

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**Сташко Наталія Петрівна**



УДК 725.95:691.328

**ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ БЕТОНУ ЗАХИСНИМИ  
ПОКРИТТЯМИ НА ОСНОВІ НАПОВНЕНОГО  
ПОЛІМЕТИЛФЕНІЛСИЛОКСАНУ**

05.23.05 – будівельні матеріали та вироби

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті „Львівська політехніка” Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор  
**Гивлюд Микола Миколайович,**  
Національний університет „Львівська політехніка”  
Міністерства освіти і науки України,  
професор кафедри будівельного виробництва, м. Львів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

**Шпирько Микола Васильвич,**

Державний вищий навчальний заклад „Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”,

завідувач кафедри технології будівельних матеріалів, виробів і конструкцій;

кандидат технічних наук, доцент

**Павлюк Віталій Володимирович,**

Київський національний університет будівництва та архітектури, доцент кафедри технології будівельних конструкцій і виробів.

Захист відбудеться “17” жовтня 2014 р. о 13<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.17 Національного університету “Львівська політехніка” за адресою: 79013, м. Львів, вул. Карпінського 6, навчальний корпус II, ауд. 212.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного університету “Львівська політехніка” (79013, м. Львів, вул. Професорська, 1).

Автореферат розісланий “16 ” вересня 2014 р.

В.о. вченого секретаря спеціалізованої  
вченої ради Д 35.052.17

д.т.н., проф.



Демчина Б.Г.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Серед загальних вимог до бетонних та залізобетонних конструкцій важливе значення має довговічність, яка, крім наявності вихідних характеристик якості, повинна задовольняти вимогам безпеки й експлуатаційної придатності з належним ступенем надійності протягом заданого терміну служби при різних видах впливу, таких як навантаження, кліматичні й технологічні фактори, поперемінне заморожування і відтавання, агресивний вплив і т.п. Підвищення довговічності будівельних конструкцій та термінів експлуатації споруд є одним з основних принципів стратегії сталого розвитку, що полягає в мінімізації витрати енергії та матеріальних ресурсів у процесі спорудження та експлуатації будівельних конструкцій зі зменшенням негативного впливу на довкілля.

Вплив навколишнього середовища викликає корозію бетону конструкцій будинків і споруд. Особливо значні втрати від корозії на підприємствах хімічної, коксохімічної, металургійної, вугільної і м'ясо-молочної промисловості, для яких характерним є наявність сильно виражених агресивних середовищ. Тому захист конструкцій на основі бетону від корозії є однією з важливих проблем у вирішенні питань забезпечення довговічності будівель та споруд.

Узагальнення результатів досліджень в напрямку будівельного матеріалознавства свідчать про можливість підвищення корозійної стійкості будівельних конструкцій шляхом нанесення на їхню поверхню захисного покриття, яке забезпечує утворення гідрофобної плівки та попереджує проникнення агресивних чинників у бетон. Тому забезпечення надійності експлуатації та високої довговічності бетонних виробів і конструкцій шляхом розробки захисних покриттів для підвищення корозійної стійкості бетону є одним з актуальних питань сучасного будівництва.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Тема дисертаційної роботи відповідає науковому напрямку кафедри будівельного виробництва. Дисертація виконана в межах держбюджетної науково-дослідної роботи “Розроблення малоенерговмісних полікомпонентних цементуючих матеріалів для високофункціональних будівельних розчинів та бетонів” (номер державної реєстрації 0113U001370) 2013–2014 рр. У зазначеній роботі автор була виконавцем.

**Мета та задачі дослідження.** Метою роботи є підвищення корозійної стійкості бетонної поверхні при дії зовнішніх агресивних чинників шляхом її модифікування захисними покриттями на основі наповненого поліметилфенілсилоксану.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- дослідити вплив технологічних факторів на стійкість бетонів у середовищах різних класів (ХС, ХF, ХА);
- провести аналіз сучасного стану питань стосовно розроблення і застосування атмосферостійких захисних покриттів для бетону та визначити шляхи підвищення їхньої ефективності;

- теоретично обґрунтувати вибір компонентів композицій на основі наповнених поліметилфенілсилоксанів та виявити взаємозв'язок між їх співвідношенням та структурою, а також експлуатаційними характеристиками покриттів, утворених на поверхні бетону;

- оптимізувати склади вихідних композицій захисних покриттів за критеріями адгезійної міцності та атмосферостійкості;

- розробити рекомендації щодо практичного застосування запропонованих складів композицій для підвищення стійкості бетонів до дії агресивних атмосферних чинників;

- провести промислову апробацію розроблених складів бетонів з захисними композиціями і обґрунтувати їх техніко-економічну ефективність.

*Об'єкт дослідження:* процеси корозійного впливу на бетони з захисними покриттями на основі наповненого оксидними та силікатними матеріалами поліметилфенілсилоксану.

*Предмет дослідження:* наповнені поліметилфенілсилоксанові покриття для ефективного захисту бетону від дії зовнішніх агресивних чинників.

**Методи дослідження.** Експериментальні результати одержані із застосуванням комплексу сучасних методів фізико-хімічного аналізу, зокрема рентгенівської дифрактометрії, електронної та оптичної мікроскопії. Визначення фізичних (середня густина, пористість, водопоглинання), фізико-механічних (міцність на стиск) властивостей та корозійної стійкості бетонів у середовищах різних класів проведено за стандартними методиками та згідно з чинною нормативно-технічною документацією. Експериментальні дослідження властивостей захисних покриттів виконано із використанням стандартних методик, засобів вимірювання та випробувального обладнання.

Розрахунок рецептурного складу вихідних композицій для захисних покриттів та його вплив на їхні властивості проведено методом математичного планування експерименту за допомогою неперервної функції аргументу, яка з достатньою точністю описується поліномом Шеффе. Для розв'язку диференційних рівнянь використано числові та аналітичні методи, зокрема операційний метод, який базується на перетвореннях Лапласа. Математичні моделі, які описують загальні закономірності процесів та зміни властивостей залежно від хімічного складу і температури, одержано експериментально-статистичним методом. Визначення відносних показників якості властивостей дослідних об'єктів проведено із використанням графіка функції бажаності Харрінгтона.

Результати експериментальних досліджень оброблено за допомогою комп'ютерної техніки і прикладних програмних пакетів (Microsoft Word, Microsoft Exel, Statistica, Grapher).

#### **Наукова новизна одержаних результатів:**

- теоретично обґрунтовано та експериментально доведено можливість отримання захисних покриттів на основі наповненого алюмінію і цинку оксидами поліметилфенілсилоксану та розкрито особливості їх впливу на корозійну стійкість бетону;

- розроблено та оптимізовано склади захисних покриттів з використанням комплексу добавок натрію гексафлюорсилікату і каолінового волокна для забезпечення необхідного рівня фізико-механічних властивостей та визначено механізм формування захисного шару на поверхні бетону;

- вперше встановлено якісну та кількісну оцінку впливу захисного покриття на корозійну стійкість бетону в умовах дії зовнішніх агресивних чинників;

- дістало подальший розвиток дослідження процесів корозії бетону та визначено основні принципи забезпечення його корозійної стійкості захисними покриттями за рахунок селективної дії окремих компонентів для досягнення регламентованих технічних властивостей у процесі експлуатації.

#### **Практичне значення одержаних результатів:**

- в результаті проведених досліджень, сформульованих наукових засад та отриманих експериментальних даних для підвищення корозійної стійкості бетону запропоновано нові склади захисних покриттів на основі наповненого оксидними і силікатними матеріалами поліметилфенілсилоксану;

- розроблено склади захисних покриттів та технологічні параметри їх нанесення на поверхню бетону, здійснено випуск дослідно-промислової партії;

- проведено випробування розроблених складів захисних покриттів в умовах ТзОВ «Західнафтохімбуд», розроблено проект технічних умов ТУ У 24.3 –02071022 – 128:2013 та технологічний регламент на дослідну партію.

Теоретичні, технологічні та методологічні розробки, що наведені в дисертаційній роботі, застосовуються у навчальному процесі на кафедрі будівельного виробництва Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні дисципліни «Корозія будівельних матеріалів і виробів» при підготовці студентів спеціальності 7.06010104 «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів».

