

Голові разової спеціалізованої вченої ради ДФ 35.052.058  
при Національному університеті «Львівська політехніка»  
д.т.н., професору Соболю Х. С.

## **ВІДГУК**

офіційного опонента

доктора технічних наук, доцента, проректора з наукової роботи Одеської  
державної академії будівництва та архітектури

**Кровякова Сергія Олексійовича**

на дисертаційну роботу Гоголя Марка Мироновича на тему:

**«Фотокаталітичні композиційні в'язучі та наномодифіковані  
оздоблювальні розчини на їх основі»,**

представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю

192 Будівництво та цивільна інженерія,

галузь знань 19 Архітектура та будівництво

### **Склад і структура дисертаційної роботи.**

Дисертація, що подана на відгук, складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 193 сторінки, в тому числі 130 сторінок основного тексту, 77 рисунків, 26 таблиць і 5 додатків, перелік використаних джерел становить 155 найменувань.

### **Актуальність теми.**

Створення багатофункціональних матеріалів нового покоління, зокрема з використанням нанотехнологій, є актуальним і важливим завданням галузі будівництва. До числа таких матеріалів слід віднести наномодифіковані цементні розчини з фотокаталітичними та гідрофобними властивостями, які містять нанодисперсний діоксид титану, що забезпечує ефект самоочищення штукатурок і здатність очищати повітря від органічних забруднювачів. Тому розроблення оздоблювальних розчинів, які дають можливість створювати самоочисні поверхні з поліпшеними експлуатаційними та естетичними характеристиками, забезпечує вирішення ряду екологічних проблем.

Проте фотокаталітичні властивості нано- $TiO_2$  проявляються при дії ультрафіолетового випромінювання, а опоряджувальні поверхні інтер'єрів як основних об'єктів застосування таких матеріалів, в більшій мірі підлягають дії світла у видимому діапазоні. Це що обмежує ефективність використання оздоблювальних розчинів з добавкою нано- $TiO_2$  всередині приміщень. Також виникає необхідність поглибленого дослідження впливу різного роду нанокompatитів на основі допованого неметалами діоксиду титану на фотокаталітичні та механічні властивості композиційних в'язучих. Для повної оцінки ефективності нано- $TiO_2$  необхідно провести дослідження взаємодії з іншими типами наномодифікаторів для створення багатофункціональних будівельних матеріалів.

Актуальність вибраного напрямку досліджень також підтверджується тим, що робота виконувалась в межах держбюджетних науково-дослідних робіт

«Технології створення низькоемісійних багатоконпонентних цементів та модифікованих бетонів і будівельних розчинів на їх основі» (номер держреєстрації 0117U007178) і «Лужно-сульфатноактивовані композиційні цементы з високою ранньою міцністю та низькоенергоємні бетони на їх основі» (номер держреєстрації 0119U002253). Автор був виконавцем зазначених робіт.

### **Аналіз основного змісту роботи, її наукової новизни, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.**

Основні наукові положення роботи полягають у розробленні принципів отримання наномодифікованих оздоблювальних розчинів з самоочисними та біоцидними властивостями. Ця досягається за рахунок використання фотокаталітичних композиційних в'язучих з комплексними модифікаторами пластифікуючої, повітровтягувальної та фунгіцидної дії.

В якості наукової новизни слід відзначити наступне:

- теоретично обґрунтована та експериментально підтверджена можливість створення екологічних будівельних оздоблювальних матеріалів з самоочисними властивостями за рахунок застосування наноконкомпозитів на основі діоксиду титану та комплексних модифікаторів поліфункціональної дії;

- запропонований новий підхід щодо забезпечення фотокаталітичних реакцій на поверхні оздоблювальних розчинів у видимому спектрі світла за рахунок допування діоксиду титану сіркою та вуглецем, що визначає ефекти самоочищення та біоцидної активності оздоблювальних поверхонь всередині приміщень без застосування додаткових ультрафіолетових джерел опромінення;

