порівняння, тому для подальших

досліджень такі композиції використовувати недоцільно.

В той же час, як показали результати досліджень, найменшою величиною водопоглинання (рис. 2, б) як на 7 (0,5 мл), так і на 360 добу (2,9 мл), та достатньо високою міцністю (7,97 та 8,5 МПа відповідно) (рис. 2, а) характеризуються покриття на основі портландцементу, доменного гранульованого шлаку, природного цеоліту та солей-електролітів зі співвідношенням компонентів $\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{Na}_2\text{SO}_4 : \text{NaNO}_3 = 4:5:1$. Слід зазначити, що використання гідроізоляційних покриттів, які містять запропонований комплекс солей разом з природним цеолітом, дає можливість зменшити величину водопоглинання в 17,7...21,4 рази (7 доба) та в 2,5...4,4 рази (360 доба). Розроблене покриття є конкурентоспроможним гідроізоляційним матеріалом, які представлені на ринку України (для порівняння: Пенетрон має водопоглинання 6,2 мл та 23 мл відповідно на 7 та 360 добу, та міцність покриття 10,34 МПа і 6,25 МПа відповідно на 7 та 360 добу; Кальматрон має водопоглинання 0,5 мл та 17 мл відповідно на 7 та 360 добу та міцність покриття 9,27 МПа та 6,84 МПа відповідно на 7 та 360 добу.

а)

б)

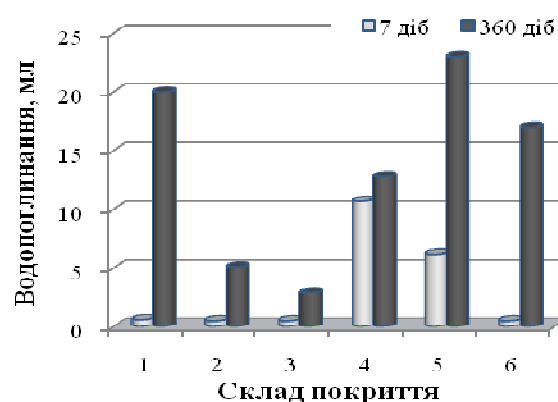
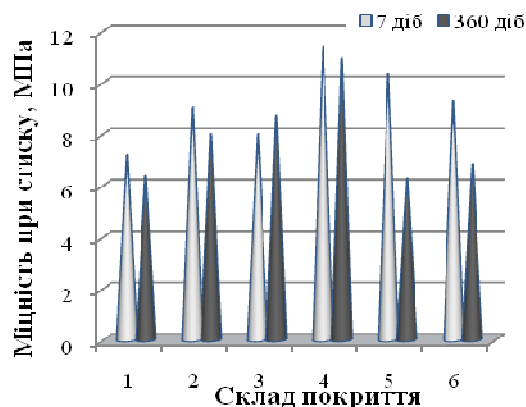


Рис.2. Міцність при стиску (а) та водопоглинання (б) покриттів після 7 та 360 діб випробування на основі: портландцементу з добавкою доменного гранульованого шлаку, 5% природного цеоліту та солей-електролітів у співвідношенні: $\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{Na}_2\text{SO}_4 : \text{NaNO}_3 = (2:3:5; 3:4:3; 4:5:1)$ (1, 2, 3); того ж складу без використання солей електролітів (4); склади порівняння (Кальматрон і Пенетрон) (5 і 6)

Для розкриття механізму дії розроблених оптимальних складів в'язучих систем досліджено фазовий склад новоутворень з використанням рентгенофазового, диференціально-термічного аналізів та електронної мікроскопії.

Встановлено, що фазовий склад новоутворень на ранніх етапах гідратації портландцементних в'язучих речовин, модифікованих добавками доменного гранульованого шлаку (28,5 мас. %), природних цеолітів (5,0 мас. %) та солей електролітів з оптимальним співвідношенням компонентів $\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{Na}_2\text{SO}_4 : \text{NaNO}_3 = 4:5:1$, поряд з гідросилікатними фазами представлений переважно гідросульфоалюмінатами (AFt та AFm фазами), що кольматують поровий простір каменю, зменшуючи при цьому величину водопоглинання та підвищуючи водонепроникність гідроізоляційних покриттів у часі.

За допомогою РФА, ДТА та електронної мікроскопії досліджено механізм

просочення гідроізоляційними матеріалами проникної дії зразків дрібнозернистого бетону та показано, що в порах цементного каменю у складі продуктів твердіння на пізніх етапах утворилися низькоосновні гідросилікати кальцію, в т.ч. 11 Å-тоберморит, який має здатність поглинати SO_4^{2-} , що сприяє відсутності умов для утворення вторинного еtringіту; карбонатвмісний еtringіт, гідронітроалюмінати кальцію та цеолітоподібні новоутворення (анальцим, гмелініт та нозеан). Подібність кристалохімічних параметрів низькоосновних гідросилікатів кальцію та анальциму є передумовою для створення значної кількості контактів зрощування між новоутвореннями та отримання щільної структури з низькою пористістю.

