

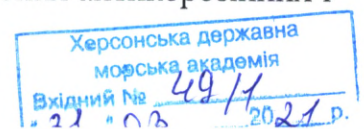
**ВІДГУК**  
офіційного опонента  
на дисертаційну роботу Кулініча Андрія Григоровича  
«Розробка модифікованих полімерних композитів  
для ремонту транспортних засобів»,  
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 275 Транспортні технології,  
галузь знань 27 Транспорт

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Робота виконана на 148 сторінках машинописного тексту, містить 46 рисунків, 31 таблицю, список джерел із 170 найменувань та додатків. Після ознайомлення з роботою слід відзначити наступне.

**1. Актуальність теми дисертації.** Нинішній етап розвитку суспільства відзначається суттєвою інтенсифікацією усіх граней життя, зокрема машинобудування і транспортної логістики. Збільшення обсягів вантажних перевезень, зростання навантаження на транспортні засоби, на технологічне обладнання, необхідність працювати в агресивних умовах довкілля – все це висуває дедалі суворіші вимоги щодо поліпшення показників ресурсозбереження агрегатів транспортних засобів, скорочення термінів ремонтних робіт і збільшення тривалості міжремонтних періодів. Перед дослідниками стоїть непросте завдання – запропонувати матеріали, здатні замінити традиційні метали й сплави, які матимуть складний комплекс властивостей, часто суперечливих: такі матеріали мають бути міцними і водночас легкими, надійними і здатними до тривалої експлуатації і водночас такими, що не потребують складної технологічної підготовки при формуванні, хімічно й термічно стабільними, а також інертними до навколишнього середовища. Значною мірою цим умовам відповідають полімери й полімерні композити. Одними з найперспективніших полімерних композитів, які б відповідали вимогам сучасної транспортної промисловості, є епоксидні композитні матеріали, які за своїми експлуатаційними характеристиками у більшості випадків перевершують метали, сплави, деревину, скло. При цьому численні способи модифікації (хімічні, фізико-хімічні, фізичні) дають змогу створювати композити із заданим комплексом прогнозованих властивостей.

У дисертаційній роботі А.Г. Кулініча розглянуто науково-технологічну задачу збільшення ресурсу деталей транспортних засобів шляхом підвищення їх стійкості до спрацювання в умовах впливу гідроабразиву внаслідок використання захисних епоксидних покриттів із наперед заданими властивостями. З огляду на стан наукової проблеми ця робота є **безумовно важливою й актуальною**.

Важливість напрямку теоретичних та практичних досліджень Кулініча А.Г. підтверджується тим, що їх проведено у рамках держбюджетних тем Херсонської державної морської академії, у яких здобувач брав участь як виконавець: «Створення епоксидних нанокompозитних матеріалів із підвищеними експлуатаційними характеристиками» (№ д.р. 0117U002177), «Закономірності створення антикорозійних і





зносостійких полімерних композитів для відновлення засобів водного та наземного військового транспорту» (№ д.р. 0119U103636), «Дослідження і розробка нових матеріалів та технологій для експлуатації та ремонту засобів транспорту» (№ д.р. 0117U000443 22i/17).

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.**

Достовірність і ступінь обґрунтованості одержаних результатів не викликає сумніву. Висновки, викладені в дисертаційній роботі, ґрунтуються на значному експериментальному матеріалі, який одержано з використанням сучасних технологій. Зокрема застосовано методи дослідження адгезійної міцності і залишкових напружень, модуля пружності, руйнівних напружень при згинанні, ударної в'язкості і стійкості до спрацювання в умовах впливу гідроабразиву епоксидних композитів та захисних покриттів. Додатково використано методи дослідження теплофізичних (диференціально-термічний та термогравіметричний аналіз, термічний коефіцієнт лінійного розширення, теплостійкість) властивостей та структури (металографічний мікроскоп моделі XJL-17AT з камерою 130 UMD (1,3 Mega Pixels)) матеріалів. Для оптимізації інгредієнтів у захисному покритті застосовані методи статистичної обробки результатів.

Основні результати досліджень **апробовано** на численних українських і міжнародних конференціях: VI-й Міжнародній науково-практичній конференції «Структурна релаксація у твердих тілах» (м. Вінниця, 2018), Міжнародній науково-технічній конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» (м. Тернопіль, 2018), IV-й Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології промислового комплексу: базові процесні інновації – 2018» (м. Херсон, 2018), 10-th International Conference «Advanced Materials and Technologies» (Ninghai, China, 2018), Всеукраїнській науковій конференції «Сучасні технології обробки матеріалів» (м. Миколаїв, 2018), Международной научной конференции «Теоретические и прикладные вопросы математики, механики и информатики» (г. Караганда, 2019).