- виявлені закономірності впливу комплексної добавки на основі наноконкомпозиту  $TiO_2/S,C$ , фунгіциду тіосульфатного типу ETS, повітровтягувальної добавки і суперпластифікатора полікарбоксилтаного типу на процеси структуроутворення та фізико-механічні властивості оздоблювальних розчинів, встановлено, що комплексна добавка створює ущільнену поверхню та забезпечує ефективне протікання реакцій фотокаталізу за рахунок збільшення питомої площі поверхні в цементуючій матриці;

- отримано комплекс експериментально-статистичних моделей факторів впливу модифікаторів та наповнювачів на міцність мультикомпонентного декоративного цементу та оздоблювальних розчинів; наведено гідрофобні властивості та величини вільної енергії поверхні будівельних розчинів залежно від типу нано- $TiO_2$  та ступеня дисперсності складників; встановлено вплив виду в'язучого, співвідношення вода/цемент на мікро- і мезоструктуру цементуючої матриці та показники якості опоряджувальних розчинів.

Обґрунтованість основних наукових положень, висновків і рекомендацій базується також на представленому в роботі аналітичному і експериментальному матеріалах.

Аналіз стану питання та теоретичних передумови досліджень (перший розділ) щодо застосування наномодифікаторів у виробництві опоряджувальних матеріалів дозволив автору сформулювати наукову гіпотезу про можливість модифікування гібридними наноконкомпозитами  $TiO_2/S,C$  та добавками різних типів фотокаталітичних композиційних в'язучих з самоочисними та

біоцидними властивостями для розроблення оздоблювальних будівельних розчинів нового покоління для різних умов експлуатації. Проведено аналіз наукових праць на тему екологічного будівництва та новітньої концепції «активного будинку», однією з основних положень якої є створення багатофункціональних оздоблювальних матеріалів. Представлено напрямки застосування нанодисперсного діоксиду титану в будівельній галузі. Показано, що введення нано- $\text{TiO}_2$  у оздоблювальні розчини забезпечує фотокаталітичні та самоочисні властивості матеріалу. Проаналізовано проблематику застосування фотокаталізаторів всередині приміщень та зниження ефективності в залежності від умов середовища. Показано, що для розширення сфери застосування нанодіоксиду титану у будівництві за рахунок надання йому спеціальних технічних властивостей необхідно застосовувати технологію його допування елементами металів та неметалів.

В цілому, матеріал розділу викладено в логічній послідовності та якісно опрацьовано, що дозволило коректно сформулювати наукову гіпотезу, мету та завдання досліджень.

У другому розділі наведено характеристику вихідних матеріалів, а також опис застосованих методів фізико-хімічних та фізико-механічних досліджень. У розділі представлена загальна послідовність проведення досліджень. Як позитивну рису роботи слід відзначити широкий спектр застосованих методів дослідження, зокрема методик зі сфери фотоніки (лазерна спектрометрія) та біохімії (аналіз фунгіцидності поверхні).

Третій розділ присвячено дослідженню фотокаталітичних композиційних в'язучих для оздоблювальних розчинів. Визначено коефіцієнти диференційного розподілу частинок основних компонентів фотокаталітичних композиційних в'язучих. Встановлено, що нано- $\text{TiO}_2$  P25 характеризується значно вищим значенням максимуму коефіцієнту розподілу розмірів частинок за питомою поверхнею порівняно з композиційним портландцементом СЕМ II/B-M (величини коефіцієнтів  $K_{isa}$  відрізняються в 2903 разів), що свідчить про надзвичайно високе значення поверхневої енергії ультрадисперсних частинок нано- $\text{TiO}_2$  та їх важливу роль в процесах раннього структуроутворення композиційних в'язучих. Із застосуванням методів математичного планування експерименту та експериментально-статистичного моделювання визначено раціональний склад мультикомпонентного декоративного цементу. Згідно аналізу отриманих експериментально-статистичних моделей та їх графічної інтерпретації встановлено, що введення 3,0 мас.% каоліну та 0,4 мас.% мікро- $\text{TiO}_2$  забезпечують покращені декоративні показники мультикомпонентних цементів.

