

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Суханевич Марини Володимирівни

"Наукові засади отримання гідроізоляційних розчинів на основі цементних композицій, модифікованих вуглецевими нанодобавками», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та виробництво галузь знань 19 - архітектура і будівництво

Подана на відгук дисертаційна робота складається із вступу, шести розділів теоретичного і експериментального матеріалу, загальних висновків, списку використаної літератури (305 найменувань) та 9 додатків. Обсяг роботи становить 350 сторінок, з них 275 сторінок основного тексту, включаючи 90 рисунків 47 таблиць. Оформлена робота згідно чинних вимог.

### **Актуальність роботи. Зв'язок роботи з науковими програмами.**

Робота є актуальною, тому що підвищення водонепроникності існуючих будівельних конструкцій, морських споруд, підземних частин будівель, тунелів потребує невідкладних дій, і найчастіше досягається використанням гідроізоляційних покриттів на цементній основі. Проте традиційні цементно-полімерні розчини, виготовлені за технологіями сухих будівельних сумішей, характеризуються не достатньою корозійною стійкістю, тріщиностійкістю, морозостійкістю, що зменшує їх термін експлуатації та знижує довговічність конструкцій.

Вирішення поставленої задачі можливо за рахунок використання інноваційних технологій, до яких відносять нанотехнології. Використання можливостей нанорівневого регулювання структури та властивостей гідроізоляційних розчинів дозволить також вирішити проблему адгезії покриття до старого бетону у напрямку створення єдиного композиту з елементами «самозаліковування» основи, нівелювання границі поділу в системі «покриття-основа» та подовження строку служби споруди.

Для управління структурою гідроізоляційних розчинів є застосування вуглецевих нанодобавок видовженої форми (нанотрубки, нановолокна). Завдяки їхнім унікально високим фізико-механічним характеристикам, значній поверхневій енергії та здатності виступати як в ролі центрів кристалізації новоутворень певної морфології, так і дисперсної арматури нанорівня.

Дисертація виконана в рамках тем науково-дослідної роботи № 1ПБ-2011 „Розробка фізико-хімічних основ синтезу гідроізоляційних та ремонтних матеріалів на основі модифікованих композиційних цементів» (номер державної реєстрації 0111 U 008758) Міністерства освіти і науки України, науково-технічної роботи № 460-2013 за державним замовленням Держінформнауки України «Розроблення технологічних основ виробництва механоактивованого бетону, армованого нановуглецевими матеріалами» (номер державної реєстрації 0113 U 007588) та науково-дослідної роботи 1ПБ-2015 «Фізико-хімічні основи формування структури та властивостей гідроізоляційних покриттів і бетонів на основі портландцементів, модифікованих вуглецевими нанодобавками» (номер державної реєстрації 0115 U 005064).

**Основні наукові результати та їх новизна.** Положення наукової новизни викладені стисло і конкретно. Найбільш важливі результати наукової новизни в роботі вважаємо, насамперед, наступні:

- розроблено наукові основи композиційної побудови гідроізоляційних розчинів на основі наномодифікованих портландцементних систем та доведено необхідність врахування нанорівня ієрархічної структури, який має визначальний вплив на формування мікро- та мезорівнів штучного каменю;

- запропоновано визначення нанорівня як такого, що містить наступні елементи: кристали новоутворень та субмікрочристали, аморфні фази у вигляді глобул гелю С-S-H та інших гідратних, глобулярні пори всередині гелю та міжглобулярні, міжшарові пори нанорозмірного рівня;

- представлено принципи композиційної побудови гідроізоляційних розчинів проникної дії на основі цементних композицій, модифікованих комплексними нанодобавками, що полягають у використанні солей-електролітів у поєднанні з диспергованими у пластифікаторі неочищеними вуглецевими нанотрубками, з отриманням покриттів підвищеної адгезійної міцності, водонепроникності та корозійної стійкості;

- розроблено концептуальні засади отримання гідроізоляційних покриттів поверхневої дії при використанні наномодифікованих цементних композицій, що ґрунтуються на направленому регулюванні процесів структуроутворення наномодифікованих цементних композицій і проявляється у створенні впорядкованої щільної структури за рахунок епітаксiального нарощування продуктів гідратації (гідросилікатів та гідроалюмосилікатів) на поверхні вуглецевих нанодобавок, при цьому

спостерігається зменшення величини відкритої пористості цементного каменю в межах 65...75%;

- досліджено вплив структури алюмосилікатних добавок (каркасної, шаруватої) на формування фазового складу та морфології новоутворень цементного каменю в присутності вуглецевих нанодобавок та подальший вплив утвореної структури на синтез композиційних матеріалів з регульованими експлуатаційними властивостями.