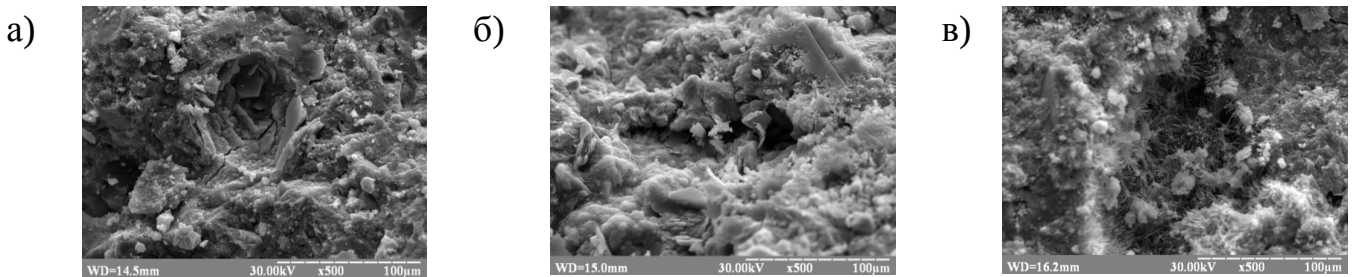


Рис 3. Фотографії, отримані з використанням растрової мікроскопії, поверхні сколу штучного каменю на основі портландцементу з добавкою доменного гранульованого шлаку (а) та з наступною модифікацією природним цеолітом (б) або комплексною добавкою, що містить природний цеоліт та солі електроліти (в) після твердіння протягом 1 року

За даними електронної мікроскопії (рис. 3, б), після 1 року експлуатації штучного каменю на фотографіях сколу зразків, отриманих на основі портландцементу, модифікованого доменним гранульованим шлаком та природним цеолітом, фіксується утворення великої кількості гідросилікатів кальцію та хаотично розміщених між ними природних аналогів цеолітів, подібних до анальциму та гмелініту.

Електронні фотографії штучного каменю (рис. 3, в), модифікованого комплексною добавкою, що містить природний цеоліт та солі-електроліти, свідчать про утворення твердих розчинів еtringіту, модифікованих гідросилікатів кальцію та цеолітоподібних новоутворень типу анальциму та нозеану.

Оскільки головною особливістю гідроізоляційних матеріалів проникної дії є механізм просочення активних складових в структуру бетону, то були проведені дослідження з метою наочно продемонструвати як саме і наскільки глибоко активні компоненти гідроізоляційного розчину проникають у бетонну основу. Опосередковано факт проникнення розчину в основу підтверджується складом новоутворень, що були зафіксовані за допомогою ДТА, РФА та електронної мікроскопії в різні строки твердіння (1 та 3 роки), та збереженням у часі фізико-механічних та експлуатаційних характеристик покриттів.

Оскільки продуктами реакції солей NaNO_3 , Na_2SO_4 , Na_2CO_3 зі складовими цементного каменю є утворення крім AFt й AFm фаз ще й лугів у вигляді NaOH, як проміжного продукту реакцій, то наступною спробою показати ступінь проникнення

гідроізоляційного матеріалу в основу було використання зміни забарвлення індикатора залежно від рН розчину солей. Для визначення лужного середовища ($\text{pH} > 7$) було використано спиртовий розчин фенолфталеїну, який було нанесено на злом досліджуваних зразків.

При обробці цим розчином поверхні сколу зразків дрібнозернистого бетону, покритих гідроізоляційним матеріалом оптимального складу (після 7 діб твердіння), вся площа сколу забарвлюється в насичений малиновий колір, що характеризує лужність утвореного середовища за рахунок реакцій взаємодії активних складових гідроізоляційних матеріалів та продуктів гідратації портландцементу, причому активні складові гідроізоляційного матеріалу проникають по всій висоті досліджених зразків, тоді як зразки без нанесеного покриття не змінили свого забарвлення при нанесенні розчину фенолфталеїну.

Дослідження зміни пористості зразків дрібнозернистого бетону, покритих гідроізоляційним розчином оптимального складу після твердіння протягом 28 діб, показали, що величина пористості цих зразків у верхніх шарах (1..3 см) значно менша, ніж у середніх (7...9 см) та нижніх (14...16 см), що можна пояснити кольматацією порового простору цементного каменю утвореними продуктами гідратації.

Четвертий розділ присвячено дослідженням властивостей розроблених складів гідроізоляційних розчинів проникної дії та отриманих покриттів на їхній основі.