У четвертому розділі досліджено вплив наномодифікаторів  $\text{TiO}_2$  на фізико-механічні властивості фотокаталітичного оздоблювального розчину. Показано, що при введенні 2,0 мас. %  $\text{TiO}_2/\text{S,C}$  через 90 діб тверднення міцність на стиск наномодифікованого розчину збільшується на 76,5% порівняно з контрольним складом. Наведено характеристику самоочисних властивостей розчинів на основі фотокаталітичного композиційного в'язучого. Отримані результати тензіометрії показали, що найбільший кут контакту досягається на поверхні зразка, модифікованого 2,0 мас. %  $\text{TiO}_2 \text{ S,C}$  ( $120,8^\circ$ ), тоді як кут контакту контрольного зразка склав  $38,4^\circ$ . Визначено антигрибкові властивості

зразків штукатурних розчинів, які поміщено в поживне середовище, що заселене колоніями гриба *Aspergillus niger*. Показано, що на контрольному зразку через 28 діб після засівання середовища штамом *Aspergillus niger* поверхня практично повністю покрилась спороносним міцелієм гриба, що свідчить про відсутність антигрибкової властивості поверхні. При цьому зразок з комплексною добавкою  $TiO_2/S,C$  біоциду забезпечував фунгіцидну властивість поверхні. .

У відповідності з планом двофакторного трирівневого експерименту визначено вплив витрати композиційного портландцементу та тонкодисперсного каоліну в поєднанні з полікарбоксилатним суперпластифікатором на властивості оздоблювальних розчинів. На основі графічної інтерпретації отриманих математичних моделей запроєктовано ефективні склади модифікованих оздоблювальних розчинів.

У п'ятому розділі показано промислове впровадження розроблених наномодифікованих оздоблювальних розчинів. Розроблено проект технічних умов ТУ У 23.5-02071010-179:2020 згідно яких випущено партію фотокаталітичного оздоблювального розчину на ТзОВ «Капрол Україна». Наведена техніко-економічна та екологічна ефективність фотокаталітичних композиційних в'язучих. В результаті впровадження наномодифікованих оздоблювальних розчинів встановлено, що фактичний економічний ефект при оздобленні фасаду будинку площею 762 м<sup>2</sup> складає 30,78 тис. грн.

В цілому, наведений аналіз результатів досліджень дозволяє зробити загальний висновок про те, що окремі висновки автора є дискусійними, проте основні наукові положення, які розробляються в розділах 3 і 4 дисертаційної роботи є обґрунтованими і такими, що базуються на отриманих експериментальних результатах.

**Практичне значення роботи** підтверджують наведені акти впровадження. Згідно з розробленим проектом технічних умов ТУ У 23.5-02071010-179:2020 «Наномодифіковані фотокаталітичні будівельно-оздоблювальні матеріали» на промисловому підприємстві ТзОВ «Капрол Україна» виготовлена дослідно-промислова партія фотокаталітичних оздоблювальних розчинів в кількості 1815 кг. Проведено дослідно-промислову апробацію фотокаталітичних оздоблювальних розчинів з маркою за міцністю на стиск М50 на ТзОВ «Артбуд-Захід» при оздобленні фасаду площею 762 м<sup>2</sup> житлового будинку за адресою м. Львів, вул. Балтійська, 6. Результати досліджень також впроваджені в навчальному процесі в Національному університеті «Львівська політехніка».

**Достовірність і новизна наукових положень, висновків і рекомендацій**, викладених у дисертаційній роботі Гоголя М.М. не викликає сумніву, оскільки підтверджується достатнім обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, методично правильною їх постановкою, використанням широкого кола методів досліджень, а також впровадженням результатів роботи у виробничих умовах.

**Загальні висновки** по роботі висловлені чітко і аргументовані конкретними результатами.

**Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.** За результатами перевірки дисертаційної роботи на наявність ознак академічного плагіату встановлено коректність посилань на першоджерело для текстових та ілюстративних запозичень; навмисних ілюстративних спотворень опонентом не виявлено. Звідси можна зробити висновок про відсутність порушень академічної доброчесності.

**По роботі є наступні зауваження:**

1. У роботі замало уваги приділяється такому важливому показнику якості оздоблювального матеріалу, як адгезія. Міцність зчеплення з основою визначається лише для рекомендованого і впровадженого складів наномодифікованих фотокаталітичних оздоблювальних розчинів. При цьому вплив модифікаторів на зміну адгезійної міцності взагалі не досліджувався.