**Практичне значення дисертаційної роботи** полягає в тому, що:

- удосконалено технологію введення вуглецевих нанодобавок до складу в'язучої речовини у складі дисперсійного середовища – поверхнево-активних аніонних речовин за допомогою гомогенізатора кавітаційного принципу дії, дія якого забезпечує рівномірне розподілення нанотрубок по всьому об'єму матеріалу та відсутність агрегації і осідання частинок;

- експериментально розроблено і оптимізовано склади гідроізоляційних розчинів на основі наномодифікованих цементів з алюмосилікатними різної будови з покращеними експлуатаційними властивостями, в тому числі з високою водонепроникністю, тріщиностійкістю та корозійною стійкістю;

- розроблено технологічну схему виробництва і випущено дослідно-промислову партію сухої будівельної суміші для отримання наномодифікованих гідроізоляційних покриттів різного механізму дії.

**Аналіз основного змісту роботи.**

У *вступі* приведені відомості щодо обраної теми, мети та задач досліджень, наукова новизна, практичне значення, апробація одержаних результатів, ступеня публікації основних положень дисертації.

У *першому розділі* проведено аналіз наукових літературних джерел, присвячених одержанню гідроізоляційних розчинів. Розглянуті основні принципи композиційної побудови гідроізоляційних покриттів, виготовлених за технологією сухих будівельних сумішей.

Перспективним напрямком покращення властивостей цементних композиційних матеріалів і гідроізоляційних розчинів зокрема є модифікація їх структури шляхом введення нанорозмірних частинок, з яких особливий інтерес представляють вуглецеві нанорубки та нанопластики завдяки їх унікально високим фізико-механічним властивостям та здатності виступати підкладками для синтезу кристалічних новоутворень, що виконують роль наноарматури.

Поведений аналіз закономірностей синтезу композиційних матеріалів із заданими властивостями та можливостями комплексного регулювання всіх рівнів структури штучного каменя дозволив сформулювати наукову гіпотезу досліджень.

У *другому розділі* обґрунтовано вибір нанорозмірних вуглецевих речовин із зазначенням їх властивостей, наведено характеристики пластифікаторів чотирьох основних типів, які використовуються як дисперсійне середовище для розміщення нанотрубок. Розроблено теоретичні основи синтезу комплексної наномодифікуючої добавки, досліджено властивості отриманих дисперсій, а саме стабільність, середній розмір частинок, розподіл частинок за фракціями, з використанням лазерно-кореляційної спектроскопії.

Описано механізм взаємодії між цементною композицією та комплексною наномодифікуючою добавкою.

Досліджено фазовий склад продуктів гідратації наномодифікованої цементної композиції та показано вплив комплексної нанорозмірної добавки на синтез щільної, малодефектної, дрібнопористої мікроструктури штучного каменя.

Також наведена загальна блок-схема реалізації концепції синтезу наномодифікованих гідроізоляційних розчинів різного механізму дії, яка ілюструє науково-концептуальний підхід, прийнятий при виконанні роботи.

У *третьому розділі* представлено моделі взаємодії гідроізоляційного покриття залежно від механізму його взаємодії з неорганічною основою та проаналізовано особливості фізико-хімічних процесів, що протікають на границі поділу фаз при використанні наномодифікованих розчинів.

Запропоновані моделі формування адгезійної міцності підтверджені результатами електронно-мікроскопічного аналізу поверхні сколу штучного каменя та результатами експериментального визначення міцності зчеплення покриття з основою. Порівняно наномодифіковані та не модифіковані розчини, та показано ефективність введення вуглецевих наноречовин до цементних композиційних матеріалів.

У *четвертому розділі* наведено результати розроблення гідроізоляційних розчинів проникної дії та досліджено їх фізико-механічні та експлуатаційні властивості.

