

До спеціалізованої вченої ради
PhD15852
у Київському національному
університеті технологій та дизайну,
01011, м. Київ, вул. Мала Шияновська, 2

ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата технічних наук, старшого наукового
співробітника, доцента кафедри хімічної технології переробки пластмас

Національного університету «Львівська політехніка»

Семенюк Наталії Богданівни

на дисертаційну роботу Колодія Артема Ігоровича

на тему: «Розробка акрил-уретанових покриттів із покращеними
експлуатаційними характеристиками для текстильних матеріалів технічного
призначення», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія

I. Актуальність теми дисертаційної роботи

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального науково-прикладного завдання, пов'язаного зі створенням полімерних покриттів на водній основі для надання текстильним матеріалам технічного призначення комплексу функціональних властивостей. Актуальність дослідження зумовлена зростаючою потребою у розробленні вискоєфективних текстильних матеріалів, що відповідають сучасним експлуатаційним вимогам, а також необхідністю впровадження екологічно безпечних технологій, заснованих на використанні воднодисперсійних полімерних систем замість композицій на основі органічних розчинників.

Важливе місце серед матеріалів для формування полімерних покриттів займають водні дисперсії акрилових і поліуретанових полімерів, які широко використовують для оздоблення та функціоналізації текстильних матеріалів. Поряд із суттєвими перевагами кожен із зазначених типів полімерів має певні обмеження, що зумовлює доцільність їх поєднання у складі гібридних акрил-уретанових композицій. Застосування таких композицій дає змогу формувати покриття з оптимізованим комплексом фізико-механічних, захисних та експлуатаційних характеристик і розширює можливості модифікації текстильних матеріалів технічного призначення, що експлуатуються в умовах інтенсивних механічних і кліматичних навантажень.

II. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових досліджень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, теоретичні узагальнення, висновки та практичні рекомендації, наведені в дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими, логічно послідовними та належним чином аргументованими.

Теоретичні й експериментальні дослідження виконано з урахуванням сучасних досягнень полімерного та текстильного матеріалознавства, хімічної технології й інженерії, а також із застосуванням комплексу взаємодоповнювальних методів, адекватних поставлених меті та завданням роботи. Під час виконання дисертаційного дослідження автором здійснено ґрунтовний аналіз наукових праць провідних вітчизняних і зарубіжних учених, що дало змогу визначити сучасний стан проблеми та обґрунтувати напрями власних досліджень.

Достовірність одержаних результатів забезпечується достатнім обсягом експериментальних досліджень, застосуванням сучасних фізико-хімічних методів аналізу, належною обробкою експериментальних даних та узгодженістю результатів із сучасними науковими уявленнями. Сформульовані висновки та практичні рекомендації логічно випливають із результатів проведених досліджень і є достатньо обґрунтованими.

Дисертаційну роботу виконано в межах господарського договору «Розробка технологічних параметрів функціоналізації волокнистих матеріалів із застосуванням поліуретанів» від 14.10.2025 р., укладеного з ТОВ «ТОРГОВИЙ ДІМ «ФОМТЕК».

III. Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у встановленні закономірностей фізико-хімічних процесів, що супроводжують формування гібридних акрил-уретанових покриттів на водній основі, призначених для функціоналізації текстильних матеріалів технічного призначення та надання їм комплексу покращених експлуатаційних характеристик.

Уперше проведено комплексне порівняльне дослідження акрил-уретанових покриттів на водній основі з різним співвідношенням акрилової та поліуретанової складових. На підставі сукупності результатів ІЧ-спектроскопії, диференціальної сканувальної калориметрії та термогравіметричного аналізу обґрунтовано формування за вмісту поліуретанової складової до 30 % структури з ознаками напіввзаємопроникної полімерної сітки (semi-IPN). Формування такої структури забезпечує поєднання властивостей обох полімерів і підвищує ефективність

використання гібридних покриттів для функціоналізації текстильних матеріалів технічного призначення.

Автором визначено закономірності впливу вмісту поліуретанової складової на механічні властивості акрил-уретанових плівок. Показано, що введення до складу композиції до 30 % поліуретану сприяє підвищенню границі міцності до 12,9 МПа та одночасному збільшенню відносного видовження до 420 %, тоді як для плівок, сформованих лише з акрилової дисперсії, відповідні показники становлять 10,5 МПа та 233,3 %.

