

ВІДГУК

офіційного рецензента на дисертаційну роботу

Савчука Андрія Петровича

на тему «Фізична модифікація в технологічних процесах переробки

полівінілхлориду»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія» за спеціальністю 161 «Хімічні

технології та інженерія»

Актуальність теми дисертації. Дисертаційна робота Савчука Андрія Петровича є своєчасною та актуальною через зростання попиту на розробку нових технологій циклічної переробки ПВХ. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю створення ефективних технологій циклічної переробки ПВХ, які відповідають принципам сталого розвитку та циркулярної економіки. ПВХ є одним із найпоширеніших полімерів, відходи якого становлять значну екологічну проблему через низьку термостійкість і складний хімічний склад. Водночас повторне використання цього матеріалу здатне суттєво скоротити споживання первинної сировини й енерговитрати у виробництві.

Актуальною задачею є не лише перероблення відходів, а й розроблення технологій багаторазової циклічної переробки первинного ПВХ, що забезпечують стабільність його властивостей. Це потребує раціоналізації складу композицій та використання ефективних фізичних модифікаторів, таких як стабілізаторів, лубрикантів, пластифікаторів і наповнювачів, які підвищують термостійкість полімеру та дозволяють уникнути його деградації під час повторного переплавлення. Розв'язання цього завдання має як наукову, так і практичну значущість, оскільки сприяє підвищенню екологічної безпеки та ресурсоефективності полімерної галузі.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи Савчука Андрія Петровича полягає дослідженні стабілізації ПВХ композицій під час їх

переробки в режимі ПЦП та ПЗЦП. Встановлено, що оптимальна композиція містить стабілізатор Ca/Zn — 4 мас. ч., лубрикант Licowax PE 520 — 0,5 мас. ч., пластифікатор DOTP — 1,7 мас. ч. та наповнювач Omyacarb 2T-КА — 20 мас. ч. Такий склад забезпечує стабільність показника течії розплаву (ПТР) на рівні 1,5–1,6 г/10 хв і збереження механічних властивостей після п'яти циклів переплавлення, відтермінування часу початку термоокиснювальної деструкції на 20–35%, а також зменшення швидкості деструкції на 0,6–0,8 %/хв модифікованих композицій. Встановлено, що оброблений наповнювач карбонат кальцію виступає додатковим стабілізатором ПВХ за рахунок наявного на поверхні стеарату кальцію та вільної стеаринової кислоти, що дозволяє зберегти колір ПВХ композиції незмінним протягом 5 циклів переробки в процесі циклічної переробки. Визначенні впливу лубрикантів на енергію активації течії ПВХ композиції при циклічній переробці. Встановлено, що введення поліетиленового воску у кількості 0,5-1,0 мас. ч., ефірного лубриканту - 0,3-0,7 мас. ч. та амідного лубриканту - 0,2-0,5 мас. ч. дозволяє зберегти індекс жовтизни композиції на рівні, придатному до подальшого застосування.

Достовірність отриманих результатів забезпечується застосуванням сертифікованих методик дослідження механічних властивостей згідно ISO 527-2:2012, показники течії розплаву (ПТР) визначали відповідно до стандартів ASTM D1238 та ISO 1133-1, Густина зразків встановлювали методом гідростатичного зважування згідно зі стандартом ISO 1183-1:2019, Кольориметричні характеристики (ступінь білизни, жовтизни та координати кольору) визначали за стандартом ASTM E1164, для реологічного аналізу використовували сучасне обладнання - реометр RM-200C.. Результати досліджень супроводжуються статистичною обробкою, зокрема для встановлення залежностей між концентрацією термостабілізаторів, лубрикантів, пластифікаторів, наповнювачів і функціональними характеристиками, а також побудовою трендів, що корелюють із сучасними теоретичними моделями провідності в композитах.

Обґрунтованість наукових результатів підтверджується чіткою логікою структури дисертації, послідовністю виконання поставлених завдань і детальною аргументацією вибору матеріалів, і технологічних режимів переробки. Автором здійснено всебічний аналіз впливу складу композицій, способу їх формування та параметрів циклічної переробки на кінцеві властивості матеріалів. Порівняння отриманих експериментальних результатів з аналогами, наведеними у вітчизняній і зарубіжній науковій літературі, підтверджує їх відповідність сучасному рівню наукових знань, а в окремих випадках — перевищує його, що є свідченням високої наукової цінності та оригінальності виконаної роботи.

Таким чином, усі поставлені в дисертаційній роботі наукові завдання виконано в повному обсязі, результати є достовірними, новими та добре обґрунтованими, а сам здобувач продемонстрував належний рівень володіння методологією наукових досліджень у галузі хімічних технологій та інженерії.