**Особистий внесок здобувача** полягає у проведенні експериментальних досліджень, обробці одержаних даних, впровадженні результатів роботи у виробництво і відображеній у наукових працях:

- визначено компонентний склад та технологічний режим нанесення захисного покриття [1];

- досліджено вплив захисного покриття на водопоглинання бетону [2, 10];

- проведено аналіз впливу умов нанесення покриття на адгезійну міцність та водопоглинання бетону [3];

- обґрунтовано та доведено можливість підвищення атмосферостійкості бетону шляхом поверхневого оброблення захисними покриттями [4, 8];

- проаналізовано вплив складу захисного покриття на адгезійну міцність та суцільність [5, 9];

- досліджено фазовий склад дрібнозернистого бетону із захисними покриттями в різних агресивних середовищах [6];

- обґрунтовано можливість використання розроблених складів захисних покриттів для збільшення корозійної стійкості бетону [7].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на конференціях: Міжнародній науково-практичній конференції по проблемах пожежної безпеки, присвяченій 75 річниці створення ВНИИПО (Москва, Російська Федерація, 2012); Міжнародній науково-практичній конференції курсантів, студентів та слухачів «Надзвичайні ситуації: теорія та практика», «НС–2012» (Гомель, Республіка Білорусь, 2012); XIV Міжнародній науковій конференції “Актуальні проблеми будівництва та інженерії довкілля” “Львів-Кошице-Жешув” (Львів, 2013); VII Міжнародній науково-практичній конференції курсантів (студентів), слухачів магістратури та ад’юнктів (аспірантів) «Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы» (Мінськ, Республіка Білорусь, 2013); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми технічних та гуманітарних наук у діяльності служб цивільного захисту» (Черкаси, 2013), Міжнародній науково-технічній конференції «Новітні технології використання цеолітових туфів у промисловості» (Львів, 2014) та на конференціях професорсько-викладацького складу Національного університету “Львівська політехніка” у 2010–2014 рр.

**Публікації.** За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 10 наукових праць, із них: 6 статей у наукових збірниках, які входять до переліку вітчизняних фахових видань, одна в Міжнародному періодичному виданні іншої держави, 2 у матеріалах вітчизняних та міжнародних науково-практичних конференцій, отримано патент України на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота викладена на 131 сторінці друкованого тексту основної частини, яка складається із вступу, п’яти розділів та висновків. Повний обсяг дисертації становить 152 сторінки і включає 32 таблиці, 19 рисунків, список використаних джерел із 138 найменувань та 2 додатків на 22 сторінках.

## ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність дисертації, сформульовано мету роботи, визначено напрям та задачі досліджень, зазначено основні положення, що отримані автором і мають наукову новизну та практичну цінність.

**У першому розділі** проведено аналітичний огляд літературних та патентних джерел за проблемою підвищення корозійної стійкості бетону при дії зовнішніх агресивних чинників. Сучасний підхід до оцінки корозійної стійкості бетону (В. М. Москвін, О. П. Мчедлов-Петросян, А. Є. Шейкін, С. В. Федосов, З. Я. Бліхарський, В. Курдовскі, Й. Штарк та ін.) базується на забезпеченні високої щільності цементного каменю за рахунок введення модифікаторів структури. Разом з тим, утворення в результаті гідратації цементу портландиту призводить до прискорення корозійних процесів у бетоні при його експлуатації в агресивних середовищах. Показано доцільність використання наповнених полімерних композицій для підвищення довговічності бетонних конструкцій. Тому використання наповнених полімерних композицій є перспективним

напрямом у створенні захисних протикорозійних покриттів, які забезпечать необхідну довговічність будівель та споруд.

Розробленню та оптимізації складів наповнених органосилікатних композицій присвячена значна кількість робіт В. М. Вирового, О. О. Лащенка, В. А. Свідерського, Н. П. Харитонова, Р. А. Яковлевої та ін., але питання створення захисних покриттів на основі вітчизняних вихідних матеріалів є досить гострим.

Найбільш ефективним для вирішення проблеми підвищення корозійної стійкості бетону є використання композицій на основі наповненого оксидними та силікатними компонентами поліметилфенілсилоксану, які характеризуються необхідними фізико-механічними властивостями при експлуатації в агресивному середовищі.

На основі узагальнення результатів попередніх досліджень сформульовано робочу гіпотезу, яка полягає в наступному:

- підвищення корозійної стійкості бетону можливе шляхом ізоляції пор захисними матеріалами, які здатні утворювати на поверхні гідروفобну плівку, непроникну до дії зовнішнього агресивного середовища, при цьому за рахунок вмісту у захисному шарі мінеральних оксидних наповнювачів значно підвищується хімічна і біологічна стійкість обробленого матеріалу;

- в якості вихідних матеріалів для захисного покриття можуть бути використані дрібнодисперсні алюмінію та цинку оксиди, корозійностійкий  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ , поліметилфенілсилоксан (гідрофобізатор) і армуючі каолінові волокна.

На підставі проведеного аналізу науково-технічної літератури та попередніх наукових досліджень сформульовано основні напрями роботи спрямовані на створення захисних покриттів для підвищення корозійної стійкості бетону, який експлуатується при дії зовнішніх агресивних чинників.

**У другому розділі** обґрунтовано вибір вихідних матеріалів для отримання захисних покриттів, наведено їх характеристику та описано основні методи і методики досліджень, які використано в роботі.

Дослідження проведено на бетонах класів міцності С16/20 та С25/30, одержаних на основі портландцементу з додатком шлаку ПЦ П/А-Ш-500 ПАТ «Волиньцемент», піску Ясинецького родовища, гранітного щебеню Віровського родовища фракції 5–20 мм. Для отримання корозійностійких захисних покриттів для бетону використано у якості зв'язки поліметилфенілсилоксановий лак (КО-08), який характеризується високою сумісністю з оксидними та силікатними наповнювачами, еластичністю та адгезією до бетону. Враховуючи стійкість до дії вологи, біо- та хімічних реагентів, наповнювачами обрано алюмінію та цинку оксиди, гексафлюорсилікат натрію, армуючим компонентом – каолінове волокно.

У роботі використано стандартні методи досліджень основних фізико-механічних властивостей наповнених поліметилфенілсилоксанових композицій для корозійностійких захисних покриттів. Зміну фазового складу та структури бетону та захисних покриттів у процесі дії зовнішніх агресивних чинників виконано за допомогою комплексу фізико-хімічних методів аналізу: рентгенофазового з використанням дифрактометра ДРОН–3М, диференційно-

термічного за допомогою дериватографа Q-1500D, ІЧ-спектроскопії (SPECORD-75 IR). Структуру та хімічний склад цементного каменю після дії агресивних факторів визначено на електронному мікроскопі Nova200 NanoSEM. Показники корозійної стійкості захисних покриттів для бетону досліджено згідно з ДСТУ Б В.2.6-145:2010. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії.

Оптимізацію складів захисних покриттів проведено на основі діаграм «склад-властивості» за допомогою полінома Шеффе.

**У третьому розділі** досліджено вплив технологічних факторів на стійкість бетонів у середовищах різних класів та розроблено оптимальні склади вихідних композицій для захисних покриттів, технологію їх отримання та визначено оптимальний технологічний режим формування захисного покриття на поверхні бетону.

Експериментальними дослідженнями показано, що основну роль в руйнуванні цементного каменю бетону в умовах експлуатації при дії агресивних фізичних та хімічних впливів відіграє загальна пористість та характер капілярно-пористої структури матеріалу, які формуються залежно від рецептурної складової (витрата, тип в'язучого, якість піску, водоцементне співвідношення, наявність добавок) та умов тверднення. Використання дрібних заповнювачів з низьким модулем крупності та підвищеним вмістом глинистих домішок, що зумовлює зростання водоцементного відношення бетонних сумішей вище 0,5, експлуатація в вологих умовах при дії зовнішніх агресивних чинників негативно впливають на генезис структури таких бетонів, їх корозійну стійкість і довговічність виробів та конструкцій на їх основі. Тому це вимагає застосування вторинних методів захисту із використанням антикорозійних захисних покриттів.

Для оптимізації рецептурного складу захисного покриття з врахуванням виду наповнювача, що дозволяє керувати процесом структуроутворення та створювати матеріали з наперед заданими властивостями, використано метод математичного планування експерименту. Проведеними дослідженнями встановлено склади вихідних композицій для захисних покриттів (табл. 1).

