06-72-97/2
01.05.2021

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

ВІДГУК
офіційного опонента кандидата технічних наук, доцента,
старшого викладача кафедри електромеханіки та електроніки
Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного
Королька Сергія Володимировича
на дисертаційну роботу **Гоголя Марка Мироновича** на тему:
"Фотокаталітичні композиційні в'яжучі 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

1. **Актуальність теми дослідження.**

На даний час широкого поширення в будівельній галузі набувають матеріали з фотокаталітичними, самоочисними та біоцидними властивостями, які здатні знешкоджувати органічні та неорганічні типи забрудників на поверхнях та в навколишньому середовищі. Одними з таких матеріалів є фотокаталітичні композиційні в'яжучі та наномодифіковані оздоблювальні розчини на їх основі.

Застосування наномодифікаторів та комплексних добавок дає змогу створювати багатофункціональні матеріали з хімічними та експлуатаційними властивостями. Використання нано-TiO_2 значно розширює функціональність оздоблювальних розчинів, надаючи поверхням самоочисні та біоцидні властивості. Розроблення фотокаталітичних композиційних в'яжучих та дослідження наномодифікованих оздоблювальних розчинів на їх основі за рахунок поєднання наномодифікаторів та мінеральних добавок з метою створення багатофункціональних оздоблювальних матеріалів нового покоління є без сумніву актуальними.

Дисертаційне дослідження виконано в межах держбюджетних науково-дослідних робіт (номер держреєстрації 0117U007178 та 0119U002253), відповідно до тематичного плану Міністерства освіти і науки України.

2. Склад і структура дисертаційної роботи.

Дисертація, підготована Гоголем М. М., складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (155 найменувань) та п'яти додатків. Загальний обсяг роботи складає 193 сторінки та містить 26 таблиць і 77 рисунків.

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

У *першому розділі* автором досить ретельно проаналізовано стан проблеми і показано, що розроблення фотокаталітичних оздоблювальних розчинів базується на застосуванні нанодіоксиду титану. Проте фотокаталітична дія нано-TiO_2 проявляється при ультрафіолетовому опроміненні для активації поверхні. В той же час, для можливості застосування технології фотокаталізу для внутрішніх оздоблювальних та декоративних поверхонь показана доцільність використання допованого нанокомпозиту діоксиду титану. Проведено аналіз досліджень щодо впливу нано-TiO_2 на фізико-механічні та технологічні властивості цементуючих матеріалів. Наведено результати дослідження впливу наномодифікаторів та мінеральних добавок на структуроутворення та фізико-механічні властивості композиційних в'яжучих.

Другий розділ роботи присвячено характеристиці сировинних матеріалів, добавок та наномодифікаторів і описано фізико-механічні та фізико-хімічні методи, що застосовувалися в дослідженнях у відповідності до чинних ДСТУ, EN та ISO. У розділі наведена загальна блок-схема згідно якої проводились експериментальні дослідження.

У третьому розділі проведено дослідження властивостей фотокаталітичних композиційних в'яжучих. Визначено вплив дисперсності компонентів на властивості композиційних в'яжучих. Отримано результати гранулометричного складу композиційного портландцементу та нанодобавок TiO_2; проведено комплексна оцінку розподілу за розмірами їх частинок як за

об’ємом, так і за питомою поверхнею. Визначено коефіцієнти відбиття світла основних компонентів композиційних цементів. Методом математичного планування експерименту проведено оптимізацію складу мультикомпонентного декоративного цементу. Досліджено вплив наномодифікаторів на фізико-механічні та структурні властивості гіпсових в’яжучих. При дослідженні макроструктури модифікованого гіпсового каменю встановлено, що в порах знаходяться агломерати допованого нанокомпозиту, які ущільнюють мікроструктуру, заповнюючи пори, що сприяє підвищенню міцності матеріалу.

Четвертий розділ присвячено впливу наномодифікаторів TiO_2 на фізико-механічні властивості фотокаталітичного оздоблювального розчину. Встановлено підвищення міцності модифікованого розчину на 75 % у проектному віці порівняно з контрольним складом. Наведено характеристику самоочисних властивостей розчинів на основі фотокаталітичного композиційного в’яжучого. Отримані результати тензіометрії свідчать, що найбільший кут контакту води з поверхнею досягається на поверхні зразка, модифікованого 2,0 мас.% нанокомпозиту TiO_2/S,C, що свідчить про надання поверхні гідрофобних властивостей. Дослідженнями фотокаталітичності поверхонь оздоблювальних розчинів встановлено, що зразки з нанокомпозитом TiO_2/S,C здатні ініціювати реакції фотокаталізу саме у видимому спектрі світла, генеруючи вільні радикали і, тим самим, знешкоджувати забруднювачі на поверхні без додаткового ультрафіолетового опромінення. Методом математичного планування експерименту проведено проектування складів оздоблювальних розчинів на основі фотокаталітичного композиційного в’яжучого та визначено показники якості модифікованих оздоблювальних розчинів.