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

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

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Хімічні технології та інженерія».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Савчука Андрія Петровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Матеріал викладено послідовно та логічно, із чітким дотриманням структури наукової роботи: від постановки мети дослідження до формулювання висновків. Кожен розділ логічно впливає з попереднього, що сприяє цілісному сприйняттю інформації.

Стиль мовлення відповідає вимогам наукового стилю: використано об'єктивну, нейтральну лексику, уникається емоційність та суб'єктивні оцінки. Текст лаконічний, інформативний, з дотриманням норм академічної доброчесності.

Інформація подається доступною мовою, зрозумілою для фахівців відповідної галузі. Разом із тим, автор дотримується загальноприйнятої наукової термінології, що свідчить про професійний рівень викладення та орієнтацію на академічну аудиторію.

Використання ілюстративного матеріалу (таблиць, графіків, схем) додатково підсилює зміст тексту та робить його більш наочним. Обґрунтування гіпотез, аналіз результатів і формулювання висновків виконано чітко та аргументовано.

Загалом, текст відзначається високим рівнем академічної культури, науковою коректністю та стилістичною виваженістю.

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 254 сторінки.

У вступі обґрунтовано важливість обраної теми, її значення для науки та практики, наявність невирішених проблем у цій галузі.

У першому розділі здобувач узагальнив сучасні літературні дані щодо властивостей, структури та сфер застосування полівінілхлориду як одного з найбільш поширених термопластичних матеріалів. Проаналізовано вплив методів полімеризації та рецептурного складу на перероблюваність і експлуатаційні характеристики ПВХ, а також роль основних груп добавок — пластифікаторів, стабілізаторів, лубрикантів, наповнювачів і полімерних модифікаторів. Розглянуто основні технології переробки ПВХ та підходи до його повторного використання, включаючи механічні й хімічні методи, з

акцентом на їх переваги та обмеження. Показано, що ключові проблеми рециклінгу ПВХ пов'язані з деградацією полімерного ланцюга, міграцією добавок, екологічними обмеженнями щодо стабілізаторів і складністю сортування змішаних потоків відходів. Узагальнено сучасні напрями модифікації ПВХ та обґрунтовано доцільність фізичної модифікації як ефективного інструменту підвищення стабільності властивостей матеріалу при багаторазовій переробці, що визначило наукову логіку та подальший напрям експериментальних досліджень.

У **другому розділі** представлено експериментальну стратегію дослідження та обґрунтував підбір вихідної сировини, добавок і модельних рецептур для вивчення поведінки ПВХ-композицій за умов багаторазової переробки. Описано принципи формування композицій, що імітують промислові рецептури жорсткого та частково пластифікованого ПВХ, а також технологічні режими підготовки, змішування й екструзійної обробки матеріалу. У розділі систематизовано методи контролю реологічних, фізико-механічних і термостабільних характеристик ПВХ, зокрема показників текучості розплаву, міцності, деформаційної здатності та ударної в'язкості. Обґрунтовано вибір кількості циклів переплавлення й підходи до введення вторинної сировини як критерії оцінки структурної стабільності матеріалу. У цілому розділ визначає методичні засади досліджень і забезпечує відтворюваність експериментальних результатів, покладених в основу подальшого аналізу ефективності фізичної модифікації ПВХ.

У **третьому розділі** подано аналіз експериментальних результатів щодо впливу комплексу фізичних модифікаторів на поведінку ПВХ-композицій за умов багаторазового термічного навантаження. Досліджено закономірності зміни реологічних показників і фізико-механічних характеристик матеріалу при варіюванні складу пластифікаторів, стабілізаторів, лубрикантів і наповнювачів. Визначено оптимальні поєднання та концентрації компонентів, що забезпечують збереження в'язкопружних властивостей і механічної міцності ПВХ у процесі послідовної та змішаної циклічної переробки. Показано, що раціональна фізична модифікація сприяє уповільненню деградаційних процесів,

підвищенню термостабільності та зниженню втрати експлуатаційних показників після повторного переплавлення. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованих рецептурних рішень і слугують науковою основою для їх подальшого впровадження у технологічну практику.

У четвертому розділі здобувач навів результати дослідження впливу комплексної фізичної модифікації на стабільність властивостей ПВХ-композицій у процесі багаторазової переробки. Розглянуто поведінку матеріалу за умов послідовної та послідовно-змішаної циклічної переробки з використанням вторинної сировини. Встановлено закономірності зміни реологічних і фізико-механічних характеристик ПВХ залежно від кількості циклів переплавлення та вмісту регенерату. Показано, що застосування раціонально підібраної системи пластифікаторів, стабілізаторів і лубрикантів забезпечує збереження структурної цілісності матеріалу, уповільнює термодеструкційні процеси та дозволяє підтримувати експлуатаційні показники на прийнятному рівні при повторному використанні. Отримані результати підтверджують доцільність впровадження запропонованого підходу для реалізації замкнених циклів переробки ПВХ-композицій.