Для встановлення можливості покращення технологічних та експлуатаційних характеристик модифікованих гідроізоляційних розчинів було застосовано пластифікуючі добавки на основі сульфонованих нафталінформальдегідних поліконденсатів (С-3) в кількості 0,6...1,2% від маси в'язучої речовини, лігносульфонатів (натрієвий та калієвий ЛСТ) в кількості 0,5...1,0%, полікарбосилатів (Sika ViscoCrete 111P) в кількості 0,1...0,5%.

Як показали результати експлуатаційних досліджень, введення одночасно у в'язучу систему добавок-електролітів та пластифікаторів призводить до значного скорочення строків тужавлення до 20...25 хв, що є неприпустимим згідно з ДСТУ Б В. 2.7-126:2011 для гідроізоляційних сумішей проникної дії, при цьому міцність також має тенденцію зменшуватися на всіх етапах твердіння порівняно з контрольним складом без пластифікаторів.

З метою одночасного зменшення величини водопоглинання та подовження строків тужавлення розчинових сумішей, які б задовільняли вимогам ДСТУ Б В. 2.7-126:2011 щодо гідроізоляції проникної дії, як модифікуючу добавку було використано гідрофобно-пластифікуючу речовину "136-41" (ГКЖ-94).

Результати проведених досліджень показують ефективність модифікації гідроізоляційних розчинів розробленого складу добавкою гідрофобізуючої дії, що проявляється перш за все у зменшенні величини водопоглинання (0,3 мл – 7 доба; 1 мл – 28 доба), розширенні строків тужавлення (початок тужавлення – 30 хв, кінець – 1 год 25 хв) та позитивному впливі на зростання міцності в'язучих систем, особливо на пізніх етапах твердіння (28 діб), коли приріст міцності складає 25...45%, порівняно з міцнісними характеристиками зразків, які не містять у своєму складі добавку "136-41" (ГКЖ-94).

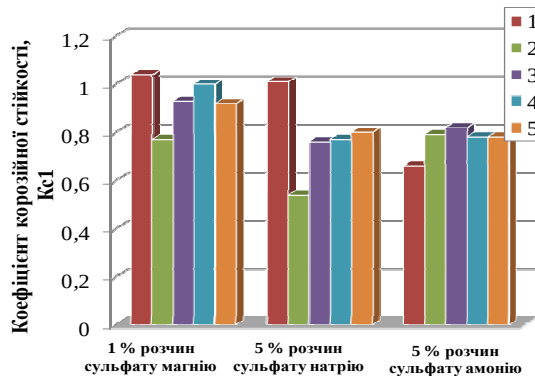
Для оцінки ефективності модифікації в'язучих систем комплексними

добавками досліджено фізичні (середню густину, пористість і водопоглинання) та фізико-механічні властивості зразків розроблених складів покриттів.

Аналіз отриманих даних дозволяє відмітити позитивний вплив комплексних добавок, введених до складу портландцементу, на фізичні характеристики штучного каменю через 7 та 365 діб твердіння. Так, застосування солей-електролітів у складі в'язучих композицій приводить до зменшення пористості (особливо на 365 добу твердіння) утворених покриттів майже у 4 рази. При введенні до складу розчинових сумішей солей-електролітів разом з добавкою “136-41” (ГКЖ-94) величина водопоглинання на 7 добу твердіння зменшується з 1,24 до 0,05 %, тобто майже у 24,8 рази.

З урахуванням можливих умов експлуатації розроблених складів гідроізоляційних матеріалів досліджено корозійну стійкість покриттів оптимального складу у агресивних середовищах, представлених 5%-м розчином сульфату натрію, 5%-м розчином сульфату амонію та 1%-м розчином сульфату магнію.

а)



б)

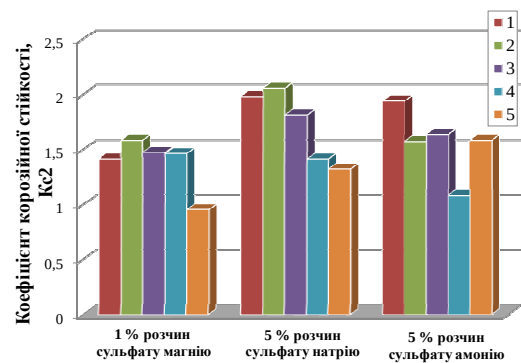


Рис. 4. Зміна коефіцієнтів корозійної стійкості K_{c1} (а) та K_{c2} (б) покриттів залежно від складу в'язучої речовини: 1) базова композиція: портландцемент з добавкою доменного гранульованого шлаку, природного цеоліту, солей-електролітів; 2) базова композиція без цеоліту; 3) базова композиція з добавкою “136-41” (ГКЖ-94); 4) аналог-порівняння «Пенетрон»; 5) контрольний зразок без покриття (після витримування у досліджених середовищах протягом 126 діб)