У *п’ятому розділі* представлено результати дослідно-промислової апробації фотокаталітичних композиційних в’яжучих та наномодифікованих оздоблювальних розчинів на їх основі. Розроблено технологічну схем виготовлення композиційного в’яжучого з фотокаталітичними властивостями та визначено показники якості сумішей для оздоблення відповідно до ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Представлено промисловий випуск фотокаталітичного

композиційного цементу та наномодифікованого оздоблювального розчину на його основі на промисловому підприємстві «Капрол – Україна». Наведено техніко-економічну та екологічну ефективність розроблених фотокаталітичних оздоблювальних розчинів.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що автором теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість одержання високоефективних оздоблювальних розчинів для виконання внутрішніх та зовнішніх опоряджувальних робіт на основі фотокаталітичного композиційного портландцементу за рахунок комплексного модифікування в'яжучої системи нанокомпозитом діоксиду титану, фунгіцидом тіосульфонатного типу, добавкою повітровтягувальної дії та суперпластифікатором полікарбоксилатного типу. Удосконалено технологію диспергування модифікаторів в об'ємі розчину шляхом використання методу ультразвукової диспергації та поетапного введення модифікаторів, що створює можливість отримання оздоблювальних розчинів з підвищеною питомою площею поверхні та фотокаталітичною активністю.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендації сформульовано дисертантом на основі експериментальних досліджень, що включають оптичну тензіометрію, лазерну спектрометрію, раман-спектроскопію, лазерну гранулометрію, рентгенівську дифрактометрію, мікроскопії електронного, оптичного та атомно-силового типів та ін. Фізико-механічні властивості досліджуваних матеріалів визначено згідно з вимогами чинних діючих норм та стандартів. Достовірність результатів теоретичних розрахунків і експериментальних даних підтверджується їх взаємоузгодженням та кореляцією основних закономірностей досліджених процесів з даними інших дослідників.

Вплив наномодифікаторів на властивості фотокаталітичних композиційних в'яжучих та наномодифікованих оздоблювальних розчинів на їх основі в дисертаційній роботі досліджено з застосуванням методів математичного планування експериментів, що дозволило отримати комплекс кількісних залежностей, виконати необхідні оптимізаційні розрахунки. На основі

отриманих рівнянь регресії побудовані графічні залежності, виконано їх аналіз. Проведені експериментальні дослідження з фотоніки для визначення показників фотокаталітичної активності та біохімії для визначення біоцидних властивостей розроблених оздоблювальних розчинів свідчать про всебічне дослідження поставлених завдань та обґрунтованість висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.

4. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.

У дисертаційній роботі відсутні порушення академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

5. Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

Незважаючи на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, слід відмітити певні дискусійні положення та зауваження, а саме:

1) В розділі 2 недостатньо чітко представлено як проявляються фотокаталітичні властивості поверхні в залежності від товщини нанесеного шару. Неясно, яка товщина модифікованого шару вважається оптимальною для збереження фотокаталітичних властивостей та раціонального використання наномодифікатора?

2) У дисертаційній роботі дослідження проведені на цементах CEM II/B-M (S-P-L) 32,5R та CEM I 42,5R, разом з тим для оздоблювальних та декоративних розчинів для збільшення білизни поверхні застосовується також білий портландцемент. Наскільки розроблені фотокаталітичні композиційні в'яжучі відрізняються за білизною та технологічними властивостями від білого портландцементу?

3) При використанні оздоблювальних розчинів як основного декоративного шару внутрішнього оздоблення часто виникає необхідність застосування пігментів. В роботі слід було показати взаємодію фотокаталізатора з пігментами органічного та неорганічного походження.

4) В розділі 4 проведено дослідження фунгіцидної активності модифікованих цементно-піщаних оздоблювальних розчинів, проте не

проведено аналогічне дослідження на гіпсових розчинах, які часто піддаються ураженню цвілевими грибами.

5) В роботі (розділ 4) не достатньо показано різницю між фотокаталітичними, самоочисними та біоцидними властивостями оздоблювальних розчинів для внутрішнього та зовнішнього застосування. При цьому доцільно було навести порівняльну таблицю основних показників модифікованих фасадних та інтер'єрних розчинів.

6) У розділі 4 для визначення самоочисних властивостей оздоблювальних розчинів проведено визначення контактного кута рідин з поверхнею зразків, модифікованих нано-TiO_2 P25 та нанокомпозитом TiO_2/S,C. На мою думку, варто було також навести значення контактного кута і для зразка, модифікованого мікро-TiO_2 та провести порівняльний аналіз результатів.

Наведені зауваження не знижують наукової і практичної цінності дисертаційної роботи Гоголя М. М. і не впливають на її загальну позитивну оцінку.

6. <u>Повнота викладення результатів в опублікованих працях</u>.

Основні результати, наукові положення, висновки та рекомендації достатньо повно відображено у 19-ти працях: 4 статті у наукових фахових виданнях України, 2 – у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних (Scopus), 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави, 11 публікацій у матеріалах вітчизняних і міжнародних конференцій та 1 патент.

Наукові праці Гоголя М. М. відповідають п.11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року №167. Приведені у дисертації розробки пройшли апробацію на конференціях різного рівня, де доповідались основні положення та результати досліджень.

7. <u>Ідентичність змісту анотацій та основних положень дисертації</u>

Зміст анотацій українською та англійською мовами відображає зміст дисертації та досить повно висвітлює її основні результати та висновки.

8. **Висновок.**

Результати аналізу дисертації, анотацій українською та англійською мовами, опублікованих праць дають підстави для висновку про те, що дослідження Гоголя Марка Мироновича «Фотокаталітичні композиційні в'яжучі та наномодифіковані оздоблювальні розчини на їх основі», є завершеним самостійним науковим дослідженням.

За рівнем наукової новизни отриманих результатів та їхнього практичного значення дисертація на тему «Фотокаталітичні композиційні в'яжучі та наномодифіковані оздоблювальні розчини на їх основі» 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:

кандидат технічних наук, доцент,
старший викладач кафедри
електромеханіки та електроніки
Національної академії сухопутних військ
імені Гетьмана Петра Сагайдачного С. В. Королько

Підпис Королька С. В. засвідчую:

Міністерство оборони України
Національна академія сухопутних військ
імені Гетьмана Петра Сагайдачного
Код 08410370