**Публікації.** За результатами виконаних досліджень опубліковано 14 наукових праць, включаючи 4 статті у міжнародних журналах та журналах, які входять до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science, 3 статті у фахових виданнях, 7 тез доповідей на вітчизняних, міжнародних конференціях і симпозиумах.

## **3. Наукова новизна отриманих результатів дисертаційної роботи**

полягає в удосконаленні технології формування покриттів для деталей засобів водного транспорту, яка відрізняється від відомих можливістю спрямованого керування процесами взаємодії між компонентами епоксидного полімеру, що дає змогу підвищити ресурс роботи транспортних засобів і поліпшити гідроабразивну зносостійкість композитів. Розроблено математичну модель, яка враховує оптимізацію вмісту інгредієнтів при формуванні захисних покриттів з підвищеною гідроабразивною зносостійкістю, а також нові закономірності підвищення ресурсу й експлуатаційних характеристик деталей транспортних засобів залежно від



особливостей формування матеріалів.

**4. У практичному значенні дисертаційної роботи** слід підкреслити, що автор запропонував метод збільшення міжремонтного періоду роботи деталей транспортних засобів, який ґрунтується на використанні технології формування стійких до дії гідроабразиву захисних покриттів шляхом введення в епоксидний зв'язувач модифікатора та різних наповнювачів, розробив склад полімерного композиту і методику формування. Із залученням математичної моделі, розробленої автором, можна створювати композити на основі поліепоксидів, модифікаторів, наповнювачів різної природи і формувати матеріали з бажаними характеристиками. Композитний матеріал, захисне покриття і технологію його формування та нанесення впроваджено в ТОВ «Судноремонтний завод» (м. Маріуполь), що дало змогу відмовитися від використання традиційних і відомих покриттів. Додатково розробки використовують у начальному процесі Херсонської державної морської академії при підготовці магістрів та аспірантів.

#### **5. Рекомендації щодо використання результатів роботи.**

У роботі розроблено новий метод збільшення ресурсу роботи устаткування за рахунок підвищення стійкості до спрацювання деталей в результаті нанесення модифікованих захисних покриттів. Покращення властивостей адгезивів і виробів проводили шляхом введення активних до полімерного зв'язувача інгредієнтів за оптимального вмісту згідно модернізованої технології формування покриттів.

Рекомендую розширити спектр застосування розробленого матеріалу і покриття на його основі у інших галузях промисловості, таких як машинобудування, авіа-, харчова, хімічна промисловість тощо.

**6. Повнота викладу результатів в опублікованих працях.** За результатами проведених досліджень опубліковано 14 наукових праць, включаючи 4 статті у міжнародних журналах та журналах, що входять до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science, 3 статті у фахових виданнях, 7 тез доповідей на вітчизняних, міжнародних конференціях та симпозіумах.

Конкретний внесок здобувача у публікаціях, що написані у співавторстві, наведено у дисертаційній роботі.

**7. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.** На підставі вивчення тексту дисертації здобувача та його наукових праць встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст роботи не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності відповідно до статті 42 Закону України «Про освіту».

**8. Оцінка змісту дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота виконана на 148 сторінках машинописного тексту, включає 46 рисунків, 31 таблицю, список 170 використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації – 186 сторінок.



У вступі викладено суть наукової проблеми, якій присвячена робота, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, основні завдання дослідження, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, наведено інформацію про апробацію отриманих результатів, подано дані про структуру дисертації.

У першому розділі автор традиційно здійснює огляд літературних джерел, присвячених досліджуваній проблемі. Наведено загальні відомості про полімери, описано способи їх модифікації. Обґрунтовано доцільність використання поліепоксидних композитів завдяки їхнім високим експлуатаційним характеристикам і широкому спектру корисних властивостей, серед яких можна відзначити низьку температуру тверднення, активну взаємодію смоли і пластифікаторів чи модифікаторів, які є рідкими компонентами й характеризуються низькою в'язкістю та усадкою в процесі тверднення, що, своєю чергою, позначається на показниках залишкових напружень. Позитивним є великий вибір відомих епоксидних смол і твердників, що дає змогу формувати полімерні матеріали з прогнозованим комплексом властивостей. При цьому в процесі хімічної реакції полімеризації не виділяється вода чи будь-які летючі речовини, тому сформовані покриття мають високу адгезію до металевих та неметалевих поверхонь.

