

**ВІДГУК**  
**офіційного опонента Сокольського Олександра Леонідовича**  
**зав. каф. хімічного, полімерного і силікатного машинобудування**  
**Інженерно-хімічного факультету**  
**Національного технічного університету України «Київський політехнічний**  
**інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України 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 ряду причин. Потреба у створенні нових надійних, енергоефективних та безпечних нагрівальних елементів, які можуть бути легко інтегровані в різні сфери застосування, є особливо актуальною в сучасному світі. Розробка електропровідних композитів на основі полівінілбутиралу з додаванням електропровідних наповнювачів відкриває широкі можливості для створення покриттів, що використовуються у нагрівальних елементах для технічних цілей. Це зумовлено постійним розвитком науково-технічних досягнень, впровадженням новітніх технологій та матеріалів, а також зростаючими вимогами до енергоефективності та безпеки.

У сучасному контексті все більшої значущості набуває ідея створення інноваційних матеріалів, здатних відповідати запитам споживачів та сучасним трендам у наукових дослідженнях і технічних розробках. Формування таких матеріалів сприяє не лише підвищенню ефективності функціонування нагрівальних елементів, але й створенню комфортного і безпечного середовища для користувачів.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна роботи полягає в:

1. Виявленні та теоретичному обґрунтуванні впливу поверхнево-активних речовин на формування стійкої перколяційної структури в полімерних композитних електропровідних покриттях.

2. Встановленні ефективності введення діелектричного наповнювача, зокрема карбонату кальцію, для утворення більш ефективної перколяційної мережі електропровідного наповнювача.

3. Дослідженні впливу термічної обробки полівінілбутиралу на зниження електричного опору та стабільність електричних властивостей покриттів при повторних циклах нагрівання.

5. Розробці технологічних схем для створення гнучких та жорстких нагрівальних елементів з використанням електропровідних композитних покриттів.

6. Пропозиції застосування композитних покриттів для макетів військової техніки, здатних відбивати електромагнітні хвилі.

7. Підтвердженні можливості використання композитних покриттів для створення метаматеріалів, які поглинають електромагнітне випромінювання. У роботі продемонстровано високу збіжність наукових результатів, отриманих експериментально, що свідчить про повне виконання наукового завдання та оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Таким чином, наукове завдання, поставлене в дисертаційній роботі, виконано повністю, і здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності. У роботі показано збіжність із задовільною точністю наукових результатів, отриманих експериментальним шляхом.

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

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

Розглянувши звіт про подібність після перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Свістільника Романа Федоровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату або несанкціонованих запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають відповідні посилання на джерела.

#### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота написана українською мовою, грамотно, відповідно до існуючих стилістичних стандартів. Стиль мовлення – науковий, з використанням загальноприйнятих технічних термінів у відповідній галузі. Стиль викладання матеріалів досліджень, наукових положень і висновків забезпечують легкість і доступність сприйняття матеріалу. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації 306 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження; зазначений зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; визначені мета, гіпотеза, завдання, об'єкт, предмет дослідження; окреслено комплекс методів; визначено експериментальну базу дослідження та етапи його організації; розкриті наукова новизна одержаних результатів, практичне значення дисертаційного дослідження та впровадження його матеріалів; представлено відомості про апробацію результатів, публікації, структуру та обсяг дисертації.

У першому розділі дисертації визначено певні тренди, пов'язані з питанням електропровідних композитних покриттів та моделей електропровідності полімерних композитних матеріалів. Здійснено огляд літературних джерел за темою дослідження, проведено аналіз типів та загальних характеристик нагрівальних елементів.

Другий розділ присвячено аналізу характеристик вихідних матеріалів та допоміжних речовин. Сформовано методику приготування дослідних зразків, описано методи контролю рідкого композитного матеріалу та методи аплікації покриттів.