Таблиця 1

Склади композицій для захисних покриттів

Варіант складу композиції	Вміст компонента, мас. %				
	КО-08	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO	Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	каолінове волокно
1	55	30	15	-	-
2	60	30	10	-	-
3	55	20	17,5	7,5	-
4	60	25	10	5	-
5	50	21	17	10	2
6	55	21	15	7,5	1,5



Агрегативності кінці вихідні композиції для захисних покриттів доцільно одержувати шляхом сумісного механо-хімічного диспергування компонентів у помельних установках. При цьому проходить руйнування кристалічної ґратки оксидного наповнювача, фізична та хімічна адсорбція поліметилфенілсилоксану до його поверхні. Встановлено, що розмір частинок наповнювача менше 50 мкм досягається при терміні диспергування у кульових млинах протягом 100 год. При цьому згідно з даних ДТА маса привитого поліметилфенілсилоксану складає 2,1–5,1 мас. %. Для формування надійного захисного покриття необхідно забезпечити високий адгезійний контакт, який залежить від складу вихідних композицій та умов затвердіння.

Дослідженнями встановлено оптимальну умовну в'язкість вихідних композицій, яка складає 24–30 с за віскозиметром ВЗ-4, сухий залишок після затвердіння – 76–80 мас. %, а покривна здатність 260–320 г/м<sup>2</sup> при товщині покриття 0,4–0,6 мм. Технологічні властивості вихідних композицій для захисних покриттів наведені в табл. 2. Всі розроблені склади захисних покриттів мають високу (1–2 мм) еластичність плівки при згині, яка залежить від вмісту плівкоутворювача і визначається згідно з ГОСТ 6806. Міцність на удар складає 4,5–5,0 Дж, що відповідає вимогам до лакофарбових покриттів.

Таблиця 2

Технологічні властивості вихідних композицій для захисних покриттів

Варіант складу композиції	Умовна в'язкість за ВЗ-4 при 293 К, с	Сухий залишок, мас. %	Покривна здатність, г/м <sup>2</sup>	Міцність на удар, Дж	Еластичність плівки при згині, мм
1	26	78	260	5,0	1
2	24	76	280	5,0	1
3	25	77	270	5,0	1
4	24	78	275	5,0	1
5	30	80	320	5,0	1
6	28	77	310	5,0	1

Для отримання захисних покриттів на поверхні бетону вивчено вплив режиму затвердіння на його мікротвердість. Для цього вибрано наступні режими:

- 1) 24 год при температурі 293 К;
- 2) 2 год при температурі 353 К;
- 3) 1 год при температурі 423 К;
- 4) 0,5 год при температурі 473 К.

Проведеними дослідженнями встановлено (рис. 1), що найвищі показники мікротвердості 232–327 МПа досягаються при третьому режимі затвердіння, тобто витримкою при 423 К протягом 1 год. Однак, враховуючи технологічні складності забезпечення такого режиму затвердіння покриття при нанесенні на бетонну поверхню та енергетичні затрати вибрано перший режим затвердіння

протягом 24 год при температурі 293 К, що дозволяє одержувати покриття з мікротвердістю 207–219 МПа.

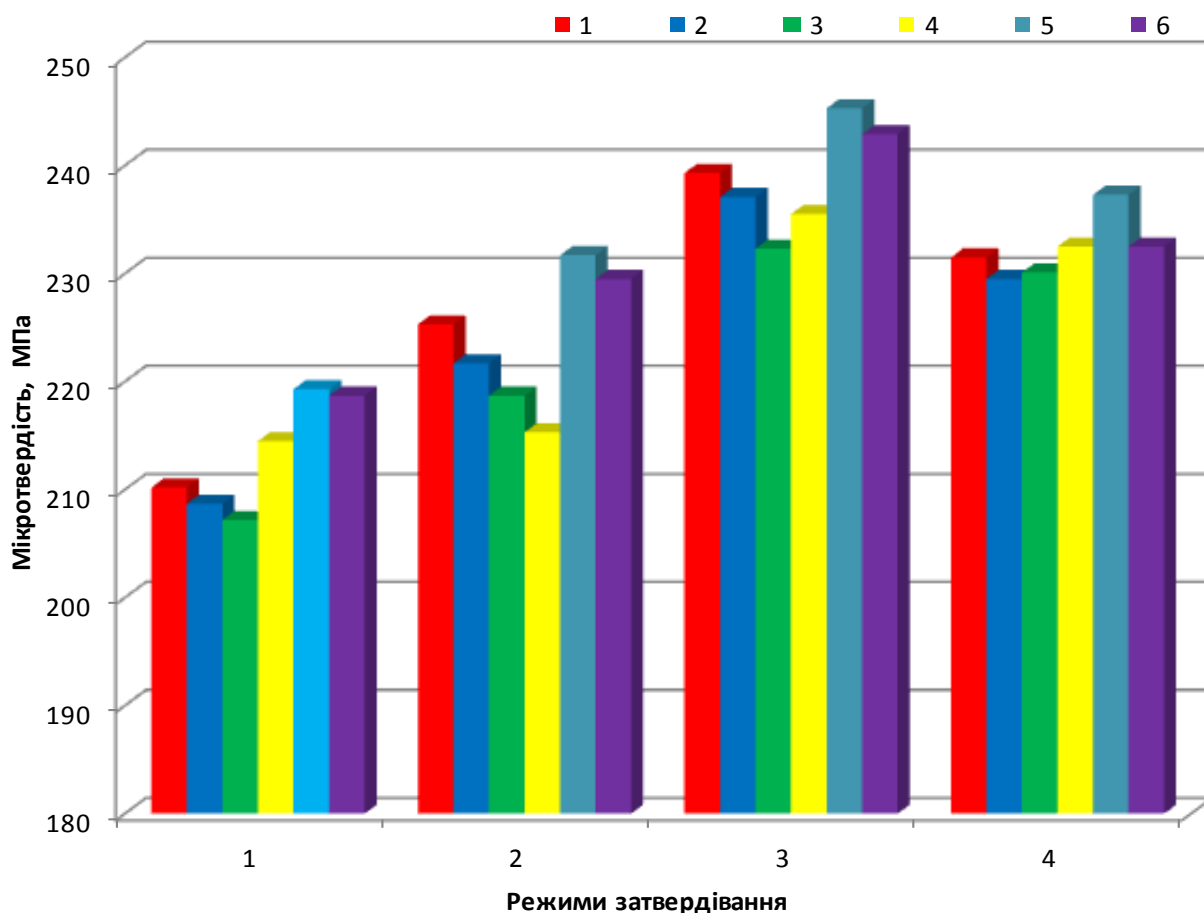


Рис. 1. Залежність мікротвердості захисних покриттів різних складів від режиму затвердіння

У четвертому розділі досліджено корозійну стійкість бетонів із захисними покриттями в різних агресивних середовищах.

Випробування розроблених складів захисних покриттів до дії чинників зовнішнього агресивного середовища у лабораторних умовах вивчено за найбільш жорсткими умовами. Для забезпечення захисту матеріалів з низькою атмосферостійкістю покриття повинні володіти високими та стабільними показниками гідрофобності, водостійкості, корозійної стійкості та бути довговічними.

Стійкість захисних покриттів до дії води свідчить про доцільність вибору оксидних наповнювачів (табл. 3). Водопоглинання бетонів з розробленими складами покриттів зменшується після 30 діб перебування у воді з 7,2 до 1,7–2,3 мас. % для бетону С16/20 та з 5,2 до 1,6–2,2 мас. % для бетону С25/30.

Довговічність та захисна здатність покриття для бетону під час експлуатації у вологих умовах залежить від величини і стабільності адгезії, яка визначається силами механічного зчеплення покриття з поверхнею бетону та силами міжатомної і хімічної взаємодії між фазами на межі контакту.

Так як поверхня бетону представлена гідратними фазами, то при нанесенні покриття за рахунок хімічної взаємодії з поліметилфенілсилоксаном проходить утворення нових силоксанових зв'язків, які відіграють основну роль у формуванні адгезійного контакту.

