

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ МАШИН, СПОРУД І ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА БУДІВЕЛЬНОЇ МЕХАНІКИ

МЛИНКО ВОЛОДИМИР ЄВГЕНОВИЧ

УДК 699.822

**ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ БЕТОННИХ
КОНСТРУКЦІЙ**

8.06010101 «Промислове та цивільне будівництво»

Автореферат
дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль
2017

Роботу виконано на кафедрі будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, ст. викладач
Чорномаз Наталія Юріївна
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Рецензент: генеральний директор
ПП «АГАТА-БУД»
Лупійчук Сергій Ігорович

Захист відбудеться 23 лютого 2017 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №7 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №2, ауд. 35

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Водонепроникність бетонних конструкцій, які працюють в умовах постійного зволоження, визначає надійність і довговічність будівельних споруд.

Використання гідроізоляційних матеріалів проникної дії типу сухих будівельних сумішей на будівельних об'єктах України не отримало широкого розповсюдження, оскільки воно стримується високою вартістю матеріалу. Створення подібного вітчизняного продукту відповідної якості, але з меншою собівартістю, є дуже актуальною задачею.

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

Для гідроізоляційного захисту бетонних і залізобетонних конструкцій використовують матеріали на цементній основі різного типу дії - обмазувальні, штукатурні, просочувальні, ін'єкційні. Найбільший інтерес викликають цементно-полімерні матеріали, що здатні проникати у пори і пустоти конструкції, взаємодіяти з вільним гідроксидом кальцію цементного каменю з утворенням водонерозчинних сполук голчастої форми, які закривають вільний простір всередині штучного каменя і ущільнюють його структуру, не дозволяючи воді надалі проходити крізь тіло бетону.

Мета роботи – запропонувати і дослідити гідроізоляційні покриття проникної дії на основі шлакомістких цементів з добавками цеоліту.

Об'єкт дослідження – водопоглинання та пошкодження гідроізоляційних покриттів.

Предмет дослідження – гідроізоляційні покриття для бетонних конструкцій.

Методи дослідження. У магістерській роботі виконано дослідження з використанням рентгенофазового, електронно-мікроскопічного та диференційно-термічного методів аналізу. Міцність покриття визначено з використанням неруйнівних методів, а саме за допомогою склерометру ОМШ-1 за попередньо встановленою залежністю. Водопоглинання покриттів визначено за допомогою трубки Карстенса.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше одержано оптимальне співвідношення компонентів гідроізоляційного покриття для бетонів на основі шлакомістких цементів з добавками цеоліту;
- отримала подальший розвиток технологія гідроізоляції бетонних конструкцій матеріалами на основі шлакомістких цементів з добавками цеоліту.

Практичне значення отриманих результатів. Результати досліджень доцільно застосовувати при гідроізоляції бетонних конструкцій, як при спорудженні будівель, так і при їх реконструкції і ремонті.

Апробація. Основні положення та висновки даного дослідження доповідались на V міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів

ТНТУ імені І. Пулюя (Тернопіль, 2016) та опубліковані в збірнику тез цієї конференції.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та мультимедійної презентації (20 слайдів). Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 7 розділів, висновків, переліку посилань та додатку. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 119 арк.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано загальну характеристику роботи: стан розробки наукової проблеми й актуальність роботи, мету і завдання роботи, об'єкт, предмет і методи дослідження, описано наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів, зв'язок напрямку дослідження із планами науково-дослідних робіт кафедри.

У **першому розділі «Роль гідроізоляції для забезпечення міцності і довговічності бетонних конструкцій»** розглянуто наукові праці різних авторів, присвячені досліджуваній проблематиці, зокрема аналіз робіт в галузі використання природних цеолітів для модифікування в'язучих виявив їх високу ефективність як добавок, здатних заощаджувати в'язучу речовину і покращувати їхні фізико-механічні властивості, а також направлено регулювати склад і структуру продуктів тверднення штучного каменю з метою одержання гідроізоляційних покриттів, що відрізняються покращеними експлуатаційними властивостями та підвищеним терміном експлуатації. Визначено місце даної конкретної роботи у всебічному вивченні обраної проблеми.