Виконано регулювання кожного рівня структури матеріалу шляхом використання речовин заданого розміру та складу. Виконано підбір цементної матриці і показано ефективність використання шлакомісткого цементу, модифікованого добавкою природного цеоліту. Вивчено сумісність

роботи солей електролітів та пластифікаторів різного складу, модифікованих вуглецевими нанотрубками, для одержання гідроізоляційних розчинів проникної дії з покращеними властивостями.

Виконано ретельний аналіз мікроструктури композиційних матеріалів, показано вплив вуглецевих нанодобавок видовженої форми на синтез штучного каменя щільної, водонепроникної структури.

Комплекс проведених досліджень дозволив обґрунтувати принципи композиційної побудови наномодифікованих гідроізоляційних покриттів проникної дії та прогнозувати їхню високу довговічність.

У *п'ятому розділі* представлено результати розробки складів та дослідження властивостей гідроізоляційних розчинів поверхневої дії, що наносять на конструкцію штукатурним способом.

Досліджено сумісність роботи вуглецевих нанотрубок з пластифікаторами 4-х типів у напрямку одержання штучного каменя з найбільш упорядкованою структурою. Вивчено можливість заміни вуглецевих нанотрубок на терморозширений графіт, що представляє собою вуглецеву нанорозмірну речовину, проте є економічною у порівнянні з нанотрубками.

Досліджено тріщиностійкість покриттів поверхневої дії і доведено ефективність використання вуглецевих нанодобавок видовженої форми для синтезу стійкого до крихкого руйнування цементного каменя. Вивчено вплив алюмосилікатних добавок шаруватої будови (бентонітів) у складі шлакомісткої цементної матриці на формування щільної структури композиту та досягнення ним високих фізико-механічних властивостей.

Аналіз великої кількості експериментальних даних, їх систематизація та узагальнення дозволили сформулювати основні принципи композиційної побудови гідроізоляційних наномодифікованих покриттів поверхневої дії та оцінити вплив кожного рівня ієрархічної структури на створення матеріалу з високими експлуатаційними властивостями.

У *шостому розділі* наведено результати промислового впровадження наномодифікованих гідроізоляційних покриттів поверхневого та проникного механізму дії. На промислових підприємствах та дослідних виробництвах здійснено випуск партії гідроізоляційних розчинів та виконано роботи по гідроізоляції підземних частин будівель промислового призначення. Отримано економічний ефект від впровадження. Результати промислового впровадження підтвердили ефективність застосування розроблених

наномодифікованих гідроізоляційних розчинів для виконання ремонту і гідроізоляції бетонних і залізобетонних конструкцій.

Також отримані результати використані в навчальному процесі у Київському національному університеті будівництва і архітектури.

У *додатках* наведено відомості щодо опублікованих праць здобувача та апробацію результатів дисертації, копії актів впровадження результатів роботи у виробництві, розрахунків економічної ефективності впровадження розроблених матеріалів.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій.** Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані у дисертації, є логічними, науково обґрунтованими і достовірними. Достовірність основних положень, висновків та рекомендацій забезпечується: логічністю вибору методів дослідження, значним обсягом експериментальних досліджень, проведених за стандартними і спеціальними методиками, використанням комплексу сучасних фізико-хімічних методів аналізу, зокрема лазерно-кореляційної спектроскопії, інфрачервоної спектроскопії, рентгенівської дифрактометрії, растрової електронної мікроскопії, застосуванням методів експериментально-статистичного моделювання, а також задовільним рівнем збіжності результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

#### **Публікації за темою дисертації.**

Дисертаційна робота достатньо висвітлена в наукометричних і фахових виданнях України, в періодичних виданнях іноземних держав. За темою опубліковано 50 наукових праць, з них 23 статті у наукових фахових виданнях; з них 5 включено до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus, WorldCat, Ulrich's Periodicals Directory та інші); 2- у періодичних виданнях іноземних держав, що індексуються наукометричними базами (Scopus, Index Copernicus), 1 патент України на корисну модель, 10 статей в інших наукових виданнях України, 16 публікацій апробаційного характеру, з них 10 робіт написано одноосібно.