Третій та четвертий розділи присвячено дослідженню методів змішування та створення композитних електропровідних полімерних покриттів. Проаналізовано електричні характеристики електропровідних полімерних композитних покриттів та створено нагрівальні елементи на їх основі. Здобувач запропонував і розробив відповідні експериментальні установки для проведення необхідних досліджень. Дослідження дали можливість встановити раціональний вміст електропровідного наповнювача в полімерній матриці, що дозволяє досягти необхідної та достатньої електропровідності й адгезії до субстрату. Виконавши циклічний нагрів композитного електропровідного покриття, здобувач отримав і проаналізував вплив циклічного нагріву на полімерні матриці. У розділі наведено процес утворення гнучких та жорстких нагрівальних елементів та проаналізовано отримані зразки при різних навантаженнях струму, що дозволяє прогнозувати необхідне й достатнє нагрівання нагрівальних елементів.

У п'ятому розділі детально описані практичні застосування результатів досліджень, запропоновані здобувачем. Зокрема, розглянуто можливості впровадження композитних електропровідних покриттів. Приділено увагу застосуванню розроблених матеріалів у виробництві гнучких та жорстких нагрівальних елементів.

Окремо розглянуто перспективи використання композитних електропровідних покриттів у створенні макетів військової техніки, здатних відбивати електромагнітні хвилі, що має важливе значення для військової техніки та оборонної промисловості. Також обговорено можливість застосування таких покриттів у створенні метаматеріалів, які поглинають електромагнітне випромінювання.

Здобувачем також запропоновано низку прикладних рішень для оптимізації процесів виробництва, що включають удосконалені методики змішування та аплікації покриттів, що дозволяє знизити витрати на матеріали та підвищити продуктивність виробництва. Наведено конкретні приклади успішного впровадження розроблених технологій у виробництво, що підтверджено результатами промислових випробувань.

У підсумку, п'ятий розділ дисертації демонструє практичну значущість досліджень, підкреслює інноваційний потенціал розроблених матеріалів та технологій, а також надає рекомендації щодо їх подальшого впровадження у промисловість.

У висновках стисло сформульовано ключові наукові та практичні результати дисертаційної роботи. Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

#### **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 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus.

Також результати дисертації були апробовані на 5 наукових фахових конференціях.

Особистий внесок здобувача в статтях включає розробку методів створення електропровідного композитного розчину, а також методів нанесення електропровідного композитного покриття. Здобувач також провів аналіз впливу полімерної матриці на електропровідність композитного покриття та дослідив вплив циклічного нагріву на електропровідне композитне покриття.

Отже, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача. Вважаю, що принципи академічної доброчесності були дотримані.

#### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи**

1. У роботі використовували декабромдифеніл оксид для зниження горючості, але не вдалося знайти успішні рецептури для впровадження при створенні нагрівальних елементів.

2. У роботі показано наявність негативного температурного коефіцієнта, що є рідкісним явищем для композитних електропровідних покриттів на основі полімерів, але не було детально описано його значущість.

3. Було виявлено можливість створення контактів (шин) методом гальваніки на нагрівальному елементі, але ця технологія не була відтворена при створенні нагрівального елемента.

4. Дисертантом було виявлено істотне зниження питомих показників опору при використанні полімерної матриці нітроцелюлози, але виявлена рецептура не набула успішного впровадження та не була досліджена при створенні нагрівальних елементів.

Висловлені зауваження, побажання мають рекомендаційний характер, а тому не ставлять під сумнів здобуті Свістільник Р. Ф. наукові результати, практичну цінність та не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

#### **Висновок про дисертаційну роботу**

Враховуючи актуальність досліджуваної проблеми, наукову новизну положень дисертації, обґрунтованість і достовірність отриманих результатів, їх теоретичну і практичну значущість, вважаємо, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Свістільника Романа Федоровича на тему «Розробка технології електропровідних композитних покриттів для джерел тепла технічного призначення» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є завершеним науковим дослідженням. Сукупність теоретичних та практичних результатів роботи розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі «Хімічна та біоінженерія». Дисертаційна робота за своєю актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю 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 Свістільнік Роман Федорович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

**Офіційний опонент:**

доцент, зав. каф. хімічного, полімерного і силікатного машинобудування  
Інженерно-хімічного факультету  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського» МОН України  
д.т.н., доцент



Олександр СОКОЛЬСЬКИЙ

М.П.

«28» 06 2024 року