У **другому розділі «Матеріали для гідроізоляції бетонів та методика їх дослідження»** здійснено загальний аналіз оптимального складу покриття, який підібрано в два етапи. На першому етапі виконано підбір базового складу в'язучої композиції з використанням двофакторного планування експерименту. У якості змінних факторів обрано вміст доменного гранульованого шлаку та цеоліту (клинноптилоліту). На другому етапі експерименту підібрано склад покриття, шляхом модифікування оптимальної в'язучої композиції солями електролітів.

Приготування розчинових сумішей здійснено змішуванням вихідних компонентів у лабораторному змішувачі до отримання гомогенної суміші.

Виходячи з необхідності одержання рухомих сумішей, що легко наносяться на поверхню бетону і мають достатню розтічність, кількість води підібрано за нестандартною методикою так, щоб розплив конуса Віка знаходився в межах 9,5-10 см.

Кінетика набору міцності в'язучої системи досліджено на зразках цементно-піщаного розчину розміром 2x2x2 см, що тверднули в нормальних умовах протягом 1, 2, 3, 7, 14 та 28 діб.

У **третьому розділі «Вплив складу гідроізоляційної суміші на властивості бетону»** досліджено гідроізоляційні покриття на водопоглинання, міцність та довговічність. З метою створення гідроізоляційних покриттів проникаючої дії визначено, що найбільш вагомою їхньою характеристикою є міцність матеріалів у початкові строки твердіння завдяки тому, що нанесена на бетонну конструкцію

композиція повинна відразу починати зміцнювати структуру, усувати наскрізну фільтрацію через масив бетону, знижувати пористість за рахунок швидкої кальматації повітряних включень різних розмірів. Отже, для шлакомістких цементів досліджено показники міцності на протязі всього періоду набору проектної міцності, звертаючи особливу увагу на початкові строки твердіння – перші три доби.

Підібрано склади шлакомістких композицій, модифікованих добавками цеоліту та солей-електролітів та встановлено, що введення оптимальної кількості добавки цеоліту (5 % від маси в'язучої речовини) та оптимального співвідношення солей-електролітів ($\text{Na}_2\text{SO}_4:\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{NaNO}_3 = 10\text{ч}:8\text{ч}:2\text{ч}$, 10 % від маси в'язучої речовини) дозволяє отримати штучний камінь, міцність якого на 2 добу становить 4,2 МПа, на 7 добу – 17,6 МПа, на 28 добу – 36,7 МПа, а капілярне водопоглинання покриття – 0,5 мм (рис.1).

