

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Стрельченка Владислава Юрійовича

на тему «Розробка антикавітаційних зносостійких полімерних композитів для збільшення ресурсу роботи засобів водного транспорту», подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю

132 «Матеріалознавство»

у галузі знань 13 «Механічна інженерія»

Кваліфікаційна наукова праця Стрельченка В.Ю., що представлена на захист, надрукована українською мовою і складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Обсяг дисертації – 167 сторінок машинописного тексту, 58 рисунків, 57 таблиць. Загальний обсяг дисертації – 245 сторінок.

Актуальність роботи. На сьогодні широко застосовують фізико-хімічні методи модифікації структури епоксидних композитів, шляхом введенням у зв'язувач різних за природою та дисперсністю наповнювачів, а також модифікаторів і пластифікаторів. Це дозволяє отримати полімерні матеріали з наперед заданим комплексом експлуатаційних характеристик. При цьому підвищення показників експлуатаційних характеристик досягають при використанні багатошарових покриттів з використанням волокнистих епоксипластів.

При цьому розвиток матеріалознавства передбачає створення нових матеріалів з підвищеними антикавітаційними характеристиками і зносостійкістю у комплексі. У даному аспекті ефективним є використання пластифікованих епоксидних композитів, армованих різними тканинами. Такі матеріали відзначаються у комплексі поліпшеними адгезійно-когезійними властивостями і гідроабразивною зносостійкістю. Прогнозоване керування реологічними властивостями зв'язувача і технологією формування епоксидних пластиків дозволяє формувати тривимірні об'єкти або захисні покриття з поліпшеними когезійними властивостями, що є особливо актуальним питанням сьогодення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Здобувачем проведено дослідження в межах виконання держбюджетної прикладної роботи «Розробка зносостійких модифікованих епоксипластів для ремонту і підвищення надійності морського транспорту та техніки військового призначення» (№ д/р 0123U102016), яку виконано у Херсонській державній морській академії (2023...2025р.р.) (Наказ МОН України № 232 від 03.03.2023р.).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність. Під час реалізації усіх етапів дисертаційної роботи автором використано відомі і стандартизовані методики випробувань реологічних, адгезійно-когезійних властивостей, теплостійкості матеріалів. Крім того, досліджено повзучість нових композитів у морській воді та стійкість до гідроабразиву. Додатково автором розроблено математичні моделі щодо прогнозування теплостійкості епоксидних композитів. Враховуючи це, вважаю, що експериментальні результати, наукові положення та висновки, подані в

дисертаційній роботі, є достовірними, а їх обґрунтування проведено з необхідною повнотою.

Наукова новизна результатів наукової кваліфікаційної роботи.

Наукова новизна роботи полягає у наступному. Автором вперше запропоновано спосіб формування гібридних композитів з підвищеними експлуатаційними характеристиками, який охоплює багатошарове армування та наномодифікацію і водночас пластифікацію епоксидного зв'язувача. Механізм покращення властивостей ґрунтується на синергетиці взаємодії компонентів при структуроутворенні матеріалів, що безумовно позначається на їх експлуатаційних характеристиках.

Додатково автором встановлено закономірності впливу дисперсних порошків на механізм структуроутворення епоксидних композитів. Здобувачем обґрунтовано ключові моделі, які пояснюють механізм взаємодії при зшиванні наночасток з одного боку та мікрочасток з іншого боку.

Також автором вперше з використанням алгоритмів ML-моделювання розроблено математичні моделі, які на основі поєднання механічних властивостей і теплостійкості за різних концентрацій наповнювача у матеріалах дозволяють прогнозувати окрему незалежну властивість без проведення експерименту. Це значно спрощує роботу технологів при формуванні матеріалів за запропонованою здобувачем схемою.

Практичне значення роботи. Важливим у роботі з практичної точки зору є розроблення гібридного епоксидного композитного покриття з підвищеною стійкістю до кавітації та зносу. При цьому автором оптимізовано концентрацію пластифікатора у зв'язувачі, вміст нано- та мікродобавок у матриці. Здобувачем обґрунтовано послідовність укладання тканин при формуванні пластиків, а також оптимізовано їх кількість для впровадження.

