

РЕЦЕНЗІЯ

**Доктора технічних наук, професор Плаван Вікторії Петрівни
на дисертаційну роботу Свістільніка Романа Федоровича
на тему «Розробка технології електропровідних композитних покриттів
для джерел тепла технічного призначення»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія»
за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія»**

Актуальність теми дисертації.

Актуальність вибору теми дисертаційного дослідження не викликає сумніву з огляду на постійну потребу у створенні надійних, енергоефективних та безпечних нагрівальних елементів, які можуть бути легко інтегровані у різноманітні сфери застосування. У зв'язку з цим, розробка електропровідних композитів на основі полівінілбутиралу з додаванням електропровідних наповнювачів є надзвичайно актуальною задачею, що відкриває широкі можливості для створення ефективних покриттів для нагрівальних елементів технічного призначення. Інноваційні рішення в області електропровідних композитів здатні забезпечити значний економічний ефект, підвищуючи ефективність виробництва та знижуючи витрати на енергію. Крім того, нагрівальні елементи з поліпшеними характеристиками можуть знайти застосування в інших галузях, від побутових приладів до медичного обладнання, що відповідає потребам сучасного суспільства і сприяє вирішенню важливих технічних і соціально- економічних завдань.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Проведені автором теоретичні та експериментальні дослідження базуються на основних положеннях полімерного матеріалознавства, хімічних технологій та інженерії. При цьому у роботі враховані узагальнений досвід та наукові здобутки вітчизняних та закордонних вчених. Зміст дисертаційної роботи та наукових публікацій Свістільніка Р.Ф. за темою дослідження засвідчують достатню обґрунтованість і достовірність отриманих наукових результатів, зроблених висновків і пропозицій. Вони перевірені та встановлені автором при виконанні великої кількості експериментальних досліджень. Наукова обґрунтованість забезпечується використанням стандартних методів досліджень, сучасних інформаційних технологій, методів математичної статистики

Основні результати дослідження, ступінь їх наукової новизни та значущості. Отримані в процесі дослідження наукові результати в сукупності дозволили розв'язати важливе науково-прикладне завдання, яке полягає у створенні електропровідних композитних покриттів для гнучких та жорстких нагрівальних елементів технічного призначення.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному: встановлено, що введення діелектричного наповнювача, такого як карбонат кальцію, до складу електропровідних покриттів суттєво впливає на їх електричні властивості, сприяючи утворенню ефективної перколяційної структури часток. Виявлено значний вплив поверхнево-активних речовин, які, завдяки хімічному диспергуванню електропровідного наповнювача, формують стійку перколяційну структуру, покращуючи електропровідні характеристики покриття. Також було встановлено, що термічна обробка композитних покриттів, що містять полівінілбутираль, сприяє зниженню електричного опору та забезпечує стабільність його значення при наступних циклах нагрівання.

Достовірність та надійність результатів досліджень забезпечується використанням сучасних методів досліджень із залученням інформаційно-цифрових технологій, математичного апарату із застосуванням методик, визнаних в науковій спільноті. Результати виконаних досліджень підтверджуються у повному обсязі списком праць здобувача. Таким чином, наукове завдання, поставлене в дисертаційній роботі, було повністю виконано, а здобувач оволодів методологією наукової діяльності, що підтверджується отриманими результатами та їх практичною значущістю.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Свістільніка Р.Ф. є завершеною науковою працею і повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Хімічні технології та інженерія».

Зміст дисертаційної роботи свідчить про дотримання здобувачем принципів академічної доброчесності. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідні джерела, що підтверджує коректне використання наукових даних та дотримання вимог щодо цитування.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Свістільніка Р.Ф. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою, з дотриманням усіх існуючих стилістичних стандартів. Стиль викладу науковий, з використанням загальноприйнятих технічних термінів у відповідній галузі. Стиль представлення матеріалів досліджень, наукових положень і висновків забезпечує легкість та доступність сприйняття інформації.

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку джерел, а також додатків. Загальний обсяг дисертації 306 сторінок.

У **вступі** дисертації доведено актуальність обраної теми, сформульовано мету та основні задачі роботи, визначені об'єкт і предмет дослідження, наведені використані методи дослідження, висвітлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, описано особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** представлено огляд та аналіз науково-технічної і патентної літератури щодо сучасного стану досліджень і розробок електропровідних композитних покриттів, а також моделей електропровідності полімерних композитних матеріалів. Особливу увагу приділено типам та загальним характеристикам нагрівальних елементів, їх конструктивним особливостям, методам виготовлення та експлуатаційним параметрам.

В **другому розділі** наведений перелік використаних речовин, представлені їх основні характеристики та обґрунтовано їх вибір. Другий підрозділ присвячений опису використаних в ході виконання роботи методів дослідження та вказані особливі умови їх проведення. Описані методики приготування дослідних зразків. Представлено методи контролю рідкого композитного матеріалу для забезпечення стабільності та однорідності властивостей. Також розглянуто методи аплікації покриттів.

Третій та четвертий розділи дисертаційної роботи присвячені детальному дослідженню методів змішування та створення композитних електропровідних полімерних покриттів. В цих розділах ретельно проаналізовані електричні характеристики композитних покриттів і процес створення нагрівальних елементів на їх основі. Здобувачем були запропоновані та розроблені спеціальні експериментальні пристрої, необхідні для проведення комплексних досліджень.

У ході досліджень були отримані результати, які дозволили визначити оптимальний вміст електропровідного наповнювача в полімерній матриці. Це забезпечило досягнення необхідної електропровідності та достатньої адгезії до субстрату. Особлива увага була приділена дослідженню впливу циклічного нагріву композитного електропровідного покриття на його електричні та структурні властивості. Результати показали значні зміни у структурі полімерної матриці під впливом температури, що суттєво вплинуло на електропровідні характеристики покриттів.