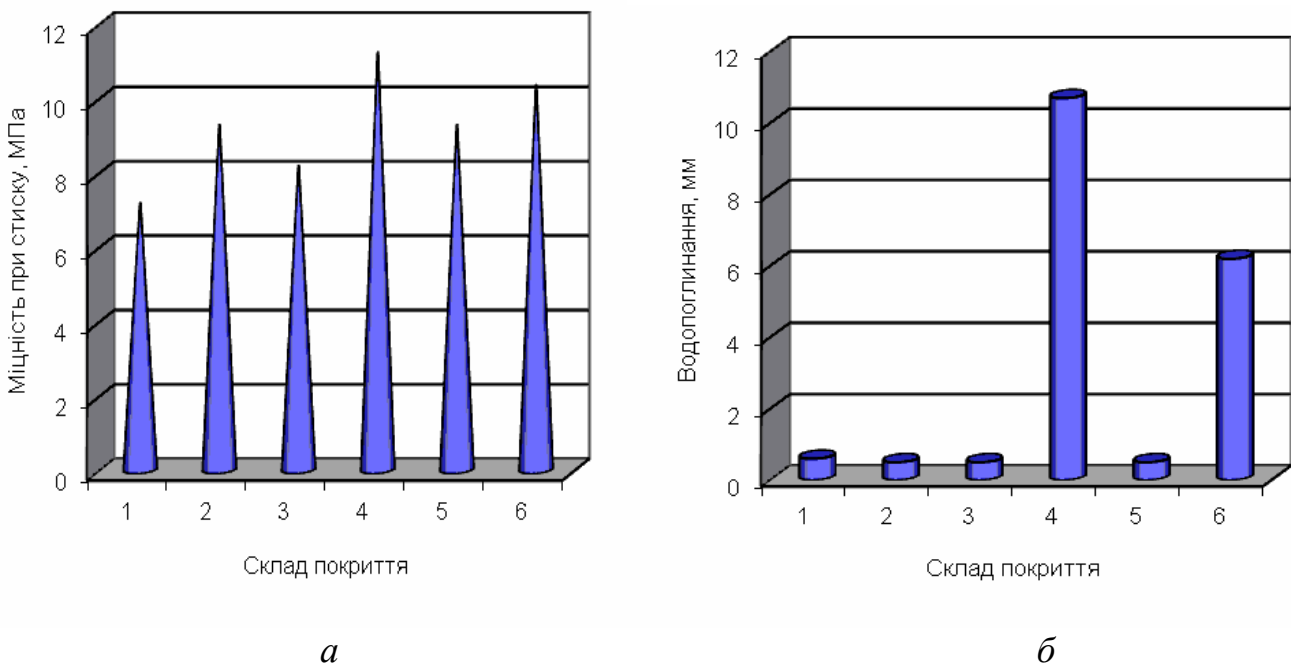


Рисунок 1 – Міцність при стиску (а) і водопоглинання (б) покриттів на основі шлакомісткого в'язучого матеріалу з добавкою 5 % природного цеоліту, модифікованого добавками солей-електролітів складу: 1) 4ч.- Na_2CO_3 , 6 ч.- Na_2SO_4 , 10 ч- NaNO_3 ; 2) 6ч.- Na_2CO_3 , 8 ч.- Na_2SO_4 , 6 ч- NaNO_3 ; 3) 8ч.- Na_2CO_3 , 10ч.- Na_2SO_4 , 2ч- NaNO_3 ; 4) без добавок-електролітів, 5) склад порівняння Пенетрон б) - склад порівняння Кальматрон

Основною характеристикою при підборі складу в'язучого для гідроізоляційних матеріалів проникної дії є величина водопоглинання.

Результати випробування покриттів зазначених складів на водопоглинання протягом 24 годин представлено на рисунку 2.

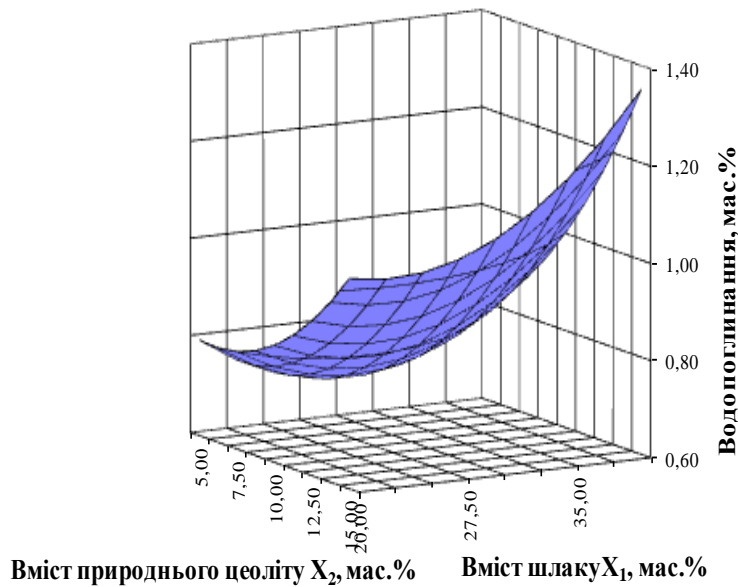


Рисунок 2 – Водопоглинання покриттів на основі шлакомісткого цементу, модифікованого добавками природнього цеоліту (клинотилоліту)

Аналіз результатів випробувань показує, що визнаний у якості оптимального склад шлакомісткого цементу (портландцемент марки 70 % + доменний гранульований шлак 30 % + природній клинотилоліт 5 %), відповідно до показників міцності у ранні строки твердіння, має найменшу величину водопоглинання – 0,45 %, з усіх досліджуваних покриттів, тоді як водопоглинання шлакомісткого цементу, модифікованого випаленим цеолітом (5 %) складає 0,75 % (рис. 3).