У п'ятому розділі наведено результати практичної апробації розроблених технологічних рішень та їх впровадження в умовах лабораторного й промислового виробництва. На основі отриманих експериментальних даних запропоновано підхід до фізичної модифікації ПВХ-композицій, спрямований на забезпечення стабільності реологічних і фізико-механічних властивостей матеріалу при багаторазовій циклічній переробці. Ключовим практичним результатом є розроблення та впровадження технології введення пластифікатора у вигляді сухого концентрату, яка була апробована на промислових підприємствах **ТОВ «Екопласт Центр» (м. Бровари)** під час виробництва ПВХ-труб та **ТОВ «Ластрен» (м. Бровари)** при виготовленні жорстких ПВХ-плівок. Показано, що застосування запропонованої добавки забезпечує рівномірний розподіл пластифікуючої фази, зменшення її втрат у процесі екструзії та підвищення відтворюваності властивостей готової продукції. Отримані результати підтверджують ефективність фізичної

модифікації як інструменту масштабування ресурсозберігаючих і екологічно орієнтованих технологій переробки ПВХ у промислових умовах.

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

Основні положення і результати дисертаційного дослідження відображено у 10 наукових роботах, з них 2 статті у наукових фахових виданнях України; 1 стаття у виданнях, які входять до міжнародних науко-метричних баз Scopus та/або Web of Science Core Collection. Також результати дисертації були апробовані на 7 наукових фахових конференціях.

Наукові публікації свідчать про високий рівень теоретичної підготовки, володіння сучасними методами дослідження та глибоке розуміння актуальних проблем у сфері хімічних технологій та інженерії. Тематика публікацій відповідає напрямку дослідження та демонструє поступовий розвиток наукової думки, від постановки проблеми до практичної реалізації результатів.

У публікаціях простежується самостійність викладення матеріалу, аргументованість наукових висновків, коректне посилання на джерела інформації. Автор дотримується загальноприйнятої наукової термінології, чітко формулює мету та завдання досліджень, логічно структурує текст та обґрунтовує результати.

Здобувач дотримується принципів академічної доброчесності, зокрема, коректно використовує джерела та посилання на праці інших дослідників, не виявлено фактів плагіату або самоплагіату, дотримується етичних норм у поданні результатів.

Публікації охоплюють як фахові видання, так і матеріали конференцій, що підтверджує активну наукову діяльність та зацікавленість у професійному зростанні.

Загалом, науковий доробок здобувача характеризується високим рівнем академічної якості та повною відповідністю вимогам до наукових публікацій у вищій освіті та науці. Наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

- 1. У роботі основний акцент зроблено на дослідженні фізичної модифікації ПВХ-композицій, що є обґрунтованим з огляду на поставлену мету. Разом з тим, розширення експериментальної частини за рахунок порівняльного аналізу з іншими підходами до модифікації ПВХ могло б доповнити загальну картину та поглибити інтерпретацію отриманих результатів.**
- 2. Експериментальні дослідження виконано з використанням окремих марок ПВХ і стабілізаційних систем, які є типовими для промислової практики. Водночас залучення ширшого спектра сировини та рецептур могло б розширити область застосування встановлених закономірностей.**
- 3. Оцінка стабільності властивостей ПВХ-композицій ґрунтується переважно на результатах багаторазової циклічної переробки та стандартних фізико-механічних випробувань. Подальше дослідження впливу довготривалих факторів експлуатації, таких як кліматичне старіння або дія агресивних середовищ, могло б стати перспективним напрямом продовження роботи.**
- 4. Практична апробація запропонованих технологічних рішень здійснена в умовах лабораторних і окремих промислових виробництв, що підтверджує їхню реалізованість. Разом із тим, подальше масштабування та впровадження на ширшому колі виробничих ліній дозволило б отримати додаткові дані щодо універсальності та адаптивності розробленої технології.**

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Савчука Андрія Петровича на тему «Фізична модифікація в технологічних процесах переробки полівінілхлориду» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія».

Дисертаційна робота за 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 Савчук Андрій Петрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

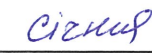
Офіційний опонент:

асистент кафедри хімічних технологій
та ресурсозбереження
Київського національного університету
технологій та дизайну,

к.т.н.

/  / Олександр СЛЄПЦОВ



«21»  2026 року