**Апробація роботи.** Дисертаційна робота має достатню апробацію. Автор доповідала результати досліджень на багатьох міжнародних науково-технічних конференціях відповідного напрямку як в Україні, так і у Німеччині, Чехії, Росії тощо.

**Відповідність автореферату змісту дисертації.** Автореферат дисертації оформлена відповідно до чинних вимог п.13 «Порядку присудження наукових ступенів», що затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567 (зі змінами). Він містить всі необхідні елементи, які повністю відображають основні структурні частини дисертації. В рефераті викладено суть здійснених наукових досліджень, наведено основні результати, приведені висновки та список основних публікацій автора. Матеріал викладено в науковому стилі, логічно і послідовно. Зміст автореферату є ідентичним основному змісту дисертації та опублікованим роботам.

**Редакційний аналіз.** Дисертація є науковим рукописом з логічною і чіткою структурою, написаним професійною мовою, має доречне розбиття на розділи та параграфи. Дисертація ретельно оформлена і належним чином проілюстрована.

#### **Загальні зауваження до роботи:**

1. Необхідно було навести можливості застосування розроблених концепцій наномодифікації не тільки для шлакомісткого портландцементу, та інших мінеральних матриць, зокрема сульфатостійкого цементу, глиноземистого цементу, лужних цементів та полімерних композитів тощо.
2. Не наведена методика визначення довговічності розроблених покриттів з урахуваннях їх наномодифікації та розрахунок подовження строку служби захищеної покриттям конструкції.
3. В ДСТУ Б В 2.7-126-2011 наведено гідроізоляційні суміші 5 типів. Незрозуміло, чому автор спинилась в дослідженнях саме на ГІ1 і ГІ; ГІ5? Чому не досліджувала розчини ГІ2?
4. Слід було провести дослідження щодо визначення поверхневої твердості розроблених покриттів поверхневої дії з можливістю використовувати їх для аеродромних і дорожніх плит, лотків зрошувальних каналів тощо, тобто тих об'єктів, на які діють механічні сили стихаючої дії та сили кавітаційної дії.
5. Незавершеними вбачаються дослідження корозійної стійкості тільки в мінеральних неорганічних середовищах. Враховуючи місця розташування споруд, які потребують гідрозахисту, слід вивчити стійкість покриттів в органічних середовищах, зокрема: мастила, нафтопродукти.

6. У роботі розглянуто 4 типи пластифікуючих речовин, проте їх вибір був некоректним, оскільки не було використано чистих лігносульфонатів, а полікарбоксилатні речовини мають також дуже багато різновидів. Тому висновки автора можуть бути суперечливими. Потрібно продовжувати дослідження далі в цьому напрямку.
7. Бажано приділити увагу дослідженню розширення номенклатури нанодобавок і використовувати не тільки вуглецеві нанотрубки, а і продукти диспергування різних відходів виробництв.
8. Враховуючи закладену автором ієрархію поділу рівнів структури розчинів, починаючи від нанорівня до мезорівня, бажано було б розробити методику оцінки впливу кожного рівня на наступний і в цілому на властивості композиту.  
Висловлені зауваження не мають принципового характеру і не знижують цінності виконаної автором наукової роботи.

### **Висновок.**

Дисертаційна робота Суханевич Марини Володимирівни за темою є завершеним науковим дослідженням, в якому отримані нові рішення важливої наукової проблеми.

Дисертаційна робота за напрямом досліджень та отриманими результатами відповідає паспорту спеціальності 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби. За актуальністю, науковим рівнем, практичним впровадженням, кількістю та якістю публікацій дисертація відповідає пп. 9, 10, 12-14 Постанови Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567 «Порядок присудження наукових ступенів», стосовно докторських дисертацій, а її автор Суханевич Марина Володимирівна заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.05-будівельні матеріали та вироби.

Офіційний опонент, д.т.н., проф.

А.В.Мішутін

Підпис завідувача кафедри автомобільних доріг і аеродромів Одеської державної академії будівництва і архітектури, заслуженого діяча науки і техніки України, доктора технічних наук, професора Мішутіна Андрія Володимировича засвідчую

Начальник відділу кадрів  
19 червня 2020 р.



Зарицька М.І.