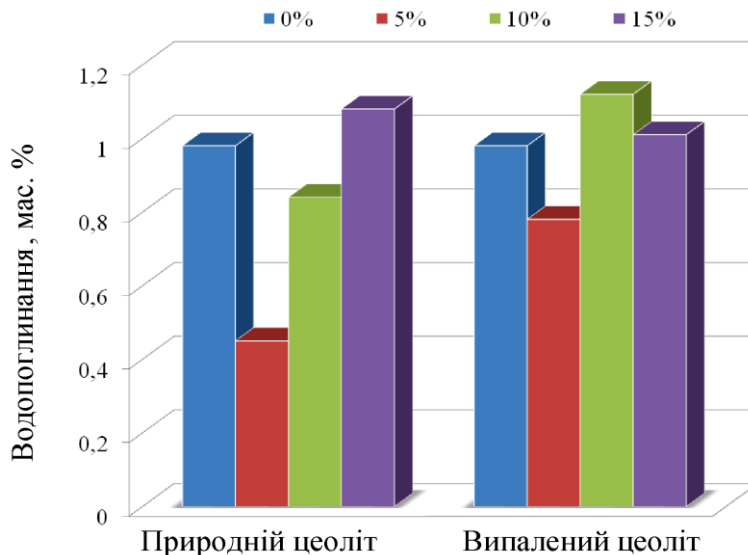


Рисунок 3 – Водопоглинання покриттів на основі шлакомісткого цементу, модифікованого добавками цеоліту (природнього та випаленого)

Для оцінки довговічності розроблених складів гідроізоляційних покриттів було досліджено міцність та капілярне волопоглинання покриттів на основі в'язучого оптимального складу та солей електролітів у різних кількостях (рис. 4, 5).

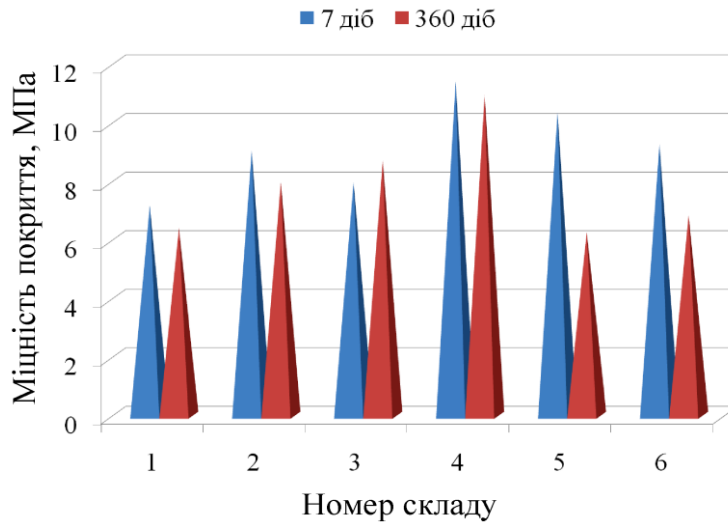


Рисунок 4 – Міцність при стиску покриттів на основі шлакомісткого в'язучого матеріалу з добавкою 5 % випаленого цеоліту, модифікованого добавками солей- електролітів складу: 1) 4ч.- Na_2CO_3 , 6 ч.- Na_2SO_4 , 10 ч- NaNO_3 ; 2) 6ч.- Na_2CO_3 , 8 ч.- Na_2SO_4 , 6 ч- NaNO_3 ; 3) 8ч.- Na_2CO_3 , 10ч.- Na_2SO_4 , 2ч- NaNO_3 ; 4) без добавок-електролітів, 5) склад порівняння Пенетрон б) - склад порівняння Кальматрон.