Автор пов'язує одночасне підвищення міцності та збереження еластичності з формуванням оптимізованої морфології гібридного матеріалу, що характеризується рівномірним розподілом жорстких поліуретанових сегментів в акрилатній матриці та набуває ознак напіввзаємопроникної полімерної сітки (semi-IPN). У такій структурі поліефірні м'які сегменти поліуретану забезпечують еластичність покриття, тоді як поліакрилатна фаза виконує армувальну функцію, підвищуючи його міцність і стійкість до механічних навантажень.

IV. Практичне значення одержаних результатів

Розроблені технологічні режими функціоналізації текстильних матеріалів із застосуванням акрил-уретанових воднодисперсійних композицій створюють можливість розширення номенклатури текстильних матеріалів технічного призначення з покращеними експлуатаційними характеристиками. Запропоноване технологічне рішення може бути адаптоване до виробничих умов із використанням наявного обладнання, що полегшує його подальше промислове впровадження. Водночас для досягнення підвищених вимог до водотривкості необхідні додаткова гідрофобізація поверхні або подальша оптимізація режимів нанесення та термообробки покриття.

Використання воднодисперсійних акрил-уретанових композицій узгоджується із сучасними принципами «зеленої» хімії та актуальними екологічними вимогами. Запропонований підхід створює передумови для зниження екологічного навантаження завдяки мінімізації використання органічних розчинників, а також для підвищення екологічної й технологічної безпеки виробничих процесів.

Практичну цінність одержаних результатів підтверджено їх упровадженням у виробничу діяльність ТОВ «ТОРГОВИЙ ДІМ «ФОМТЕК», що засвідчено відповідним актом упровадження.

V. Повнота викладення основних наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях та апробація результатів дослідження

Основні положення та одержані наукові результати дисертаційної роботи достатньою мірою висвітлено в 11 наукових працях, зокрема у 5 статтях у фахових виданнях, 2 публікаціях у колективних наукових монографіях та 4 тезах доповідей на всеукраїнських і міжнародних конференціях. Опубліковані праці належно відображають зміст дисертаційного дослідження, його основні результати та наукову новизну.

Основні положення і результати роботи були представлені, обговорені та здобули позитивну оцінку на шести науково-практичних конференціях в Україні та за кордоном.

VI. Аналіз змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, що має чітку логічну структуру та складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і трьох додатків. Матеріали дисертації викладено на 132 сторінках. Робота містить 16 таблиць і 30 рисунків, а список використаних джерел налічує 108 найменувань та займає 12 сторінок.

У вступі належним чином обґрунтовано актуальність теми дослідження, висвітлено її зв'язок із науковими програмами, сформульовано мету та завдання роботи, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, наведено положення наукової новизни та практичного значення одержаних результатів, окреслено особистий внесок здобувача й подано відомості щодо апробації результатів дослідження.

У першому розділі на основі аналізу сучасних наукових джерел обґрунтовано доцільність розроблення гібридних акрил-уретанових покриттів на водній основі для функціоналізації текстильних матеріалів технічного призначення. Показано, що поєднання акрилової та поліуретанової складових дає змогу реалізувати переваги кожного з компонентів, а оптимізація їх співвідношення забезпечує формування покриттів із високими показниками міцності, еластичності та необхідним комплексом експлуатаційних властивостей.

У другому розділі наведено характеристику об'єкта дослідження, обґрунтовано вибір поліакрилових і поліуретанових водних дисперсій та композицій на їхній основі, а також детально описано методологічне забезпечення експериментальних досліджень. Представлено методики визначення властивостей плівкоутворювальних матеріалів, гібридних композицій і текстильних матеріалів зі сформованими покриттями.

Для встановлення особливостей взаємодії між компонентами акрил-уретанових композицій використано метод ІЧ-спектроскопії. Процеси структуроутворення, міжмолекулярну взаємодію, сумісність полімерних компонентів і температурні інтервали фазових переходів досліджували із застосуванням диференціальної сканувальної калориметрії та термогравіметричного аналізу.

Фізико-механічні властивості текстильних матеріалів оцінювали за показниками поверхневої густини, навантаження при розриві та відносного видовження під час розриву. Ефективність сформованих полімерних покриттів визначали за зміною експлуатаційних характеристик текстильних матеріалів, зокрема повітропроникності, гігроскопічності, водопоглинання, паропроникності та вологопоглинання.

Використання комплексу сучасних фізико-хімічних, термоаналітичних і фізико-механічних методів дослідження, а також сучасного комп'ютеризованого аналітичного обладнання забезпечило одержання достовірних експериментальних результатів, які стали підґрунтям для формулювання обґрунтованих наукових висновків.