Описано полімерні композити з наповнювачами різної природи, з різним розміром і геометрією частинок, наведено механізм взаємодії частинок наповнювача з полімерною матрицею на межі поділу фаз «олігомер–наповнювач» та характеристики міжфазових шарів. У цьому ж розділі обґрунтовано залучення наповнювачів різної фізичної природи, що забезпечує поєднання різних механізмів міжфазової взаємодії і, відповідно, поліпшення фізико-механічних характеристик.

У другому розділі наведено характеристики об'єктів дослідження, описано їх хімічну будову, перелічено методи вивчення фізико-механічних, теплофізичних властивостей композитів, їх стійкості до гідроабразивного спрацювання. Описано модель оптимізації складу композитів методом математичного планування експерименту.

Третій розділ присвячено розробленню модифікованої матриці з поліпшеними властивостями. Послідовно вивчено вплив вмісту модифікатора 4-амінобензойної кислоти на адгезійні, фізико-механічні, теплофізичні властивості та на енергію активації термічної деструкції модифікованих полімерних композитів. Показано ефективність використання зазначеного модифікатора, встановлено оптимальний його вміст. Доведено, що за умови оптимального співвідношення модифікатор забезпечує утворення максимальної кількості фізичних і хімічних зв'язків між молекулами добавки та олігомером, а також між зв'язувачем і металевою основою.

У четвертому розділі автор проаналізував вплив мікродисперсних наповнювачів різної природи з різною формою частинок на властивості полімерних композицій для транспортної техніки. Серед них порошкова титано-алюмінієва суміш складу 85% титану і 15% алюмінію, яка після обробки високовольтним електророзрядним синтезом набувала складу  $Ti(70\%) + Al_3Ti(15\%) + Ti_3AlC_2(15\%)$ , з середнім розміром частинок 15,5 мкм. Ще один наповнювач – вуглеволокно FC-H, що



складається з тонких ниток діаметром до 10 мкм, утворених переважно атомами вуглецю. Для поліпшення теплофізичних властивостей полімерних КМ додатково застосовано порошкову суміш складу  $TiH_2(65 \%)$ ,  $FeSiMn(30 \%)$ ,  $B_4C(5 \%)$ . Для кожного з використаних наповнювачів встановлено оптимальні співвідношення, виявлено їх вплив на різні характеристики полімерних композитів. У цьому ж розділі запропоновано використання методу математичного планування експерименту з метою визначення оптимального вмісту компонентів для полімерних композитів і наведено результати дослідження інтенсивності спрацювання полімерних композитів для засобів транспорту в умовах впливу гідроабразиву. Розроблено склад епоксидного композитного покриття з підвищеною стійкістю до дії гідроабразиву на основі модифікованого епоксидного зв'язувача і технологічні умови його приготування. Показано, що цей композит за всіма найголовнішими технологічними, експлуатаційними та економічними показниками перевершує відомі покриття виробництва Норвегії та Великої Британії.

Висновки підсумовують аналіз результатів, отриманих при виконанні дисертаційних досліджень.

Загалом текст дисертації логічно структурований, містить достатню кількість якісно оформленого ілюстративного матеріалу, зміст викладено правильною науковою мовою.

#### **9. Зауваження до дисертації:**

1. В огляді літератури в розділі 1.1. необхідно було виділити окремим підрозділом вплив модифікаторів на формування, структуру та властивості епоксидних полімерів. Чим зумовлений вибір саме модифікатора 4-амінобензойної кислоти, які його переваги над іншими модифікаторами? Те саме – обґрунтування вибору складних наповнювачів: чому саме такі склади титано-алюмінієвої суміші й порошкової суміші  $TiH_2-FeSiMn-B_4C$  та окремо вуглеволокно? Які в них переваги над звичайними наповнювачами? Не проаналізовані дослідження в цьому напрямі шкіл відомих учених доктора хімічних наук Віленського В.О., професора Мамуні Є.П., академіка НАПНУ, професора Шута М.І. та ін.

2. В розділі 2 відсутня методика приготування композитів: у якій послідовності вводили модифікатор 4-амінобензойну кислоту та ПЕПА в ЕД-20? Від цього суттєво будуть залежати властивості епоксидного полімеру. За яких умов проводили тверднення зразків (температура, тривалість, ступінь зшивки)?

3. В розділі 3 основна увага акцентується на поліпшенні фізико-механічних властивостей полімеру при введенні модифікатора, але не пояснюється, з чим це пов'язано (для цього можна було б застосувати методи ширококутової рентгенографії та ІЧ-спектроскопії). Не вказано, в якій послідовності вводили компоненти ПЕПА і модифікатор до ЕД-20. Детально не пояснюються такі формулювання: С.59 «...структурно активний модифікатор». С. 61. «...активуються фізико-хімічні процеси структуроутворення КМ». С. 62. «...за рахунок покращення структуроутворення на межі поділу фаз».