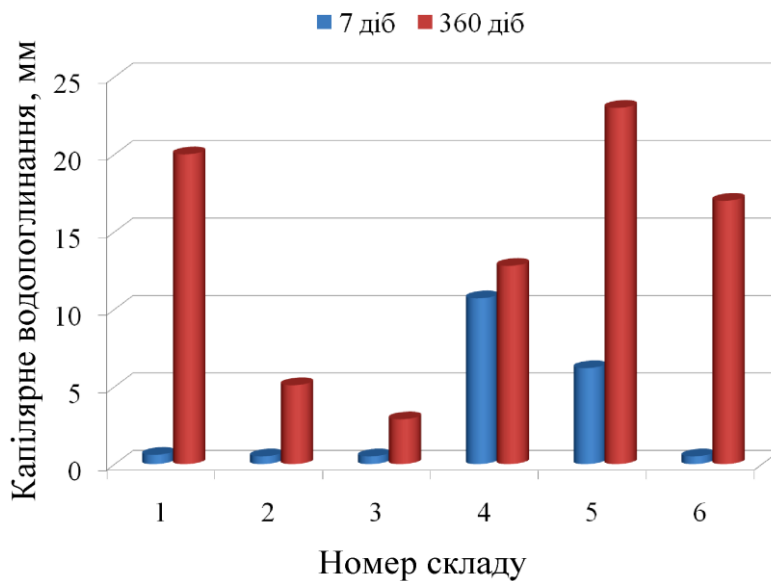


Рисунок 5– Капілярне водопоглинання покриттів на основі шлакомісткого в'язучого матеріалу з добавкою 5 % випаленого цеоліту, модифікованого добавками солей-електролітів складу: 1) 4ч.- Na_2CO_3 , 6 ч.- Na_2SO_4 , 10 ч- NaNO_3 ; 2) 6ч.- Na_2CO_3 , 8 ч.- Na_2SO_4 , 6 ч- NaNO_3 ; 3) 8ч.- Na_2CO_3 , 10ч.- Na_2SO_4 , 2ч- NaNO_3 ; 4) без добавок-електролітів, 5) склад порівняння Пенетрон б) - склад порівняння Кальматрон.

У четвертому розділі «Спеціальна частина» виконано порівняння границі міцності при стиску розробленого гідроізоляційного матеріалу у різні строки

твердіння та порівняння розробленого матеріалу з аналогами, представленими на ринку, згідно з технічними умовами та технологічним регламентом.

Аналіз одержаних даних показує, що гідроізоляційні покриття характеризуються невеликою міцністю у ранні терміни твердіння (1, 2 та 3 доба), яка поступово зростає, починаючи з 7 доби і досягає проектного значення на 28 добу твердіння. Однак, оптимальною кінетикою набору міцності при достатньо високих показниках у ранні строки, а саме на 1, 2 і 3 добу, відрізняються покриття складу – портландцемент 70 % + доменний гранульований шлак 30 % + природній цеоліт 5 %. Введення до гідроізоляційного покриття 10 % природнього цеоліту майже не позначається на показниках ранньої міцності – показник подібний до міцності зразків складу з природнім цеолітом 5 %. У пізні строки твердіння, а саме на 14 та 28 добу, міцність стає однаковою і не виявляється суттєвої різниці у кількості введеного цеоліту.

У п'ятому розділі «**Організаційно-економічна частина**» визначено кошторисну вартість будівництва цеху для виробництва сухих будівельних сумішей, виконано розрахунки на загальнобудівельні роботи. Розрахунки зроблено з використанням програмного продукту АВК-5 (3.1.3).

Усі розрахунки в кошторисній документації для будівництва цеху для виробництва сухих будівельних сумішей проведено згідно з ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 «Правила визначення вартості будівництва».

У шостому розділі «**Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях**» проведено аналіз потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Розглянуто інженерні рішення захисту від небезпечних та шкідливих факторів, а також виконано розрахунок штучного і природнього освітлення, заземлюючого пристрою, улаштування блискавкозахисту.

Виявлено уразливі місця в роботі об'єкта у воєнний час і вироблено найбільш ефективні пропозиції і рекомендації, спрямовані на підвищення його стійкості. Надалі ці рекомендації включаються в план заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкта, що і реалізується.

У сьомому розділі «**Екологія**» розглянуто питання актуальності вирішення екологічних проблем будівельної галузі та перспективи використання екологічно чистих матеріалів в будівництві.

ВИСНОВКИ

1. Прийнято використання шлакомістких цементів на основі 70 % портландцементу і 30 % доменного гранульованого шлаку, модифікованого добавкою 5 % природнього цеоліту (клинотилоліту) та комплексної добавки солей-електролітів оптимального складу зі співвідношенням $\text{Na}_2\text{SO}_4:\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{NaNO}_3 = 10\text{ч}:8\text{ч}:2\text{ч}$ в кількості 10 % від маси в'язучого для одержання гідроізоляційних покриттів проникної дії.

2. Запропоновано склади гідроізоляційних матеріалів, які забезпечують отримання довговічного покриття з високими експлуатаційними характеристиками (через 1 рік міцність покриття при стиску становить 8,71 МПа, а капілярне водопоглинання – 2,9 мл).