У третьому розділі наведено результати досліджень, спрямованих на визначення раціонального співвідношення акрилової та поліуретанової складових у гібридних покриттях для забезпечення необхідного комплексу експлуатаційних властивостей.

Показано, що зміна вмісту поліуретанової складової суттєво впливає на міцність та еластичність сформованих полімерних плівок. Підвищення механічних характеристик автор пояснює особливостями надмолекулярної структури матеріалу, установленими за результатами ІЧ-спектроскопічних і термоаналітичних досліджень. FTIR-спектроскопічні дослідження показали, що співвідношення характеристичних смуг поглинання в областях близько 1710 см^{-1} та $1240\text{--}1070\text{ см}^{-1}$ свідчить про одночасну присутність зв'язаних і вільних карбонільних груп та вказує на формування частково впорядкованої фазової структури матеріалу. За вмісту поліуретану 30 % спостерігається виражена зміна фізико-механічних властивостей композицій, що дає підстави розглядати цю концентрацію як критичну для структурної перебудови полімерної системи.

Результати термогравіметричних досліджень підтвердили достатньо високу термічну стабільність розроблених матеріалів. Показано, що зі збільшенням частки поліуретану термостійкість композицій у певному температурному інтервалі дещо підвищується. Одержані результати не повністю узгоджуються з традиційними уявленнями щодо впливу уретанових зв'язків на термічну

деструкцію полімерів, що свідчить про визначальну роль сукупності структурних чинників у перебігу цього процесу.

За результатами диференціальної сканувальної калориметрії встановлено формування частково сумісної акрил-уретанової системи, для якої характерна наявність двох близьких температур склування. Такий характер термограм свідчить про часткове фазове розділення компонентів та міжфазну взаємодію з імовірним формуванням структури IPN-подібного типу.

У четвертому розділі наведено результати дослідження експлуатаційних характеристик текстильних матеріалів зі сформованими акрил-уретановими покриттями. Оптимальне поєднання міцності та еластичності покриття досягається за співвідношення акрилової та поліуретанової складових 70:30. При цьому показник вологопоглинання, хоча й підвищується, не перевищує встановленого обмеження. Поверхнева густина матеріалу 848,1 г/м² відповідає діапазону, характерному для окремих видів текстильних матеріалів технічного призначення.

Показано, що поєднання просочення текстильного матеріалу з подальшим нанесенням полімерного покриття валковим способом сприяє зміцненню його структури зі збереженням необхідної еластичності. Такий технологічний підхід обмежує рухливість волокон, підвищує механічну міцність матеріалу, вирівнює поверхню та сприяє формуванню більш однорідної й контрольованої пористої структури.

Встановлено, що проведення проміжної термічної обробки на стадії пресування сприяє формуванню щільного, механічно міцного та еластичного покриття із задовільними показниками паропроникності й вологопоглинання. Разом із тим водотривкість одержаних матеріалів не досягає вимог підприємства, тому для її підвищення доцільними є додаткова гідрофобізація поверхні або оптимізація режимів нанесення та термообробки покриття.

Загалом дисертаційну роботу написано грамотною українською мовою, матеріали дослідження викладено логічно й послідовно, а експериментальні дані представлено у вигляді рисунків і таблиць. Роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності. На використані ідеї, результати й тексти інших авторів наведено посилання на відповідні джерела.

VII. Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи

Дисертаційна робота є змістовною, структуровано побудованою та виконаною на високому науковому рівні. Водночас варто зазначити такі зауваження:

1. Тексти анотації українською та англійською мовами загалом відповідають один одному за структурою й основним змістом, однак не є повністю ідентичними. Доцільно уніфікувати їх, насамперед у частині викладення наукової новизни та практичного значення одержаних результатів.

2. У формулюванні наукової новизни у фразі «утворена між акриловою та поліуретановою дисперсіями» точніше з точки зору полімерної науки писати «утворена акриловою та поліуретановою фазами» або «сформована внаслідок взаємопроникнення акрилової та поліуретанової фаз», оскільки semi-IPN формується між полімерними фазами після плівкоутворення, а не між дисперсіями як колоїдними системами.

3. Недостатньо обґрунтований вибір полімерних матеріалів для дослідження, хоча цілком правильний. Автору варто було б звернути увагу не тільки на їх доступність і прийнятну ціну, але на особливості хімічної будови чи синтезу, плівкоутворювальну здатність та сумісність компонентів.