4. Рис. 3.3. На мікрофотографіях краще замість збільшення ставити шкалу. С. 66. Краще замість терміну «структура поверхні зламу» вживати термін «морфологія».



У загальних висновках 1, 2, 4 не вказано на якому етапі вводили ПЕПА.

5. Перший пункт у розділі «Новизна роботи» («Удосконалено метод збільшення міжремонтного періоду роботи транспортних засобів за рахунок використання модифікованих полімерних композитів з підвищеною стійкістю до дії гідроабразиву, формування яких передбачає обґрунтоване керування процесами структуроутворення за наявності активних до міжфазової взаємодії інгредієнтів») має безперечне практичне значення, але під наукову новизну не підходить. Варто було б підкреслити новизну словами «Вперше показано...».

6. С. 49. «У роботі з використанням загальновідомих методів досліджено адгезійну міцність при відриві та зсуві, залишкові напруження у КМ, фізико-механічні та теплофізичні властивості полімерних матеріалів, проаналізовано перебіг процесів структуроутворення при формуванні композитів». Яким методом вивчали перебіг процесів структуроутворення?

7. С. 64. «Встановлено, що при введенні незначної кількості модифікатора ( $q = 0,10$  мас.ч.) отримали несуттєве збільшення модуля пружності від  $E = 2,8$  ГПа (вихідна матриця) до  $E = 3,9$  ГПа (перший максимум на кривій залежності)». І перший, і другий максимуми на цій кривій фіксують якраз дуже суттєве зростання модуля пружності. Автор говорить про «посилення міжмолекулярної взаємодії між функціональними групами модифікатора та епоксидного діанового олігомеру», але ніяк не пояснює характер такої дії. С. 67, подібне зауваження. «Аналіз поверхні зламів КМ (рис. 3.3, и, і, ї, й) свідчить про значне зниження однорідності структури, ширина та глибина ліній сколювання значно збільшується, площа кратероподібних утворень суттєво зростає, рельєф поверхні нерівномірний, а у деяких місцях поверхня має характерну форму сходинок». Автор не висуває припущень про причини цього явища. Можливо за такого значного вмісту (1,00...2,00 мас.ч.) модифікатор у процесі тверднення виділяється в окрему фазу і створює дефекти й напруження?

8. С. 125. «Тому, аналізуючи в комплексі результати проведеного експериментального дослідження теплофізичних властивостей наповнених порошковою сумішшю КМ досягли висновку, що оптимальним вмістом добавки у матеріалах є  $q = 20$  мас.ч. та  $q = 60$  мас.ч.». Не дуже вдало побудовано речення. Оптимальним може бути одне значення. Краще було б сказати, що порошкова суміш є ефективною в діапазоні від 20 до 60 мас.ч. С. 133. «...що може свідчити про зменшення ступеня зшивання між макромолекулами епоксидної діанової смоли та часток порошкової суміші, а також – про зниження термостійкості міжмолекулярних зв'язків у структурі композитів». Термостійкість міжмолекулярних зв'язків – краще б сказати «про ослаблення міжмолекулярних зв'язків у структурі композитів при підвищенні температури». Також у тексті дисертації трапляються деякі стилістичні похибки, наприклад «науковий напрямок» – науковий напрям; «частки наповнювача» – частинки; «компонент» як складник композиції відмінюється як іменник ч.р. – компонентом.

Вважаю, що наведені недоліки не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи, а також на теоретичну та практичну значущість одержаних результатів.



## 10. **Заключна оцінка дисертаційної роботи.**

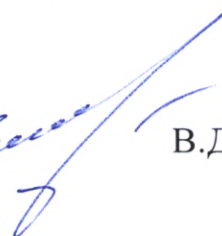
Дисертаційна робота на тему «Розробка модифікованих полімерних композитів для ремонту транспортних засобів» є закінченою науковою працею та за актуальністю, науковою новизною, практичною значущістю відповідає нормативному змісту і напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми Херсонської державної морської академії зі спеціальності 275 Транспортні технології, галузь знань 27 Транспорт та вимогам пп. 9, 10, 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України № 167 від 06.03.2019 р.), а її автор, Кулініч Андрій Григорович, заслуговує на присвоєння наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 Транспортні технології, галузь знань 27 Транспорт.

Офіційний опонент –  
старший науковий співробітник  
відділу модифікації полімерів  
Інституту хімії високомолекулярних сполук  
Національної академії наук України,  
кандидат фіз.-мат. наук, старший дослідник



В.Л. Демченко

підпис Демченка В.Л. засвідчую  
Заступник директора з наукової роботи  
ІХВС НАН України, к.х.н.



В.Д. Мишак