Таблиця 3

## Водопоглинання бетонів, оброблених захисними покриттями

Склад покриття	Водопоглинання, мас. %, бетону класу								Крайовий кут змочування, градуси	
	C16/20				C25/30				C16/20	C25/30
	Час перебування у воді, діб									
	1	10	20	30	1	10	20	30		
без покриття	5,7	6,9	7,1	7,2	4,8	5,1	5,2	5,2	52/50	53/50
1	1,2	1,9	2,3	2,3	1,2	1,8	2,2	2,2	93/87	95/90
2	1,1	1,8	2,1	2,2	1,2	1,7	2,0	2,0	95/90	96/91
3	1,1	1,5	1,9	2,0	1,1	1,6	1,8	1,9	98/92	100/95
4	1,1	1,4	1,6	1,9	1,2	1,5	1,9	2,0	94/90	97/94
5	1,0	1,5	1,7	1,8	1,1	1,4	1,7	1,8	96/91	99/95
6	1,0	1,4	1,7	1,7	1,0	1,3	1,5	1,6	97/95	101/98

Значний вплив на показник адгезійної міцності має ступінь підготовки поверхні бетону та наявність внутрішніх напружень, які виникають за рахунок об'ємної усадки покриття при його формуванні. Адгезійна міцність покриттів після затвердіння на повітрі для всіх складів при товщині нанесення 0,1 мм знаходиться в межах 4 МПа (рис. 2).

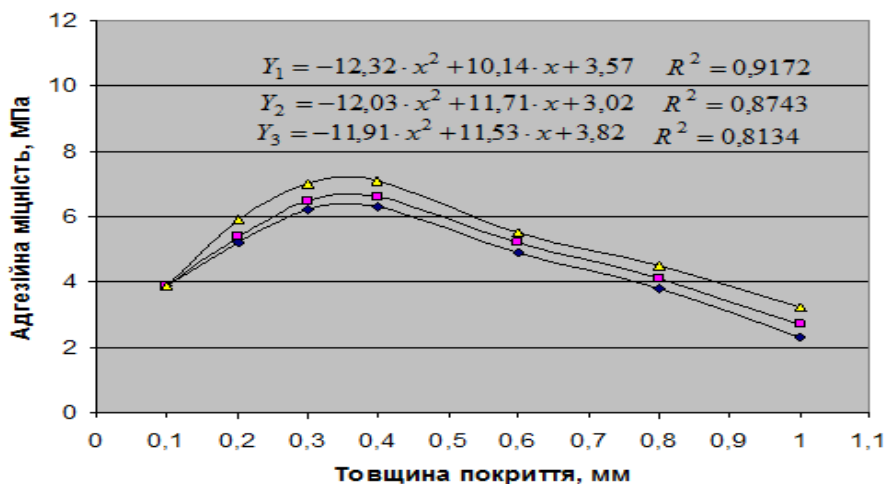


Рис. 2. Залежність адгезійної міцності від товщини на бетоні для покриття

складу, мас. %:  $\blacklozenge$  – КО-08 – 55,  $Al_2O_3$  – 30, ZnO – 15;

$\square$  – КО-08 – 55,  $Al_2O_3$  – 20, ZnO – 17,5,  $Na_2SiF_6$  – 7,5;

$\triangle$  – КО-08 – 55,  $Al_2O_3$  – 21%, ZnO – 15,  $Na_2SiF_6$  – 7,5, каолінове волокно – 1,5

Суцільність захисного покриття на бетоні при витримуванні у вологих умовах 120 діб плавно зменшується з 99,5 до 95,8–96,8 % залежно від його складу (рис. 3). Подальше збільшення тривалості випробувань до 175 діб практично не впливає на показник суцільності. Необхідно відзначити, що введення до складу покриття  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  збільшує показник суцільності на 0,2–0,4 %, а каолінового волокна – на 0,6–1,1 %.

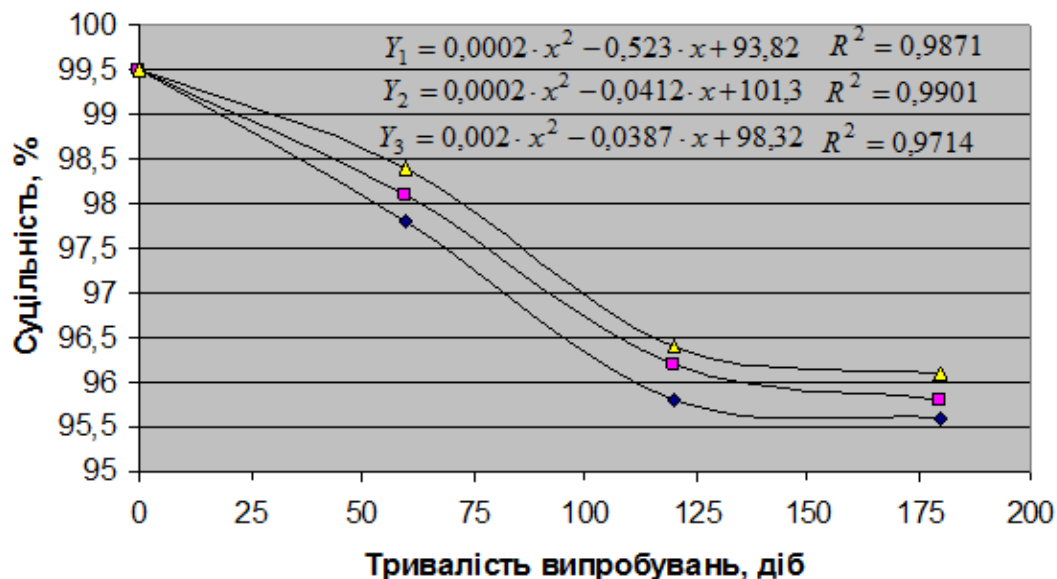


Рис. 3. Зміна суцільності залежно від часу витримування у вологих умовах для захисного покриття бетону складу, мас. %:  $\blacklozenge$  – KO-08 – 55,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 30, ZnO – 15;  $\square$  – KO-08 – 55,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 20, ZnO – 17,5,  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  – 7,5;  $\triangle$  – KO-08 – 55,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 21, ZnO – 15,  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  – 7,5, каолінове волокно – 1,5

Важливою характеристикою розроблених складів захисних покриттів є їх довговічність, яку визначали згідно ДСТУ Б А.1.1-45-94. Дослідженнями встановлено, що всі розроблені склади захисних покриттів володіють довговічністю понад 12 років при температурі випробувань 293 К. Підвищення температури випробувань до 313 К знижує довговічність тільки покриття складу 1 до 8 років внаслідок високого вмісту ZnO та відсутності в його складі  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  та каолінових волокон. Наявність в складі захисного покриття волокон забезпечує підвищення його довговічності.

Оброблений захисними покриттями бетон може використовуватися в умовах дії хімічних реагентів. Тому їх хімічна стійкість визначається здатністю протидіяти впливу кислих та лужних середовищ, особливо у зоні контакту. Швидкість процесів хімічної корозії захисних покриттів, в основному, залежить як від їх компонентного складу, так і від структурних особливостей, а саме стану поверхні, пористості та ступеня закристалізованості наповнювача. Значний вплив на корозійні процеси вносить вид вуглеводневого радикала біля атома силіцію, будова полімеру та його молекулярна маса.

Мінімальна хімічна стійкість після 24 год експозиції у 25 % розчині HCl характерна для складів 1–3 (відповідно 12–15, 10–12 та 15 %) покриттів для бетону, а максимальна для покриттів складів 4–6 (3–7 %), що пояснюється наявністю у складі покриття більш кислотостійкого наповнювача ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ).

Збільшення вмісту у покритті поліметилфенілсилоксану також призводить до зменшення кислотостійкості на 4–20%. Наявність у складі покриття алюмінію оксиду внаслідок екранування поліметилфенільної плівки та виникнення донорно-акцепторного зв'язку з фенільними радикалами частково підвищує його хімічну стійкість.

Біологічні випробування захищеного бетону виконано згідно ГОСТ 30548 методом визначення біологічної стійкості матеріалу до дії мікрофлори лісового ґрунту, ураженого культурами грибів роду *Ceratocystus*, *Sporodemia* та *Penicillium*. Задана ступінь захисту становила  $M_{95}$  шляхом порівняльного контролю серії дослідних зразків біо захищеного бетону із зразками необробленого бетону аналогічних розмірів. Тривалість досліджень становила два календарних місяці. Аналіз результатів (рис. 4) показує, що максимальний рівень біоруйнування контрольних зразків без покриття дорівнює близько 14,0 та 13,2 % збільшення маси відповідно для С15/20 та С25/30. Тому, згідно із зазначеною методикою, допустиме збільшення маси зразків, оброблених покриттями, повинно становити для С15/20  $M_{95}=40 \times 0,05=2,0$  % і для С25/30  $M_{95}=32 \times 0,05=1,6$  %. Встановлено, що показники збільшення маси зразків обробленого бетону складають 1,12–1,67% для С15/20 та 0,91–1,42 % для С25/30, що не перевищує допустимі значення. Це свідчить, що досліджувані бетони з покриттями є біостійкими.