На сторінці 42 у переліку використаних полімерних матеріалів зазначено дисперсію Vinavil EVA 1612, однак її характеристику, роль у дослідженні та результати експериментального вивчення в подальшому тексті дисертації не наведено. У таблицях і висновках аналізуються лише дисперсії Plextol UltraFine PR 3500, CRILAT 4815 та Impranil DLP-R. Доцільно було вилучити її з переліку досліджуваних матеріалів.

4. У розділі 3 не наведено ТГА/ДТГ-криві акрил-уретанової плівки зі співвідношенням складових 60:40 і 40:60, хоча відповідні параметри термоокиснювальної деструкції подано в таблиці. Також відсутні ДСК-термограми зразків за співвідношення 80:20 і 20:80, для яких наведено температури склування.

5. У четвертому розділі зазначено, що комбінування просочення з подальшим нанесенням покриття валиком забезпечує підвищення адгезії. Однак результати безпосереднього визначення адгезії в роботі не наведено. Доцільно було б сформулювати цей висновок як припущення, що ґрунтується на літературних даних.

6. Дослідження властивостей текстильних матеріалів в умовах сертифікованої лабораторії «Текстиль-Тест» підтверджує їх належний рівень. Разом із тим для підвищення статистичної обґрунтованості отриманих результатів доцільно було б навести в дисертації довірчі інтервали або інші показники статистичної достовірності (стандартне відхилення, довірчі межі, коефіцієнт варіації тощо), що дозволило б більш повно оцінити відтворюваність і статистичну значущість експериментальних даних.

7. У роботі неодноразово використано термін «водорозчинні полімерні дисперсії» (с. 4, 19, 42 і 58). Оскільки полімер у таких системах перебуває у вигляді дисперсної фази, а не молекулярного розчину, коректніше послідовно використовувати терміни «водні полімерні дисперсії» або «воднодисперсійні полімерні системи».

8. За результатами випробувань водотривкість найкращих варіантів досліджуваних текстильних матеріалів становить 100 мм вод. ст., а за вимогою підприємства це значення повинно бути не менше 550 мм вод. ст. Тому практичну придатність матеріалів доцільно конкретизувати за сферами застосування, а також обговорити, як додаткова гідрофобізація може вплинути на паропроникність, еластичність і міцність покриття.

9. Є деякі граматичні, стилістичні та орфографічні помилки. Наявні незначні помилки в оформленні рисунків, таблиць і літературних джерел. Наприклад, на с. 76 ІЧ-спектр у третьому розділі підписано як «Рисунок 2.9», хоча відповідно до структури розділу має бути «Рисунок 3.9». На с. 88 у тексті наведено посилання на таблицю 3.4, хоча відповідні результати подано в таблиці 3.8 на наступній сторінці. Дисперсію Plextol подано як Plextol UltraFine PR 3500 і Plextol UltraFine PR 3500K, тому потрібно уніфікувати назви. Літературні джерела № 12 і № 20 фактично дублюють одну й ту саму публікацію, а в джерелі № 13 DOI наведено неповністю – лише «<http://dx.doi.>».

Наведені зауваження та рекомендації не мають принципового характеру, не знижують загального позитивного враження від роботи та не применшують її наукового внеску і практичної цінності.

VIII. ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота Колодія А. І. «Розробка акрил-уретанових покриттів із покращеними експлуатаційними характеристиками для текстильних матеріалів технічного призначення» є завершеною, самостійно виконаною науково-дослідною роботою, що містить теоретичні та експериментальні результати, які мають наукове і практичне значення для розвитку технологій полімерних покриттів та технічного текстилю.

Дисертацію виконано державною мовою. Стиль і послідовність викладення основних положень дослідження загалом відповідають вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, а висновки науково обґрунтовані та підтверджуються результатами проведених досліджень.

Таким чином, дисертаційна робота Колодія Артема Ігоровича «Розробка акрил-уретанових покриттів із покращеними експлуатаційними характеристиками

для текстильних матеріалів технічного призначення», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за актуальністю, ступенем новизни, науковим рівнем та практичною цінністю відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України «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, автор дисертації, Колодій Артем Ігорович, на основі публічного захисту, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 161 – хімічні технології та інженерія.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук,

старший науковий співробітник,

доцент кафедри хімічної технології переробки пластмас

Національного університету «Львівська політехніка»

Наталія СЕМЕНЮК



Підпис к.т.н., с.н.с., доцента кафедри ХТПП

Наталії Семенюк

«ЗАСВІДЧУЮ»:

Проректор



Ірина ХРЕМУЧУК