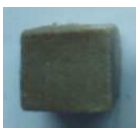
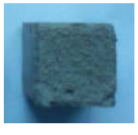
Встановлено, що найвищими показниками коефіцієнта корозійної стійкості K_{c1} (відношення границі міцності при стиску зразків після витримування в агресивному розчині до границі міцності при стиску зразків, які випробовували в момент занурення основних зразків у розчин) характеризуються бетони, на які нанесене покриття на основі портландцементу з добавкою доменного гранульованого шлаку, природного цеоліту та солей-електролітів, після витримування в 1%-ому розчині сульфату магнію. Найнижчими показниками коефіцієнта корозійної стійкості ($K_{c1}=0,77$) в цьому середовищі характеризуються бетони, на які нанесене покриття на основі портландцементу тільки з добавкою доменного гранульованого шлаку та солей електролітів (табл. 2).

Після витримування в 5%-ому розчині сульфату натрію найвищими значеннями коефіцієнта корозійної стійкості K_{c1} характеризуються зразки, захищені покриттям

на основі розробленого складу. При цьому коефіцієнт корозійної стійкості K_{c1} становить 1,01 (126 доба), порівняно зі зразками, на які нанесено гідроізоляційне покриття «Пенетрон» ($K_{c1}=0,77$). Найнижчими показниками коефіцієнта корозійної стійкості ($K_{c1}=0,54$) характеризуються зразки, на які нанесене покриття на основі портландцементу тільки з добавкою доменного гранульованого шлаку та солей електролітів.

Таблиця 2

Зовнішній вигляд зразків гідроізоляційних розчинів залежно від виду агресивного середовища після витримування протягом 180 діб

№ складу	Вміст компонентів у складі покриття, % мас.								Зовнішній вигляд натурних зразків після витримування в розчинах		
	п/ц	шлак	цеоліт	Добавки				Пісок	1% $MgSO_4$	5% Na_2SO_4	5% $(NH_4)_2SO_4$
				Na_2SO_4	Na_2CO_3	$NaNO_3$	ГКЖ-94				
1	23,7	10,1	1,78	2,0	1,6	0,4	-	60,2			
2	24,9	10,6	-	2,0	1,6	0,4	-	60,2			
3	23,7	10,1	1,78	2,0	1,6	0,4	0,01	60,2			
4	Аналог-порівняння «Пенетрон»										

Результати проведених досліджень також показують, що після витримування в 5%-ому розчині сульфату амонію найвищими значеннями коефіцієнтів корозійної стійкості K_{c1} характеризуються зразки, що захищені покриттям на основі базової композиції з добавкою “136-41” (ГКЖ-94). При цьому коефіцієнт корозійної стійкості K_{c1} становить 0,82 (126 доба) порівняно зі зразками, на які нанесено гідроізоляційне покриття «Пенетрон» ($K_{c1}=0,78$).

Найменш корозійностійким ($K_{c1}=0,66$) до дії розчину сульфату амонію є покриття на основі базової композиції, яка не містить гідрофобізуючої добавки. Таким чином, використання добавки “136-41” (ГКЖ-94) у складі розробленого гідроізоляційного розчину є вкрай необхідним для захисту бетонів, які будуть експлуатуватися в розчинах сульфату амонію.

Експлуатаційні властивості розроблених складів гідроізоляційних покриттів, нанесених на бетонні зразки, досліджено за ДСТУ Б В.2.7-126:2011: міцність зчеплення з основою в повітряно-сухих умовах складає 0,75 МПа, при замочуванні у

воді – 1,0 МПа; водонепроникність – W8; морозостійкість – F150.

У п'ятому розділі наведено результати реалізації технології отримання 1 тонни сухої гідроізоляційної суміші на основі портландцементу, модифікованого доменним гранульованим шлаком, природним цеолітом, солями-електролітами та гідрофобізуючою добавкою “136-41” (ГКЖ-94), в умовах підприємства ТОВ «ОПБМ». Суху будівельну суміш було використано для виготовлення гідроізоляційного розчину, який було нанесено на внутрішню стіну та підлогу цокольного приміщення виробничого цеху ТОВ «ОПБМ». При виконанні робіт з виготовлення дослідно-промислової партії було встановлено технічну та економічну доцільність заміни частини портландцементу запропонованими мінеральними добавками. Це дозволить подовжити термін експлуатації покриття та сприятиме частковому вирішенню екологічних проблем, як за рахунок утилізації шлаку, так і за рахунок зниження частки використаного портландцементу. Фактичний економічний ефект від впровадження розроблених складів гідроізоляційних розчинів становить 69,44 грн на 1 м² готової продукції.

ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтовано та експериментально доведено можливість отримання гідроізоляційних розчинів проникної дії з покращеними експлуатаційними властивостями на основі портландцементу, доменного гранульованого шлаку, природного цеоліту, солей-електролітів та добавки “136-41” (ГКЖ-94).