3. Розроблено гідроізоляційне покриття оптимального складу на основі модифікованого шлакомісткого в'язучого матеріалу, що за показниками міцності та водопоглинання не поступаються зразкам, вибраним у якості порівняльних, з гідроізоляційних матеріалів проникної дії, що представлені на ринку України.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. В.Є. Млинко. Гідроізоляційні покриття для бетонних конструкцій / V.Y. Mlynko. Waterproofing coatings for concrete constructions // V міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів ТНТУ імені І. Пулюя – Тернопіль: Укр, 2016. – 400.

АНОТАЦІЯ

Млинко В.Є. Дослідження гідроізоляційних покриттів для бетонних конструкцій. – Рукопис.

Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю: 8.06010101 – Промислове та цивільне будівництво.

Підібрано склади шлакомістких композицій, модифікованих добавками цеоліту та солей-електролітів та встановлено, що введення оптимальної кількості добавки цеоліту (5 % від маси в'язучої речовини) та оптимального співвідношення солей-електролітів ($\text{Na}_2\text{SO}_4:\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{NaNO}_3=10\text{ч}:8\text{ч}:2\text{ч}$, 10 % від маси в'язучої речовини) дозволяє отримати штучний камінь, міцність якого на 2 добу становить 4,2 МПа, на 7 добу – 17,6 МПа, на 28 добу – 36,7 МПа, а капілярне водопоглинання покриття – 0,5 мм.

Досліджено фізико-хімічні процеси структуроутворення в підібраних складах в'язучих композицій за допомогою рентенофазового аналізу та електронної мікроскопії та доведено, що покращені міцнісні показники отриманого штучного каменю обумовлені формуванням в складі новоутворень еtringіту та низькоосновних гідросилікатів кальцію C-S-H(I).

Підібрано склади сухих будівельних сумішей та досліджено їх основні властивості. Проведені дослідження свідчать про позитивний вплив добавок цеоліту та солей-електролітів на технологічні та фізико-механічні властивості сухих будівельних сумішей та матеріалів, отриманих на їх основі. Розроблені будівельні розчини можуть бути використані при влаштуванні гідроізоляції бетонних та залізобетонних конструкцій.

Результати наукових досліджень доповідались на V міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ імені І. Пулюя (Тернопіль, 2016) та опубліковані в збірнику тез цієї конференції. Представлена магістерська робота є результатом досліджень, які проводились студентом Млинко В.Є. протягом 1 року на кафедрі будівельної механіки. Наукові дослідження виконано з використанням математичних методів планування експерименту та сучасних методів фізико-хімічного аналізу.

Ключові слова: гідроізоляція, різновидності гідроізоляційних матеріалів, цемент, шлак, цеоліт, пісок.

ANNOTATION

Mlynko V.Y. Research waterproofing coatings for concrete constructions. – Manuscript.

Diploma thesis on competition of educational degree "master" for the specialty 8.06010101 - Industrial and civil construction.

Chosen compositions slag cements of modified zeolite additives and salts, electrolytes and found that the introduction of the optimal number of zeolite supplements (5% by weight of binder) and the optimal correlation of electrolyte salts ($\text{Na}_2\text{SO}_4:\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{NaNO}_3 = 10\text{p}:8\text{p}:2\text{p}$, 10% by weight of binder) allows to obtain artificial stone, the strength of which 2 per day is 4.2 MPa, 7 day - 17.6 MPa, 28 days - 36,7 MPa and capillary water absorption coating – 0,5 mm.

Researched the physical and chemical processes of structure formation in selected astringents compositions using X-ray analysis and electron microscopy and shown that improved strength performance resulting artificial stone due to the formation of tumors composed etrynhit and low-basic hydrosilicates calcium and C-S-H(I).

Chosen compositions of dry mixes stores and researched their basic properties. Conducted research suggest positive effects of zeolite supplements and salts, electrolytes technological, physical and mechanical properties of dry mixes and materials derived from them. Developed construction solutions can be used for waterproofing concrete and reinforced concrete constructions.

Results of scientific research were presented at the V International scientific conference of young scientists and students TNTU of I. Pul'uj (Ternopil, 2016) and published in the book of abstracts of this conference. Presented master thesis is the result of research conducted by the student Mlynko V.Y. of 1 year at the department of structural mechanics. Scientific research performed with using mathematical methods of experiment planning and modern methods of physical and chemical analysis.

Key words: waterproofing, varieties of waterproofing materials, cement, slag, zeolite, sand.