Технологію формування нового матеріалу з визначеним складом впроваджено на судні R/V «MED SURVEYOR». Впровадження захисного покриття дозволило підвищити ударну в'язкість покриттів у 4,6...4,8 разів, а їх зносостійкість – у 1,5...1,7 разів. Також матеріали впроваджено у навчальному процесі при викладанні освітніх компонент для аспірантів спеціальності 132 «Матеріалознавство» у Херсонській державній морській академії.

Завершеність роботи, стиль викладу, публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 12 наукових праць, у тому числі: 2 статті у міжнародних журналах, які входять до бази Scopus, 2 статті у фахових виданнях України, 8 тез доповідей у збірниках наукових конференцій.

Аналіз основного змісту кваліфікаційної наукової роботи. Дисертація складається з анотації, вступу, 4-х розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

У **вступі** структуровано основні елементи дисертаційної роботи, такі як актуальність теми, зв'язок роботи з науковими програмами, темами, мета і завдання досліджень, наукова новизна, практична значущість, об'єкт та предмет дослідження.

Розділ 1. У розділі наведено основні відомості щодо необхідності застосування полімерних композитів для морської галузі. Описано структурні

характеристики та властивості відомих на сьогодні полімерів, які застосовують у транспорті. Окремо автором зроблено акцент на необхідності розроблення антикавітаційних матеріалів. Описано ефективність застосування сучасних захисних полімерних покриттів на сучасних суднах. Показано склад відомих матеріалів, які на сьогодні розроблено відомими світовими інститутами та впроваджено у водному транспорті.

Розділ 2. У розділі досить детально описано характеристики інгредієнтів, застосованих у роботі для отримання нових композитів. Обґрунтовано доцільність і необхідність їх використання для отримання пластиків з покращеними властивостями. Окремо автором зосереджено особливу увагу на технології отримання матеріалів з використанням ультразвукового оброблення та вакуумної інфузії. Також описано методи дослідження адгезійно-когезійних властивостей композитів, їх повзучості та зносостійкості з посиланням на світові стандарти.

Розділ 3. У розділі наведено результати дослідження реологічних, механічних і теплофізичних властивостей епоксидних композитів з нано- і мікродисперсними добавками. На початковому етапі автор за допомогою реологічних і механічних випробувань встановив оптимальну концентрацію пластифікатора у епоксидному зв'язувачі. Надалі уже в пластифікований зв'язувач для покращення властивостей матриці здобувач вводив нано- і мікродобавки. Ним також встановлено їх оптимальний вміст з огляду на технологічні властивості композицій. На завершальному етапі автором показано шляхи застосування гібридних ML-моделей машинного навчання та статистики для прогнозування властивостей епоксидних композитів. На мій погляд, такий підхід у напрямку прогнозування показників необхідних характеристик композитів є досить важливим для практичного застосування на виробництві.

Розділ 4. У розділі показано поетапний вибір тканин для формування пластиків. Проведено порівняльний аналіз їх властивостей. Вибрано найкращі варіанти тканин, способи їх укладання, напрямки комбінації таких способів та кількість необхідних шарів. Слід підкреслити комплексний підхід при визначенні варіантів укладання комбінованих тканин при формуванні виробів.

Надалі наведено результати дослідження повзучості і гідроабразивної стійкості гібридних композитів. На завершальному етапі автором детально описано технологію формування матеріалів, їх властивості і здійснено порівняльний аналіз показників необхідних характеристик з відомими світовими аналогами. Це є підтвердженням завершеності і цілісності виконаної роботи.

Загальні висновки. У дисертаційній роботі вирішено науково-технічну проблему ерозійно-кавітаційного руйнування й збільшення довговічності морських транспортних засобів шляхом створення гібридних епоксидних композитів з підвищеною стійкістю до кавітації, повзучості та гідроабразивного зношування. При цьому встановлено закономірності впливу нано- і мікронаповнювачів на формування міжфазової структури пластифікованої матриці, що забезпечило створення гібридних композитів з багаторівневою структурою. Остання охоплює процес армування базальтовими та вуглецевими тканинами і модифікацію пластифікованої матриці нанотрубками. Результатом

цього є збільшення терміну експлуатації обладнання і підвищення ефективності ресурсозбереження водного транспорту.