2. Вивчено сумісність роботи доменного гранульованого шлаку та цеолітів різного ступеня аморфізації структури у складі цементної матриці для отримання гідроізоляційних розчинів. Доведено, що одночасне модифікування портландцементу доменним гранульованим шлаком та природним цеолітом в кількості 5% дозволяє отримати покриття з досить низьким коефіцієнтом водопоглинання (0,014 кг/м²·√год) при достатньо високих показниках міцності у ранні строки твердіння (на 1 добу – 1,66 МПа та на 3 добу – 6,91 МПа).

3. З використанням експериментально-статистичних методів планування експерименту підібрано склади гідроізоляційних розчинів проникної дії, що містять портландцемент, доменний гранульований шлак, природний цеоліт та солі-електроліти, причому введення останніх дозволяє знизити водопоглинання у 2...5 разів як в ранні терміни (7 діб), так і в більш пізні терміни експлуатації (365 діб), порівняно з існуючими аналогами на ринку України (Кальматрон та Пенетрон).

4. За допомогою фізико-хімічних методів досліджень встановлено, що фазовий склад новоутворень розроблених складів гідроізоляційних розчинів на ранніх етапах гідратації представлений поряд із гідросилікатними фазами переважно гідросульфоалюмінатами AFt й AFm та гідронітроалюмінатами кальцію, а у пізні терміни гідратації має місце направлене формуванням гідратних фаз, здатних до структурно-функціональної адаптації в різних умовах експлуатації, що, вірогідно, обумовлено формуванням у складі новоутворень карбонатвмісного еtringіту, гідросилікатів кальцію (11 Å-тоберморит) та аналогів природних цеолітів (анальцим, гмелініт, нозеан).

5. Досліджено особливості формування контактної зони „гідроізоляційне покриття – цементно-піщана основа” та встановлено, що на пізніх етапах твердіння (1...3 роки) новоутворення представлені переважно низькоосновними гідросилікатами кальцію та цеолітоподібними фазами типу анальциму та нозеану, здатними до зрощування, що обумовлює отримання щільної структури з низькою пористістю, яка має визначальний вплив на фізико-механічні властивості штучного каменю, в тому числі на показники міцності, атмосферостійкості, водопоглинання.

6. Доведена доцільність сумісного використання у складі розроблених гідроізоляційних матеріалів солей-електролітів і гідрофобізуючої добавки “136-41” (ГКЖ-94) та показано позитивний вплив їх на технологічні характеристики розчинової суміші й фізичні характеристики отриманого штучного каменю. При введенні до складу розчинових сумішей солей-електролітів у комплексі з добавкою “136-41” (ГКЖ-94) величина водопоглинання зменшується майже у 25 разів.

7. Розроблено принципи композиційної побудови гідроізоляційних розчинів проникної дії на основі портландцементу, доменного гранульованого шлаку, природного цеоліту та солей-електролітів і доведено, що для покращення їх характеристик та підвищення терміну використання необхідно:

- застосування солей-електролітів з оптимальним співвідношенням компонентів $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4:\text{NaNO}_3=4:5:1$, що забезпечує якісне просочування бетону та синтез кристалогідратних фаз AFt й AFm в порах бетонної конструкції, яка захищається (без утворення висолів та відшарування покриття);

- одночасне введення до портландцементу доменного гранульованого шлаку та природного цеоліту, причому доменний гранульований шлак сприяє зв'язуванню $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з утворенням більшої кількості низькоосновних гідросилікатів кальцію, а природний цеоліт – оклюдуванню аніонів (CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^-) в стабільні неорганічні комплекси та зв'язуванню розчинних солей і лугів (Na, K) в нерозчинні гідроалюмосилікати (анальцим, гмелініт, нозеан);

- застосування гідрофобізуючої добавки “136-41” (ГКЖ-94) у складі гідроізоляційного розчину проникної дії дозволяє покращити не тільки технологічні характеристики розчинової суміші, а й зменшити величину водопоглинання з 1,24 до 0,05 %.

8. Досліджено експлуатаційні властивості отриманих покриттів на основі розроблених складів гідроізоляційних розчинів:

- міцність покриття: на 7 добу твердіння становить 17,5 МПа, а на 365 добу – не менше 20 МПа;

- водопоглинання за масою: на 7 добу – 0,03 %; на 365 добу – 0,05%;

- капілярне водопоглинання після 24 годин з використанням трубки Карстена – 0,3 мл;

- коефіцієнт корозійної стійкості у 1 %-му розчині сульфату магнію складає 1,04; 5 %-му розчині сульфат амонію – 0,82; 5 %-му розчині сульфату натрію – 1,01;

- міцність зчеплення з основою: в повітряно-сухих умовах складає 0,75 МПа, при замочуванні у воді – 1,0 МПа;

- водонепроникність – W8;

- морозостійкість – F150.