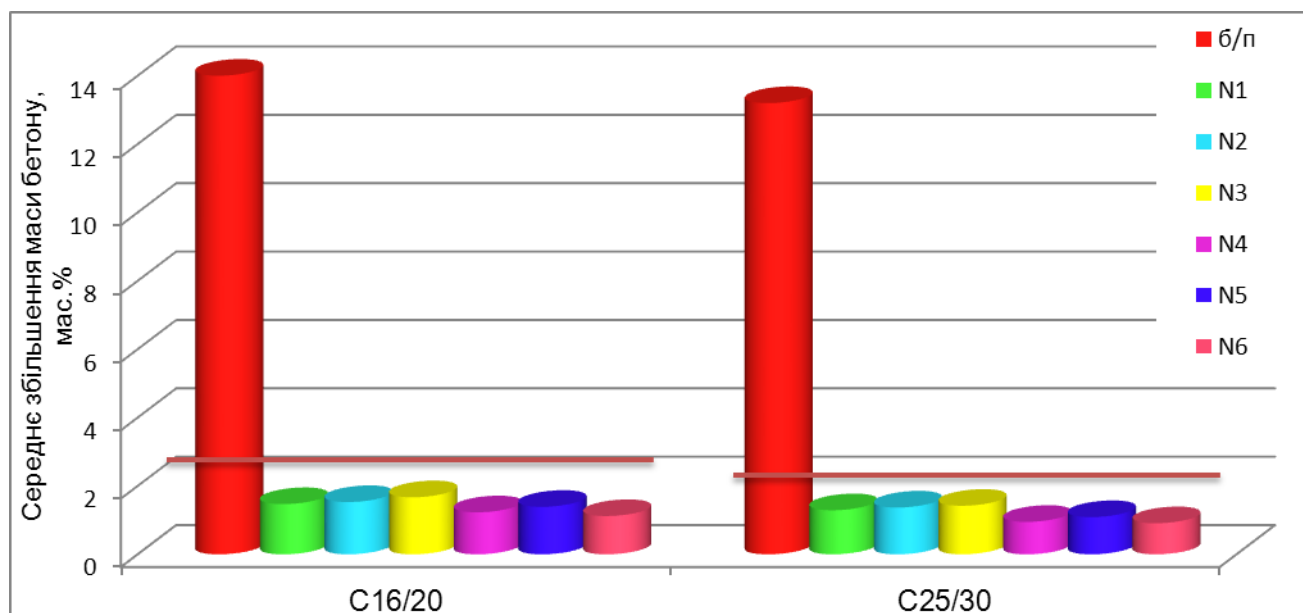


Рис. 4. Експериментальні показники біостійкості бетону із захисними покриттями (експозиція 60 днів, кількість випробовуваних зразків – 15)

Дослідження корозійної стійкості дрібнозернистого бетону з захисним покриттям проводили за зміною міцності зразків при зберіганні їх в агресивному середовищі. В якості агресивного середовища використовували розчин  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  з концентрацією  $\text{SO}_4^{2-}$  10000 мг/л та розчин  $\text{MgCl}_2$  з концентрацією  $\text{Mg}^{2+}$  10000 мг/л (згідно ДСТУ Б В.2.7-176:2008 клас впливу навколишнього середовища на бетон ХА3).

Коефіцієнт корозійної стійкості дрібнозернистого бетону без покриття через 360 діб зберігання зразків у розчині  $MgCl_2$ , визначений за результатами випробувань міцності на стиск, становить 0,76, тоді як бетону з покриттям складу 3 – 0,95, з покриттям складу 5 – 0,86. Коефіцієнт корозійної стійкості дрібнозернистого бетону через 360 діб зберігання зразків у розчині  $Na_2SO_4$  без покриття становить 0,92, тоді як бетону з покриттям складу 3 – 0,98, з покриттям складу 5 – 0,94. Таким чином, захисні покриття підвищують стійкість бетону в агресивному середовищі.

Підтвердженням високої ізоляційної здатності розроблених складів захисних покриттів, які суттєво підвищують корозійну стійкість бетону в агресивному середовищі  $MgCl_2$ , є стабільність фазового складу його цементної матриці (рис. 5). Встановлено, що фазовий склад цементуючої фази бетону представлений кальцію гідроксидом ( $d/n=0,493$ ;  $0,263$ ;  $0,1925$  нм), еtringітом ( $d/n=0,960$ ;  $0,560$  нм), кальцію карбонатом ( $d/n=0,303$ ;  $0,212$  нм), непрореагованими клінкерними мінералами ( $d/n=0,277$ ;  $0,274$  нм). Слід відзначити, що інтенсивність ліній  $Ca(OH)_2$  найвища у цементному камені бетону з захисним покриттям.

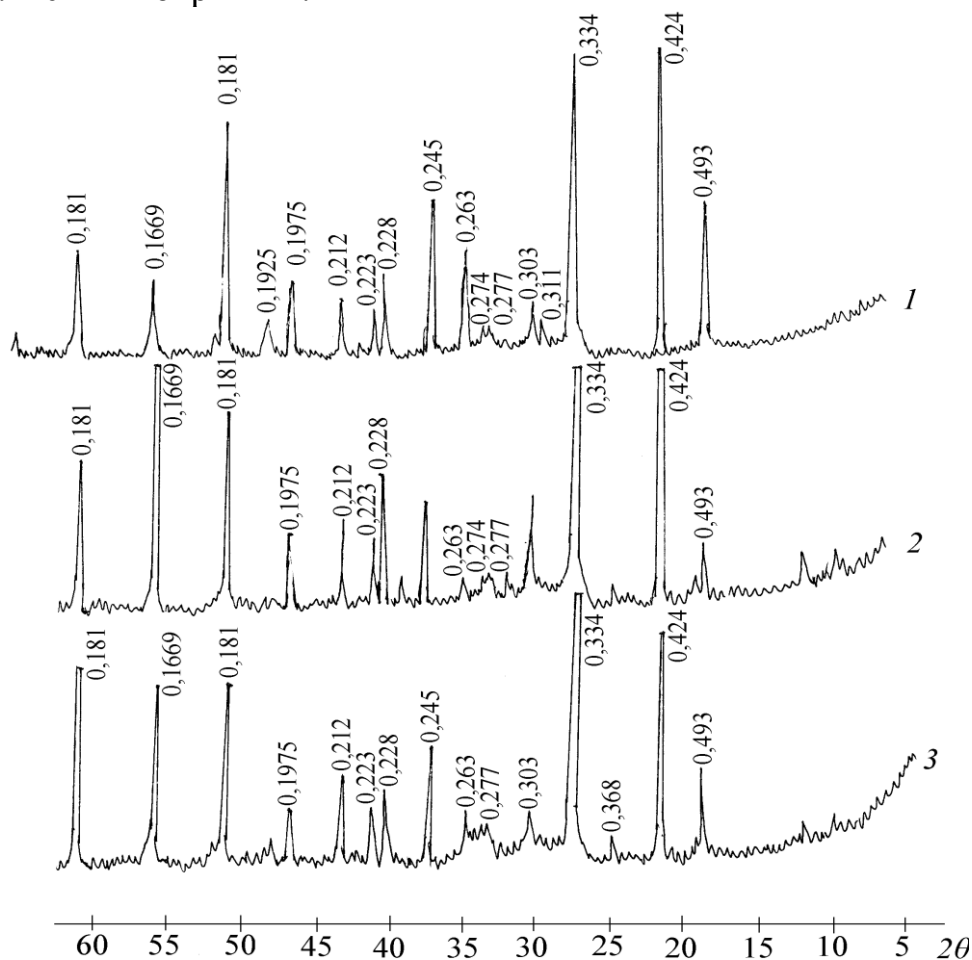


Рис. 5. Дифрактограми цементуючої фази бетону, витриманого 360 діб у розчині  $MgCl_2$ , відібраної з: 1 – зовнішнього шару бетону з покриттям; 2 – зовнішнього шару бетону без покриття; 3 – внутрішнього шару бетону без покриття

Згідно даних електронної мікроскопії (рис. 6, а), для дрібнозернистого бетону без покриття, витриманого 180 діб в агресивному середовищі  $\text{MgCl}_2$  (клас впливу навколишнього середовища на бетон ХА3) характерна структура, яка складається з окремих блоків-агрегатів, кристалоагрегатів-друз, що знаходяться на тих чи інших стадіях геометричного відбору кристалів. Згідно даних мікрозондового рентгеноспектрального аналізу, на поверхні бетону виявлені пухкі скупчення  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , що утворився в результаті взаємодії в цементному камені портландиту з магнію хлоридом агресивного середовища (корозія II виду). Утворення, що накопичуються в порах бетону у вигляді рихлої маси, не заважають дифузії іонів  $\text{Ca}^{2+}$  з глибинних шарів до поверхні. У зв'язку із зменшенням концентрації  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  починають руйнуватися високоосновні гідросилікати та гідроалюмінати кальцію, що призводить до втрати експлуатаційних характеристик бетону.