Особистий внесок автора. Здобувачем особисто отримано основні експериментальні й теоретичні наукові результати. Доведено ефективність запропонованого підходу щодо застосування гібридних пластиків для покращення ресурсу роботи деталей водного транспорту. Автором розроблено концепцію створення гібридних композитів з багатошаровою структурою армування та наномодифікацією пластифікованої матриці, що забезпечило синергетичне підвищення експлуатаційних характеристик композитів. Слід зазначити, що основні завдання досліджень, наукову новизну, впровадження результатів роботи, основні висновки дисертації опрацьовано спільно з науковим керівником.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. Дисертацію було перевірено на антиплагіат. Програмою встановлено часткове співпадіння з літературними джерелами. Водночас відмічу, що у роботі є посилання на відповідні джерела. Таким чином можна констатувати, що порушення академічної доброчесності відповідно до чинного законодавства відсутнє. На підставі вивчення тексту дисертації здобувача та його наукових праць підтверджую, що дисертаційна робота виконано самостійно, текст роботи не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності відповідно до Статті 42 «Академічна доброчесність» Закону України «Про освіту» (від 5 вересня 2017 р.).

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. У роботі недостатньо розкрито фізичний механізм впливу нано- та мікродисперсних наповнювачів на реологічні властивості епоксидних композицій. Зокрема, наведені результати зміни динамічної в'язкості не супроводжуються детальним аналізом ролі міжчастинкових взаємодій (Ван-дер-Ваальсових сил, утворення флокуляційних структур) та їх впливу на формування просторової сітки в'язкопружного середовища.

2. При дослідженні механічних властивостей композитів недостатньо обґрунтовано механізм передачі напружень у системі “матриця – наповнювач – армуюча тканина”, зокрема роль міжфазної адгезії та когезійної міцності у формуванні модуля пружності та руйнівних напружень.

3. Встановлений у роботі синергетичний ефект багатошарового армування (базальт–вуглець–базальт) потребує більш глибокої фізичної інтерпретації, зокрема: розподілу напружень по шарах, гасіння тріщин та механізмів затримки їх поширення на межах розділу фаз.

4. У частині дослідження повзучості композитів недостатньо проаналізовано кінетику деформаційних процесів, а саме співвідношення між пружною, в'язкою та в'язкопружною складовими деформації, а також вплив структури армування на релаксацію напружень у часі.

5. Застосування методів машинного навчання для прогнозування властивостей композитів не супроводжується достатнім обґрунтуванням фізичного змісту використаних дескрипторів, що ускладнює інтерпретацію отриманих моделей з позицій матеріалознавства.

6. У технологічній частині роботи (формування композитів методом вакуумної інфузії) недостатньо висвітлено вплив технологічних параметрів (швидкість просочення, в'язкість системи, капілярні ефекти) на формування мікроструктури композиту, зокрема пористості та рівномірності розподілу наповнювачів.

Загальний висновок. Зазначені зауваження не знижують значущість представленої наукової кваліфікаційної праці. Дисертаційна робота Стрельченка Владислава Юрійовича на тему «Розробка антикавітаційних зносостійких полімерних композитів для збільшення ресурсу роботи засобів водного транспорту» є завершеною науковою працею в галузі матеріалознавства. Вона стосується розробки нових антикавітаційних покриттів для збільшення ресурсу роботи засобів водного транспорту, які працюють в умовах впливу морської води.

Вважаю, що за своєю вагомістю, науковою новизною, широтою дослідження, достовірністю, вичерпністю узагальнень, висновків і практичних рекомендацій дисертаційна робота Стрельченка Владислава Юрійовича на тему «Розробка антикавітаційних зносостійких полімерних композитів для збільшення ресурсу роботи засобів водного транспорту» відповідає спеціальності 132 «Матеріалознавство» та Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261, Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», а здобувач заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» у галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Офіційний опонент:

д.т.н., професор,

проректор з наукової роботи

Чорноморського національного університету імені Петра Могили, МОН України

Роман ДІНЖОС

Підпис Романа ДІНЖОСА засвідчую:

Нагайченко ВК

С. Геретов