9. В умовах виробничого цеху ТОВ „ОПБМ”, м. Обухів, проведено дослідно-

промислове впровадження розроблених складів гідроізоляційних сумішей на основі портландцементу, доменного гранульованого шлаку, природного цеоліту, солей-електролітів та добавки “136-41” (ГКЖ-94). Підібрані склади гідроізоляційних розчинів дозволяють виконувати гідроізоляцію бетонних споруд прийомами малярних робіт. Фактичний економічний ефект від застосування запропонованого технічного рішення складає 69,44 грн на 1 м² і досягається як рахунок використання відносно недорогих та недефіцитних сировинних матеріалів, так і внаслідок підвищення терміну експлуатації конструкції.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНО У ПРАЦЯХ:

1. Пушкарьова К.К. Дослідження корозійної стійкості гідроізоляційних покриттів проникної дії на основі шлакомісткого цементу з добавкою цеоліту. / К.К. Пушкарьова, М.В. Суханевич, К.В. Бондар // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – К.: НДІБМВ, 2014. – Вип. 51. – С.83-88.
2. Бондар К.В. Особливості композиційної побудови гідроізоляційних матеріалів проникної дії з покращеними експлуатаційними характеристиками. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – К.: НДІБМВ, 2013. – Вип. 49. – С.163-169.
3. Пушкарьова К.К. Дослідження процесів структуроутворення гідроізоляційних покриттів проникної дії на основі шлакомісткого цементу, модифікованого добавками цеоліту та солей-електролітів. / К.К. Пушкарьова, М.В. Суханевич, К.В. Бондар // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – К.: НДІБМВ, 2013. – Вип. 48. – С.75-82.
4. Пушкарьова К.К. Особливості процесів структуроутворення на ранніх стадіях твердіння гідроізоляційних покриттів проникної дії. / К.К. Пушкарьова, М.В. Суханевич, К.В. Бондар // Будівельні конструкції. Міжвідомчий науково-технічний збірник. Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону. Київ: ДП НДІБК, 2013. – Вип. 78. – Книга 2. – С.472-477.
5. Покращення експлуатаційних властивостей бетонних споруд за рахунок використання гідроізоляційних матеріалів. [Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Бондар К.В., Марціх А.С.]. Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. - К.: НДІБМВ, 2012. – Вип. 44. – С.10-14.
6. Пушкарьова К.К. Гідроізоляційні покриття проникної дії з покращеними експлуатаційними властивостями. / К.К. Пушкарьова, М.В. Суханевич, К.В. Бондар // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2011. – Вип. 22. – С. 125-131.
7. Гідроізоляційні покриття з покращеними експлуатаційними характеристиками. [Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Бондар К.В., Нестерук О.]. Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – К.: НДІБМВ, 2011. – Вип.41. – С. 84-89.
8. Пушкарьова К.К. Гідроізоляційні композиції проникної дії на основі ПЦ II/Б-III-400, модифіковані природними цеолітами. / К.К. Пушкарьова, М.В. Суханевич, К.В. Бондар // Строительные материалы и изделия. – Київ, 2011. - №6(71). – С.35-37.
9. Використання шлакомістких цементів, модифікованих природними

цеолітами, для одержання гідроізоляційних покриттів проникної дії. [Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Бондар К.В., Разумова О.Є.]. Зб.наукових праць ВАТ «УкрНДІВогнетривів». – Харків, 2010. – №110. – С. 587-592.

10. Шлакомісткі цементи, модифіковані цеолітами, як основа для отримання гідроізоляційних розчинів. [Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Бондар К.В., Марціх А.С.]. Вісник ДНАБА «Сучасні будівельні матеріали, конструкції та інноваційні технології зведення будівель і споруд». – Макіївка, ДНАБА, 2010. – Т.1. – С. 102-108.

11. Пушкарєва Е.К. Оптимизация состава композиционных материалов для получения гидроизоляционных покрытий бетонных конструкций / Е.К. Пушкарєва, М.В. Суханевич, Е.В. Бондарь // Вісник ОДАБА. – Одеса, Зовнішрекламсервіс, 2010. – Вип. 39. – Ч.2. – С.181-187.

12. Пушкарєва Е.К. Гидроизоляционные покрытия проникающего действия на основе шлакосодержащих цементов, модифицированных природными цеолитами / Пушкарєва Е.К., Суханевич М.В., Бондарь Е.В. // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков. – N 3/6(69) 2014. – С. 57-62.

13. Пушкарєва Е.К. Эффективные гидроизоляционные материалы проникающего действия на основе модифицированных шлаковых цементов. / Е.К. Пушкарєва, Е.В. Бондарь // Материалы 8-й международной научно-практической конференции Минск – Могилев «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения». – Минск: Стринко, 2014. – С. 90-93.