Структура захищеного дрібнозернистого бетону, після витримання 180 діб в агресивному середовищі  $\text{MgCl}_2$ , складається з окремих блоків-агрегатів, утворених паралельно орієнтованими шарами лускоподібних метамікстних полікристалів і пакетами кристалічних гідратних сполук в декілька мікрметрів (рис. 6, б). Блоки з чітко вираженою паралельною шаруватою структурою можуть складатися з призматичних кристалів портландиту та гідросульфалюмінітів, що підтверджується даними мікрозондового рентгеноспектрального аналізу.

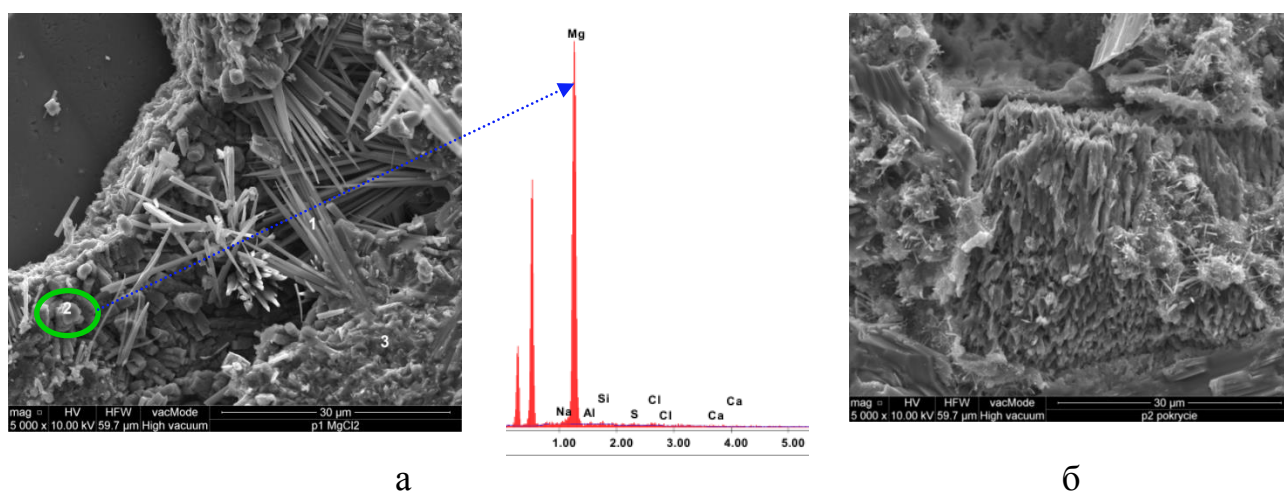


Рис. 6. Мікроструктура та спектр рентгенівського характеристичного випромінювання з поверхні дрібнозернистого бетону, витриманого 180 діб в агресивному середовищі  $\text{MgCl}_2$ : а – без покриття, б – із захисним покриттям

Для дрібнозернистого бетону без покриття, витриманого 180 діб в агресивному середовищі  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , характерна дрібнокристалічна структура, спостерігаються довгі призматичні кристали еtringіту, з розмірами перерізу 220–750 нм (рис. 7, а). Кристалізація еtringіту відбувається переважно в мікропорах і на поверхні заповнювача, тобто на границі фаз «цементний камінь – заповнювач», оскільки цементний камінь має на поверхні границі фаз більш високу пористість. Кристалізація еtringіту супроводжується збільшенням

об'єму в 2,5–2,86 рази, швидкий ріст кристалів еtringіту при тривалій дії сульфатів викликає руйнування структури бетону.

Слід відзначити, що структура цементного каменю дрібнозернистого бетону з захисним покриттям представлена блоками кристалів у вигляді гексагональних пластин, які зрослись у двійниковому положенні в результаті геометричного відбору кристалів (рис. 7, б), які можна віднести до  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  та  $\text{AF}_m$ -фаз. Дані мікрозондового аналізу свідчать, що основні продукти гідратації цементу портландит та гідросилікати не зазнали змін внаслідок впливу агресивного середовища.

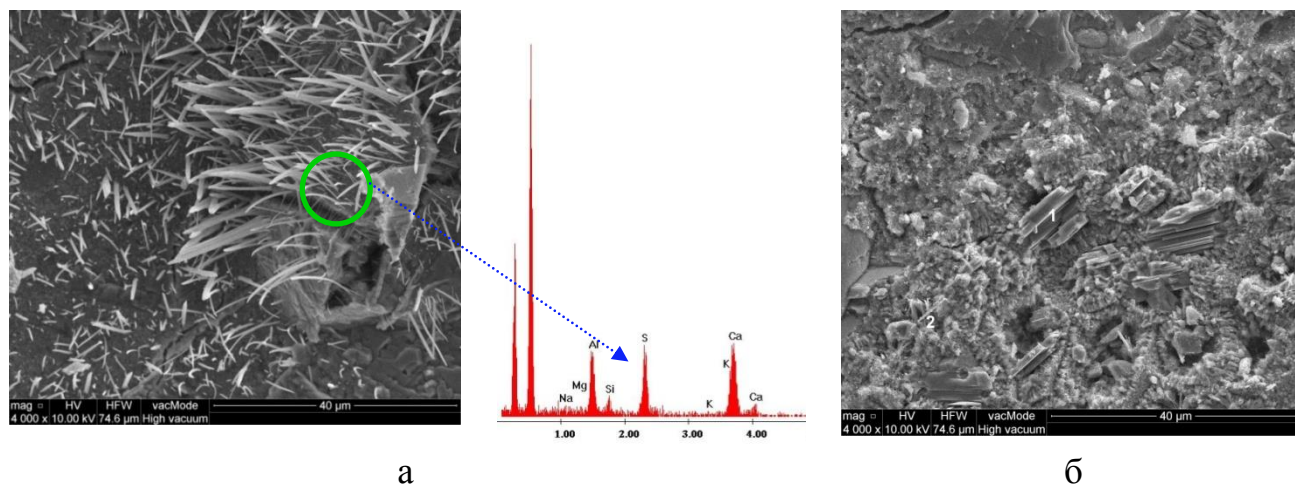


Рис. 7. Мікроструктура та спектр рентгенівського характеристичного випромінювання з поверхні дрібнозернистого бетону, витриманого 180 діб в агресивному середовищі  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ : а – без покриття; б – із захисним покриттям

На основі проведеної порівняльної характеристики впливу захисних покриттів на комплекс властивостей бетонів (табл. 4) встановлено, що бетон, оброблений розробленими складами захисних покриттів, характеризується водопоглинанням 1,8–2,0 %, підвищеними міцністю на стиск 44,7–48,4 МПа та коефіцієнтом корозійної стійкості до дії іонів  $\text{Mg}^{2+}$  та  $\text{SO}_4^{2-}$  відповідно на 20–35 та 18–21 % порівняно з бетонами без покриття та з покриттям ГКЖ-11. При цьому довговічність захисного покриття зростає в 4 рази у зв'язку із значним підвищенням гідрофобності поверхні бетону, що підтверджується збільшенням крайового кута змочування з 63 до 96–98 градусів, порівняно з базовим зразком, обробленим ГКЖ-11.