2. У четвертому пункті наукової новизни зазначено, що «отримано комплекс експериментально-статистичних моделей технологічних та фізико-технічних показників оздоблювальних розчинів ... що кількісно характеризують дію нанокompозиту  $\text{TiO}_2/\text{S,C}$ , прискорювача X-SEED, фунгіциду тіосульфатного типу ETS, повітровтягувальної добавки Master Air 81 та суперпластифікатора полікарбоксилатного типу Master Glenium 430». Проте у планованому експерименту варіювалася лише витрата цементу ( $X_1$ ) і тонкодисперсного каоліну ( $X_2$ ), а прискорювач X-SEED в даному експерименті взагалі не використовувався.

3. У таблицях 2.1, 3.1 і 3.2 вказана різна питома поверхня (за Блейном) портландцементу СЕМ І 42.5R (350 і 340), а також вказано, що питома поверхня композиційного портландцементу СЕМ ІІ/В-М (S-P-L) 32,5R складає  $490 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Проте на стор. 47 вказано, що питома поверхня цементу СЕМ ІІ/В-М (S-P-L) 32,5R дорівнює  $380 \text{ м}^2/\text{кг}$ , що більш схоже на реальне значення.

4. Умови проведення планованих експериментів у таблицях 3.3, 3.4 і 4.4 записані не вірно. «Нульовим» або «головним» у термінології автора рівнем унормованого фактору при розрахунку експериментально-статистичних моделей є середній рівень діапазону його варіювання, що наприклад вірно відображено у таблиці 4.4. При цьому самі експериментально-статистичні моделі розраховані вірно, тобто з врахуванням вірного унормування варійованих факторів.

5. Вибір раціонального складу мультикомпонентного декоративного цементу (п.3.2), а також вибір раціонального складу наномодифікованого оздоблювального розчину з фотокаталітичними властивостями (п.4.5) не можна вважати оптимізацією, як зазначає автор, тому що не було обрано критеріїв оптимізації та не проведено саму формальну процедуру вибору оптимального рішення.

6. Згідно розробленій технологічній схемі (п.5.1) при виготовленні композиційного в'язучого і наномодифікованих фотокаталітичних оздоблювальних розчинів використовуються зокрема неорганічні пігменти. Проте у роботі відсутні відомості щодо зміни властивостей матеріалу при застосуванні кольорових неорганічних пігментів, зокрема про їх вплив на фотокаталітичні реакції на поверхні оздоблювальних розчинів.

Відмічені недоліки та зауваження не знижують цінність для науки і практики виконаної здобувачем роботи, не носять принципового характеру і в перспективі можуть бути враховані автором при проведенні подальших досліджень. Дисертаційна робота Гоголя М.М. за об'ємом досліджень, рівнем їх виконання, новизною є завершеною науково-дослідною роботою, в якій одержані нові теоретично обґрунтовані та практично цінні результати.

**Повнота викладення результатів в опублікованих працях.** Основні положення дисертаційного дослідження висвітлено у 19 працях: 4 статті у наукових фахових виданнях України, 2 статті опубліковані у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, 1 стаття у періодичному науковому виданні іншої держави, 1 патент та 11 публікацій у матеріалах вітчизняних і міжнародних конференцій. Результати аналізу публікацій здобувача засвідчують повноцінне висвітлення в них основних положень та результатів дисертаційного дослідження.

**Ідентичність змісту анотацій та основних положень дисертації**

Зміст анотацій українською та англійською мовами є ідентичним до основних наукових положень дисертаційної роботи, а також містить необхідну інформацію, як дає достатнє уявлення сутності досліджень і отриманих результатів.

**Висновок.** В цілому, дисертаційна робота Гоголя Марка Мироновича за рівнем її наукової новизни і практичного значення відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами), Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167), а її автор, Гоголь М.М. заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, галузь знань 19 Архітектура та будівництво.

Офіційний опонент:  
доктор технічних наук, доцент,  
проректор з наукової роботи  
Одеської державної академії  
будівництва та архітектури

С.О. Кровяков

Особистий підпис проректора з НР, д.т.н., доцента С.О. Кровякова засвідчую.

Проректор з НР Одеської державної  
академії будівництва та архітектури



Ю.С. Крутій

06.05.2021 р.