14. Пушкарьова К.К. Использование шлаковых цементов для получения гидроизоляционных покрытий с улучшенными эксплуатационными свойствами. / Е.К. Пушкарєва, М.В. Суханевич, Е.В. Бондар // «Производство энерго- и ресурсосберегающих строительных материалов и изделий». Сб. трудов II научно-практического семинара с участием иностранных специалистов. – Ташкент: ТАСИ, 2013. – Т.1. – С.128-133.

15. Патент на користну модель №92469. Гідроізоляційне покриття проникної дії для гідроізоляції бетонних поверхонь «Цеолітрон» (UA). / К.К. Пушкарьова, М.В. Суханевич, К.В. Бондар // Опубл. Бюл. №16 від 26.08.14 р. Заявка №a2013 04404 від 08.04.2013 р. Опубл. Бюл. №18 від 25.09.14 р.

16. Пушкарьова К.К. Особливості процесів структуроутворення в'язучих речовин, модифікованих цеолітами, та предумови їх використання для одержання гідроізоляційних матеріалів / К.К. Пушкарьова, М.В. Суханевич, К.В. Бондар // «Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения». Материалы 19-й международной научно-практической конференции. – Харьков. – 2011. – Т.3. – С. 306-312.

17. Бондар К.В. Гідроізоляційні покриття з покращеними експлуатаційними характеристиками / К. В. Бондар, К. Ю. Нестерук // Наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів. Тези доповідей. – Ч.2. – К.: КНУБА, 2011. – С.20-21.

18. Бондар К.В. Гідроізоляційні покриття проникної дії на основі шлакомістких цементів, модифікованих цеолітами / К.В. Бондар, А.С. Марціх // Наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів. Тези доповідей. – К.: КНУБА, 2010. – С.212.

19. Пушкарьова К.К. Особливості процесів структуроутворення композиційних

цементів, модифікованих цеолітами, та передумови їх використання для одержання гідроізоляційних матеріалів / К.К. Пушкарьова, К.В. Бондар // Зб. тез студентських доповідей 72-ої науково-практичної конференції. – К.: КНУБА, 2011. – Ч.1. – С.90-91.

АНОТАЦІЯ

Бондар К.В. Гідроізоляційні розчини проникної дії з покращеними експлуатаційними властивостями. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби. – Київський національний університет будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України. – Київ, 2014.

Дисертаційна робота присвячена питанням розробки теоретичних основ отримання гідроізоляційних розчинів проникної дії на основі портландцементу, доменного гранульованого шлаку, природного цеоліту, солей-електролітів та добавки “136-41” (ГКЖ-94). Розроблені матеріали виготовлені за технологією сумісного змішування вихідних компонентів та наступного їх замішування водою, з отриманням на їхній основі довговічних гідроізоляційних покриттів з покращеними експлуатаційними характеристиками, в тому числі з підвищеною водонепроникністю, атмосферо- та корозійною стійкістю.

Встановлено, що введення до портландцементу доменного гранульованого шлаку та природного цеоліту дозволяє зв'язати не тільки портландит, а й зайві луки (Na, K) в нерозчинні цеолітоподібні гідроалюмосилікати (анальцим, гмелініт, нозеан) та оклюдувати аніони (CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^-) у складні неорганічні комплекси, що є гарантією збереження експлуатаційних властивостей у часі. При цьому, після року експлуатації розроблені гідроізоляційні покриття не втратили своїх експлуатаційних властивостей, відсутні висоли, тріщини та відшарування.

Доведена доцільність спільного використання в складі розроблених гідроізоляційних матеріалів проникної дії солей електролітів і гідрофобізуючої добавки “136-41” (ГКЖ-94); показано позитивний вплив їх на технологічні характеристики розчинової суміші та фізичні характеристики отриманого штучного каменю. Сформульовані загальні принципи композиційної побудови гідроізоляційних розчинів з використанням портландцементу, модифікованого комплексними добавками як основи для отримання гідроізоляційних матеріалів проникної дії та досліджені їхні експлуатаційні властивості.

Фактичний економічний ефект від впровадження розроблених складів гідроізоляційних розчинів складає 69,44 грн на 1 м² готової продукції і досягається як за рахунок використання відносно недорогих та недефіцитних сировинних матеріалів, так і внаслідок підвищення терміну експлуатації конструкції, захищеної гідроізоляційним покриттям.

Ключові слова: гідроізоляційні розчини, портландцемент, доменний гранульований шлак, природний цеоліт, солі-електроліти, водопоглинання, довговічність, експлуатаційні властивості.

АННОТАЦИЯ

Бондарь Е.В. Гидроизоляционные растворы проникающего действия с улучшенными эксплуатационными свойствами. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия. – Киевский национальный университет строительства и архитектуры Министерства образования и науки Украины. – Киев, 2014.