Таблиця 4

Порівняльна характеристика бетонів, оброблених захисними покриттями

Показник	Бетон без покриття	Бетон, оброблений		
		ГКЖ-11	покриттям складу	
			3	5
Водопоглинання, мас. %	7,2	5,3	2,0	1,8
Міцність на стиск, МПа	40,1	41,4	44,7	48,4
Еластичність півки при згині, МПа	4,2	4,2	4,3	4,3
Крайовий кут змочування, градуси	52	63	98	96
Довговічність покриття, років	-	≅3	>12	>12
Коефіцієнт корозійної стійкості бетону, $K_{зг}/K_{ст}$	0,76/0,92	0,81/0,93	0,95/0,98	0,86/0,94



Таким чином, бетони з захисними покриттями на основі наповненого оксидами алюмінію, цинку,  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  та каоліновим волокном поліметилфенілсилоксану характеризуються значно вищою корозійною стійкістю до дії агресивних середовищ, порівняно з необробленим.

У п'ятому розділі запропоновано технологічну схему виготовлення вихідних композицій для корозійностійких захисних покриттів на основі досліджуваних компонентних складів. Наведені результати їх промислової апробації для підвищення корозійної стійкості бетону в умовах активної дії атмосферної вологи та інших зовнішніх агресивних чинників.

Покриття наносили на попередньо оброблену та висушену поверхню бетону товщиною 0,4–0,6 мм. Після затвердіння поверхневого шару покриття досліджувані вироби поміщали у корозійноактивне середовище (розчин  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) на 6 місяців.

Результати визначення стану поверхні покриттів та об'єкта захисту наведено у табл. 5.

Таблиця 5

Результати дослідження стану поверхні покриття після випробувань

№ складу покриття	Наявність відколів на бетоні класу				Присутність слідів корозії, % від площі
	C16/20		C25/30		
	кількість, шт.	% від площі	кількість, шт.	% від площі	
без покриття	-	-	-	-	8,7
1	3	1,3	10	5,9	1,2
2	6	2,4	4	3,1	1,1
3	4	1,1	5	3,2	0,9

Результати проведених випробувань бетонів з розробленими складами захисних покриттів показали, що бетонні конструкції знаходяться у задовільному стані без видимих ознак поверхневої корозії та слідів руйнування. У незахищеного бетону виявлено сліди корозії на площі 8,7 %, в той час як у бетонів з захисними покриттями 0,9–1,2 %.

На досліджені склади композицій для захисних покриттів розроблено проект технічних умов ТУ У 24.3-02071022-128:2013 «Захисне покриття на основі наповненого поліметилфенілсилоксану для підвищення корозійної стійкості бетону» та технологічний регламент щодо виробництва композиції для захисного покриття.

Ефективність використання розроблених складів композиційних покриттів за результатами випробувань у 2013 році в умовах ТзОВ «Західнафтохімбуд» досягається за рахунок збільшення довговічності бетону у 2,8–3,4 рази. Економічна ефективність від впровадження розроблених складів захисних покриттів для 1 м<sup>2</sup> бетону складає 63,7 грн.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі, яка є завершеною науково-дослідною роботою, вирішено наукове завдання підвищення корозійної стійкості бетону, який

експлуатується в агресивних середовищах, за рахунок оброблення його поверхні захисними покриттями на основі наповненого поліметилфенілсилоксану. Сформульовано наступні науково-практичні висновки:

1. На основі теоретичних та експериментальних досліджень підтверджено можливість підвищення корозійної стійкості бетону шляхом оброблення його поверхні ефективними захисними покриттями, які характеризуються підвищеними фізико-механічними властивостями, адгезією до основи, гідрофобністю, що досягається за рахунок модифікування поліметилфенілсилоксану оксидними та силікатними матеріалами.

2. Комплексна оцінка впливу середовищ експлуатації класів ХС, ХF та ХА на бетони класу за міцністю С25/30, марки за легкоукладальністю РЗ (1:1,84:3,59; В/Ц=0,63) свідчить про перевищення нормативних показників зниження їхньої міцності й недостатню стійкість в умовах інтенсивного впливу агресивних факторів, що зумовлено підвищеним водоцементним відношенням бетонної суміші, та вимагає використання методів поверхневого захисту виробів та конструкцій на основі таких матеріалів.

3. Методом математичного планування експерименту з врахуванням водовідштовхуючих властивостей захисного покриття визначено раціональний склад вихідної композиції, мас. %: КО-08 – 50–60;  $Al_2O_3$  – 20–30; ZnO – 10–20. Експериментально встановлено, що формування захисного покриття на поверхні бетону проходить при температурі 293 К протягом 24 год з утворенням у поровому просторі водовідштовхувальної тривимірної силоксанової структури, при цьому покривна здатність композицій становить 260–320 г/м<sup>2</sup>, міцність до удару – 4,5–5,0 Дж та еластичність плівки при згині – 1–2 мм.

4. Експериментально підтверджено високу ізолюючу здатність захисних покриттів бетону, яка залежить від вмісту поліметилфенілсилоксану та  $Na_2SiF_6$ . Крайовий кут змочування для всіх покриттів більший за 90 градусів, що підтверджує високий показник гідрофобності, а значення водопоглинання бетону складає 1,6–2,3 мас. %. Максимальна деструкція покриттів за температури мінус 30 °С призводить до їх часткового руйнування, що підтверджено наявністю корозійних процесів у поверхневих шарах поліметилфенілсилоксану. Незначне зменшення відносного ступеня екранування бетону вказує на ефективність захисної дії покриття. Встановлено, що довговічність захисного покриття складає 12 та більше років і залежить від вмісту поліметилфенілсилоксану,  $Na_2SiF_6$  та каолінового волокна.

5. Адгезійна міцність захисного покриття до бетону залежить від його товщини. Максимальний показник адгезійної міцності (6,2–7,1 МПа) досягається при товщині покриття 0,3–0,4 мм. Збільшення товщини покриття до 1 мм веде до зменшення адгезійної міцності (2,2–3,2 МПа). Введення до складу покриття каолінового волокна збільшує показник адгезійної міцності на 15–45 %. Суцільність захисного покриття на бетоні при експлуатації у вологих умовах через 120 діб плавно зменшується до 95,8–96,8 %, збільшення терміну випробувань практично не впливає на вказаний показник.

6. Доведено, що захищений бетон стійкий до дії хімічних реагентів. Корозія покриття під дією лугів складає 8 – 22 %, кислот – 2 – 12 %, введення до

складу покриття  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  підвищує хімічну стійкість бетону у 2,8–4,2 рази. Встановлено, що захисні покриття володіють фунгіцидними властивостями, що запобігає руйнуванню бетону під дією біологічних факторів зовнішнього середовища.

7. Експериментально підтверджено, що захисні покриття підвищують стійкість бетону до дії іонів  $\text{Mg}^{2+}$  та  $\text{SO}_4^{2-}$ , в результаті чого корозійна стійкість зростає відповідно на 20–35 та 18–21 % внаслідок ізоляції його поверхні від дії зовнішніх агресивних чинників. Комплексом методів фізико-хімічного аналізу підтверджено доведено стабільність фазового складу зовнішніх та внутрішніх шарів захищеного бетону. Встановлено, що мікроструктура захищеного дрібнозернистого бетону після випробувань в агресивних середовищах  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  та  $\text{MgCl}_2$  представлена портландитом, гідросульфоалюмінатом, низькоосновними гідросилікатами кальцію, кальцію карбонатом та еtringітом. Наявність в структурі поверхні захищеного цементного каменю портландиту підтверджує високий ступінь корозійного захисту бетону.

8. Розроблені склади захисних покриттів апробовано ТЗОВ “Західнафтохімбуд”. На склади захисних покриттів розроблено проект технічних умов та технологічний регламент їх отримання. Економічна ефективність від впровадження захисних покриттів складає 63,7 грн. на  $1 \text{ м}^2$  бетону.

### **ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНО У ПРАЦЯХ:**

1. Гивлюд М.М. Визначення компонентного складу та технологічного режиму нанесення атмосферостійких покриттів для бетону / М.М. Гивлюд, Н.П. Холод, Р.С. Яковчук // Збірник наукових праць «Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій». – Випуск 9. – Львів, 2012.– С. 208–214. – ISBN 978-966-607-211-0.

Визначено оптимальний компонентний склад захисного покриття.

2. Гивлюд М.М. Вплив оброблення бетону силіційорганічними покриттями на його довговічність / М.М. Гивлюд, Н.П. Холод, І.В. Маргаль // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. “Теорія і практика будівництва”. – 2012. – № 737. – С. 43–47. – ISSN 0321-0499.