Також у цих розділах детально описаний процес створення гнучких та жорстких нагрівальних елементів з композитних матеріалів. Проаналізовано отримані зразки при різних навантаженнях струму, що дозволило зробити висновки щодо їхньої ефективності та надійності. Це дозволяє прогнозувати необхідне та достатнє нагрівання нагрівальних елементів у різних умовах експлуатації, що має важливе практичне значення.

У **п'ятому розділі** детально описано практичні аспекти застосування результатів досліджень, запропоновані здобувачем. Зокрема, розглянуто

можливість використання нових покриттів у системах обігріву на основі гнучких та жорстких нагрівальних елементів. Значущим впровадженням результатів дослідження є розробка фарб, здатних до відбивання радіохвиль, що було проведено в рамках співпраці між КНУТД та Державною службою спеціального зв'язку та захисту інформації України, згідно з меморандумом. Це дослідження відкриває нові можливості для використання композитних матеріалів у виробі оборонного призначення. Окрему увагу приділено перспективам застосування композитних матеріалів у метаматеріалах для поглинання електромагнітного випромінювання.

У **висновках** стисло сформульовані ключові наукові і практичні результати дисертаційної роботи.

В цілому оцінюючи роботу за змістом і за якістю оформлення, можна зробити висновок про те, що вона відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44).

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 9 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичному науковому виданні, яку індексується у базі даних Scopus. Також результати дисертації були апробовані на 5 наукових фахових конференціях.

Особистий внесок автора у працях, опублікованих у співавторстві, полягає в постановці завдань досліджень, розробці методик експериментальних досліджень, участі у виконанні експериментів, узагальненні отриманих результатів, формулюванні висновків.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача. В опублікованих наукових працях автор дисертації дотримується принципів академічної доброчесності.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Важливим аспектом для практичного застосування матеріалів у реальних умовах є довгострокова стабільність та довговічність композитних покриттів при експлуатації в умовах різних температури і вологості. На жаль подібні дослідження здобувачем не проводились.

2. У роботі не було приділено достатньо уваги аналізу екологічних аспектів використання розроблених матеріалів. Було б корисно включити оцінку потенційного впливу композитних покриттів на навколишнє середовище, особливо щодо їх утилізації та переробки.

3. Не вдало сформульований *Об'єкт дослідження*. Об'єкт дослідження це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію, на вирішення якої направлене дослідження. В цьому контексті, сам процес створення полімерних електропровідних композитних покриттів, як зазначається у автора, не породжує проблемних ситуацій. Тобто об'єктом дослідження може бути процес формування електропровідних властивостей покриттів для нагрівальних елементів. Тоді цілком зрозуміло, чому автор досліджує вплив полімерної матриці, наповнювачів чи поверхнево-активних речовин на електропровідні властивості покриттів.

4. Відсутні висновки після кожного розділу дисертаційної роботи.

5. Порядок публікацій здобувача у списку публікацій не відповідає вимогам, зокрема спочатку мають бути публікації, які відображають основні результати дисертації, тобто статті у фахових і науково-метричних виданнях, а потім матеріали апробації. У здобувача перелік публікацій не систематизований.

6. Формулювання наукової новизни варто підтвердити цифрами. Зокрема якщо сказано, що введення карбонату кальцію сприяє концентруванню електропровідного наповнювача у полімерній матриці і зумовлює утворення більш ефективної перколяції часток електропровідного наповнювача, то це має позначатись на показниках електропровідності чи експлуатаційних властивостей покриттів, що можна підтвердити конкретними значеннями.

7. Масштаби рисунків 3.17, 3.18, 3.19 не дозволяють зробити однозначні висновки щодо розподілу частинок у КЕП. Можливо варто було б зображення збільшити.

8. У висновках наведені значення питомого опору для покриттів різного складу, різних типів нанесення, але відсутнє порівняння отриманих результатів із вже відомими матеріалами, представленими на ринку України. Таке порівняння тільки би підсилило наукову новизну роботи.

9. В дисертаційній роботі зустрічаються граматичні і стилістичні помилки, русизми. Бібліографія першої публікації в Списку публікацій здобувача наведена з помилками, зокрема не вказаний номер журналу де стаття опублікована.

10. В деяких місцях по тексту дисертації даються аббревіатури без розшифровки, неправомірно вживаються символи «-» дефіс, «-» тире. Деякі формули подані у текстовому форматі, а не в математичному.

11. Зустрічаються невдалі вирази. Зокрема на мою думку не вдалим є вираз...макети бойової техніки, макет може бути військової техніки, якщо це макет, то це не бойова техніка. Про це було зроблене відповідне зауваження ще на стадії розгляду дисертації, на жаль здобувач його не врахував.

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Свістільніка Романа Федоровича на тему «Розробка технології електропровідних композитних покриттів для джерел тепла технічного призначення» є цільним, завершеним, самостійним науковим дослідженням, що виконане на належному рівні. Структура та обсяг дисертації відповідає встановленим нормам. Зміст дисертації відповідає зазначеній меті та поставленим завданням, які повністю вирішені у процесі дослідження. Основні положення роботи, які виносяться на захист, мають елементи наукової новизни. Робота відповідає принципам академічної доброчесності та являє собою завершене наукове дослідження. Дисертаційна робота за змістом і структурою відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Свістільник Роман Федорович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

Офіційний рецензент:

завідувачка кафедри хімічних технологій та ресурсозбереження
Київського національного університету технологій та дизайну

Д.т.н., проф.

_____ Вікторія ПЛАВАН

М.П.

« ____ » _____ 20__ року