Диссертация посвящена вопросам разработки теоретических основ получения гидроизоляционных растворов проникающего действия на основе портландцемента, доменного гранулированного шлака, природного цеолита и добавки “136-41” (ГКЖ-94). Предложенные материалы изготовлены по технологии совместного смешивания исходных компонентов с последующим их затворением водой для получения на их основе долговечных гидроизоляционных покрытий с улучшенными эксплуатационными характеристиками, в том числе с повышенной водонепроницаемостью, атмосферо- и коррозионной стойкостью.

Подобрано оптимальное соотношение солей-электролитов в составе гидроизоляционных материалов проникающего действия и установлено, что наименьшей величиной водопоглощения как на 7 (0,5 мл), так и на 365 сутки (2,9 мл), и достаточно высокой прочностью (7,97 и 8,5 МПа соответственно) характеризуются покрытия на основе портландцемента с добавкой 28,5 мас. % доменного гранулированного шлака, 5 мас. % природного цеолита и солей-электролитов с соотношением компонентов Na_2CO_3 : Na_2SO_4 : $\text{NaNO}_3 = 4:5:1$.

Показана эффективность модификации разработанных составов органической добавкой гидрофобизирующего действия “136-41” (ГКЖ-94), что проявляется прежде всего в уменьшении значения водопоглощения (0,3 мл – 7 сутки, 1 мл – 28 сутки), расширении сроков схватывания (начало схватывания – 30 мин, конец схватывания – 1 час 25 мин) и положительном влиянии на рост прочности вяжущих систем, особенно на поздних этапах твердения (28 суток), когда прирост прочности составляет 25...45% по сравнению с прочностными характеристиками образцов, которые не содержат в своем составе добавки “136-41” (ГКЖ-94).

Исследована коррозионная стойкость нанесенных гидроизоляционных покрытий и показано, что наиболее высокими показателями коэффициентов коррозионной стойкости характеризуются образцы после выдерживания в 1%-ном растворе сульфата магния ($K_{c1} = 1,04$), а самыми низкими – в 5%-ном растворе сульфата аммония ($K_{c1} = 0,82$). Показано, что введение природного цеолита в состав гидроизоляционного раствора необходимо не только для обеспечения улучшенных физико-механических характеристик покрытий, но и для повышения его коррозионной стойкости за счет способности цеолитов окклюлировать часть солей в сложные нерастворимые комплексы.

Исследованы эксплуатационные свойства разработанных составов гидроизоляционных покрытий, нанесенных на бетонные образцы: прочность сцепления с основанием в воздушно-сухих условиях составляет 0,75 МПа, при замачивании в воде – 1,0 МПа; водонепроницаемость – W8; морозостойкость – F150.

Фактический экономический эффект от внедрения разработанных составов гидроизоляционных растворов составляет 69,44 грн на 1 м² готовой продукции и достигается как за счет использования относительно недорогих и недефицитных сырьевых материалов, так и путем повышения срока эксплуатации конструкции, защищенной гидроизоляционным покрытием.

Ключевые слова: гидроизоляционные растворы, портландцемент, доменный гранулированный шлак, природный цеолит, соли-электролиты, водопоглощение, долговечность, эксплуатационные свойства.

ANNOTATION

Bondar K.V. Waterproofing mortars of penetrating action with improved performance properties. – As the manuscript.

Dissertation research for degree of PhDs. speciality 05.23.05 – building materials and articles. – Kyiv National University of Construction and Architecture, Ministry of Education and Science of Ukraine. – Kyiv, 2014.

The is devoted to the questions of theoretical basis development of making a waterproofing mortars of penetrating action based on portland cement, granulated blast-furnace slag, natural zeolite, salts electrolytes and water-repellent admixture “136-41”. Developed materials made by mixing technology compatible source components and their subsequent mixing with water, to obtain based on these durable waterproof coating with improved performance, including high water-permeability, atmospheric durability and corrosion resistance.

The introduction to the portland cement of granulated blast-furnace slag and natural zeolite allows us to connect not only portlandite but surpluses alkali (Na, K) in insoluble zeolite-like substances (analcim, nosean, gmelinite) and occlude anions (CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^-) in complex inorganic complexes, which guarantees the preservation of the performance properties over time. However, after a year of operation designed waterproofing coating not lost its operating properties, no efflorescence, cracks and peelings.

It was to be proved the feasibility using of electrolyte salts and hydrophobic admixture in composition of penetrating waterproofing mortars and shown a positive influence on their technological characteristics of mortar mix and physical characteristics the artificial stone. The general principles of composite construction waterproofing mortars using portland cement modified by complex admixtures as the basis for penetrating waterproofing materials and investigated their performance characteristics.

The actual economical effect of the introduction of waterproofing mortars is 69.44 USD per 1 m² of finished products is achieved through the use of a relatively inexpensive and non-deficient raw materials and due to increased service life design protected by waterproofing coating.

Keywords: waterproofing mortars, portland cement, granulated blast furnace slag, natural zeolite, salts electrolytes, water absorption, durability, performance characteristics.