Досліджено вплив захисного покриття на водопоглинання бетону.

3. Гивлюд М.М. Вплив поверхневого модифікування бетону на його експлуатаційні властивості / М.М. Гивлюд, Н.П. Сташко, І.В. Маргаль // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. “Теорія і практика будівництва”. – 2013. – № 755. – С. 73–76. – ISSN 0321-0499.

Проведено аналіз впливу умов нанесення покриття на адгезійну міцність та на водопоглинання бетону.

4. Ємченко І.В. Атмосферостійкі покриття для бетону на основі наповнених силіційорганічних сполук / І.В. Ємченко, М.М. Гивлюд, Н.П. Сташко // Збірник наукових праць Луцького Національного технічного університету. – Випуск 6. – Луцьк, 2013.– С. 46–51.

Визначено атмосферостійкість бетону шляхом поверхневого оброблення захисними покриттями.

5. Яковчук Р.С. Вогнезахисна здатність наповнених силіційорганічних покриттів для бетону / Р.С. Яковчук, Р.В. Пархоменко, М.М. Гивлюд, Н.П. Сташко // Збірник наукових праць «Пожежна безпека». – № 22. – Львів, 2013. – С. 222–226. – ISSN 2078-6662.

Визначено вплив компонентного складу захисного покриття на його адгезійну міцність.

6. Gyvljud M.M. Protective coatings based filled with polimetylfenilsyloksan to increase corrosion resistance of concrete / Gyvljud M.M., Stashko N.P., Yemchenko I.V. // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. “Теорія і практика будівництва”. – 2014. – №781. - С. 50–53. – ISSN 0321-0499.

Досліджено фазовий склад цементного каменю дрібнозернистого бетону із захисними покриттями після витримування в різних агресивних середовищах.

7. Гивлюд Н.Н. Влияние поверхностной обработки бетона защитными покрытиями на его свойства / Н.Н. Гивлюд, Н.П. Сташко // Международный журнал «Устойчивое развитие». – Варна, 2013. – №11. – С. 28–33. – ISSN 1314-4138.

Обґрунтовано можливість використання розроблених складів захисних покриттів для збільшення корозійної стійкості бетону.

8. Пат. 87881 Україна, МПК С09В 3/00. Склад для атмосферостійкого захисного покриття / [Гивлюд М. М., Сташко Н. П.]: заявник та патентовласник НУ «Львівська політехніка». - № u 201309999; заявлено. 12.08.2013; опубліковано. 25.02.2014. Бюл. №4.

9. Гивлюд М.М. Атмосферостійкі захисні покриття бетонних конструкцій / М.М. Гивлюд, Н.П. Сташко, Д.В. Смоляк // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми діяльності служби цивільного захисту». (Черкаси, 4–5 квітня 2013р.). – Черкаси, 2013. Ч. 1. – С. 66–67.

Визначено вплив компонентного складу захисного покриття на його суцільність.

10. Яковчук Р.С. Кордиеритсодержащие композиционные защитные покрытия для бетона / Р.С. Яковчук, Н.П. Сташко // Сборник материалов VII международной научно-практической конференции «Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы». – 4–5 апреля 2013 г. Ч. 1. Минск, КИИ, 2013. – С. 331.

Визначено крайовий кут змочування та водоплинання бетонів, оброблених захисними покриттями.

## АНОТАЦІЯ

**Сташко Н. П. Підвищення корозійної стійкості бетону захисними покриттями на основі наповненого поліметилфенілсилоксану. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби. Національний

університет «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, Львів, 2014.

Дисертація присвячена розробленню теоретичних основ підвищення корозійної стійкості бетонів захисними покриттями на основі поліметилфенілсилоксану, наповненого алюмінію та цинку оксидами. Встановлено технологічні властивості вихідних композицій для захисних покриттів, способи нанесення на поверхню бетону та досліджено умови формування. Підтверджено високу ізолюючу та гідрофобізуючу здатність захисних покриттів, яка залежить від вмісту поліметилфенілсилоксану та гексафлюорсилікату натрію. Проведено оптимізацію складу захисного покриття та досліджено вплив добавок  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  та каолінового волокна на показники водопоглинання, хімічної та біологічної стійкості обробленого бетону. Експериментально підтверджено підвищення корозійної стійкості обробленого бетону до дії іонів  $\text{Mg}^{2+}$  та  $\text{SO}_4^{2-}$  відповідно на 20–35 та 18–21 %. Встановлено вплив складу вихідної композиції на адгезійну міцність, суцільність та довговічність захисного покриття. Розроблено проект технічних умов отримання вихідних складів захисних покриттів та технологічний регламент їх виготовлення. Проведено промислову апробацію розроблених складів захисних покриттів в умовах ТЗОВ «Західнафтохімбуд», оцінено їх корозійну стійкість та економічну ефективність.

**Ключові слова:** захисні покриття, компонентні склади, водопоглинання, адгезійна міцність, хімічна, біологічна та корозійна стійкість, довговічність.

## АННОТАЦІЯ

**Сташко Н.П. Повышение коррозионной стойкости бетона защитными покрытиями на основе наполненного полиметилфенилсилоксана. – На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия. Национальный университет «Львовская политехника» Министерства образования и науки Украины, Львов, 2014.

Диссертация посвящена вопросу разработки и принципов получения защитных покрытий на основе наполненного алюминия и цинка оксидами полиметилфенилсилоксана для повышения коррозионной стойкости бетона.

Методом математического планирования эксперимента и статистической обработки полученных результатов исследований проведена оптимизация составов исходных композиций для защитных покрытий. С использованием комплекса методов физико-химического анализа изучены технологические свойства исходных составов для защитных покрытий, способы их нанесения на поверхность бетонных конструкций влияние внешних факторов на процессы формирования защитного слоя. Установлено, что формирование матрично-оксидной структуры покрытия в процессе отверждения происходит за счет полимеризации полиметилфенилсилоксана. Определена оптимальная толщина защитного слоя покрытия на поверхности бетона.

Установлено, что наличие в составе покрытия цинка оксида существенно повышает его биологическую стойкость, а натрия гексафлюорсилката - коррозионную стойкость. Введение в состав покрытия до 2,5 масс. % каолинового волокна увеличивает его адгезионную прочность к бетону на 15–25 % за счет армирования структуры защитного слоя. Изучен фазовый состав и микроструктура обработанного бетона после воздействия коррозионных сред.

Предложены составы защитных покрытий на основе наполненного оксидами полиметилфенилсилоксана, модифицированные биостойкой добавкой  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  и армирующей – каолиновым волокном. Изучено влияние состава защитного покрытия на адгезионную прочность, целостность, долговечность, химическую и биологическую стойкость обработанного бетона. Проведено оценку влияния состава защитного покрытия на коррозионную стойкость бетона согласно ДСТУ Б В.2.6–145:2010.

Разработан проект технических условий получения исходных составов для защитных покрытий и технологический регламент их изготовления. В условиях ООО «Западнафтохимбуд» проведено промышленную апробацию разработанных составов защитных покрытий, оценено их коррозионную стойкость, экономическую эффективность и рекомендовано к внедрению.

**Ключевые слова:** защитные покрытия, компонентный состав, водопоглощение, адгезионная прочность, химическая, биологическая и коррозионная стойкость, долговечность.

## ABSTRACT

**Stashko N. Increasing of corrosion resistance of concrete by protective coatings based on filled polymethylphenylsiloxane. – On rights for a manuscript.**

Thesis for candidate degree of engineering science in speciality 05.23.05 – building materials and articles. Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2014.

The thesis is devoted to the development of theoretical bases of the corrosion resistance of concrete by protective coatings on the base of polymethylphenylsiloxane filled with aluminum and zinc oxides. The technological properties of protective coatings compositions were investigated by methods of physical and chemical analysis, methods of the concrete surface coating and form conditions were shown. Optimization of the composition of the protective coating was done and the effect of additives on the performance of water absorption, chemical and biological corrosion resistance of the treated concrete were investigated. The influence of composition on adhesive strength, integrity and durability of the protective coating were established. The technical specifications for obtaining initial compositions of protective coatings and technological regulations of its production were designed. The industrial approbation of protective coatings was done and their corrosion resistance and cost-effectiveness was carried out.

**Keywords:** protective coatings, composition, water absorption, adhesive strength, chemical and biological corrosion resistance, durability.