

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу

Прокопа Романа Івановича

«Регенерація відпрацьованих напівсинтетичних олив»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія
(галузь знань 16 – Хімічна інженерія та біоінженерія)

Актуальність теми

Вивчення рукопису дисертаційної роботи дозволило дійти висновку, що дисертаційна робота Прокопа Р.І. присвячена вирішенню **актуального науково-прикладного завдання** щодо регенерації відпрацьованих напівсинтетичних моторних олив після їх використання у бензинових і дизельних двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ).

Сьогодні утилізація відпрацьованих олив є однією з найважливіших екологічних проблем, що постала перед людством. Вирішення цієї антропогенної проблеми можна здійснювати кількома найбільш ефективними методами: вторинне перероблення для отримання компонентів для базової сировини; регенерація відпрацьованих олив для отримання очищених олив з метою їх повторного застосування; перероблення різних сумішей відпрацьованих олив для одержання додаткової кількості котельного палива; використання як додаткових компонентів інших важких нафтових палив.

Нагальне вирішення цієї еколого-економічної проблеми є важливим завданням для економіки нашої держави, так як левову частку відпрацьованих мастильних матеріалів в Україні недосконало.

На підставі аналізу формальних сторін дисертації **Прокопа Р. І.**, вимог до оформлення та представлення результатів дослідження, можна дійти висновку, що поставлені в роботі завдання досліджень доведені до кінцевого логічного вирішення, а сама дисертація є завершеною науково-дослідною працею та відповідає встановленим на сьогодні вимогам.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.

Наукові положення, висновки, технічні рішення, що сформульовані в дисертаційній роботі, теоретично обґрунтовані, а їх достовірність підтверджується результатами експериментальних досліджень (розділи 3–5), що теоретично обґрунтовані автором. Усі висновки базуються на великому масиві аналітичних і експериментальних даних, одержаних з використанням сучасних стандартних і науково обґрунтованих методів досліджень.

Тема дисертаційної роботи **Прокопа Р. І.** безпосередньо пов'язана з **пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки України** згідно з п. 3 «Енергетика та енергоефективність» і п. 4 «Раціональне природокористування»

статті 3 Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» (зі змінами від 12.01.2023 р.), а також відповідає науковому напрямку кафедри хімічної технології переробки нафти і газу Національного університету «Львівська політехніка» і виконувалась у межах науково-дослідної роботи «Розроблення методів регенерації й утилізації відпрацьованих нафтопродуктів та одержання паливно-мастильних компонентів з відновлювальних джерел сировини» (№ ДР 0118U000414), де здобувач була виконавцем.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується результатами відповідних експериментальних досліджень (розділи 3, 4), а також апробацією на 12 конференціях різного рівня, актом упровадження у навчальний процес.

Наукові положення, практичне значення та висновки дисертації логічно побудовані у контексті мети та сформульованих завдань, експериментально доведені та теоретично обґрунтовані.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із анотації двома мовами, переліку умовних скорочень, списку використаних джерел літератури, вступу, п'яти розділів, висновків, 1 додатку. Загальний обсяг дисертації складає 174 сторінки, з них: 26 рисунків, 31 таблицю, список використаної літератури зі 134 найменування, 1 додаток. Рисунки, таблиці, додатки та список джерел використаної літератури займають 18 сторінок.

До основних нових наукових результатів дисертації за інтерпретацією автора належить наступне:

- вперше з використанням методів диференційно-термічного, рентгенофлуоресцентного та ІЧ-спектроскопічного аналізу детально вивчено основні закономірності процесу старіння напівсинтетичних моторних олив марок Castrol 10W-40 та Elf Evolution 700 STI після їх експлуатації у дизельному та бензиновому ДВЗ;

- встановлено доцільність застосування кристалічного карбаміду у регенерації ВНСМО для зниження значення кислотного числа. Підтверджено, що застосування кристалічного карбаміду є кращим варіантом, аніж використання водних розчинів карбаміду, що запобігає під час здійснення процесу регенерації ВНСМО утворенню оливних емульсій, що вкрай негативно впливають на експлуатаційні властивості очищуваних олив;

- доведено ефективність застосування методу термоокисної регенерації ВНСМО та підтверджено, що під час здійснення даного методу мають місце хімічні процеси доокиснення первинних продуктів старіння, що можна вилучати методом вакуумної перегонки.

Практичне значення отриманих результатів.

Практичну цінність дисертації автор позиціонує у такий спосіб:

- запропоновано метод очищення ВНСМО кристалічним карбамідом від кисневмісних продуктів окиснення (старіння) оливних вуглеводнів. Експериментально встановлено, що в очищеній напівсинтетичній оливі відбувається

зниження вмісту кисневмісних продуктів окиснення оливних вуглеводнів на 14-16 % порівняно з вихідною ВНСМО. Оптимальними параметрами процесу є температура 140-145°C, тривалість 80-85 хв, кількість кристалічного карбаміду 5,0-5,5 % мас. у розрахунку на відпрацьовану оливу;

- запропоновано метод термоокисної регенерації ВНСМО. Експериментально встановлено оптимальні чинники здійснення процесу: температура 195-205°C, тиск 2,0-2,5 МПа, тривалість 2,0-2,1 год. Цей метод дозволяє покращити в'язкісно-температурні властивості, зменшити значення КЧ, вміст води, механічних домішок, зольності й коксівності. Після здійснення запропонованого методу очищення ВНСМО отримано якісний компонент для базових олив;

- запропоновано принципову схему установки комплексної регенерації ВНСМО та технологічну карту даного процесу, складено матеріальний баланс запропонованого процесу й здійснено наближений економічний розрахунок комплексного процесу.

Підтверджується практична значимість актом упровадження у навчальний процес (додаток А).

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Результати досліджень опубліковані у 4 працях, серед яких: 2 статті входять до міжнародних науково-метричних баз, решта у наукових фахових виданнях України, 12 тез у матеріалах конференцій різного рівня.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі (стор. 12-15).

Опубліковані праці цілком відображають основний зміст дисертаційної роботи та відповідають вимогам пункту 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44 (зі змінами згідно Постанови КМ № 341 від 21.03.2022).

Публікації здобувача висвітлюють основні наукові положення дисертації, зокрема, ті, що автор виносить на захист, а також характеризують особистий внесок дисертанта.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

У вступі автором обґрунтовано актуальність обраної теми та завдань дослідження, сформульовані мета, об'єкт і предмет дослідження, та основні завдання дослідження, наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, визначено особистий внесок здобувача, відзначена апробація результатів дисертації.

У першому розділі здобувач виконав аналітичний огляд вітчизняних і світових джерел інформації. Тут розглянуто загальні відомості про накопичення та використання відпрацьованих олив. Наведено аналітичну інформацію щодо кількості утворених відпрацьованих олив в Україні та світі, описано різноманітні сучасні варіанти їх утилізації. Відпрацьовані оливи відносяться до надзвичайно токсичних продуктів з вкрай низьким ступенем їх біорозкладу у довкілля, кількість яких у світі постійно щорічно зростає. Доведено, що найбільш ефективним методом

їх утилізації є саме регенерація. Як відомо, правильно обраний метод регенерації відпрацьованих олив забезпечує досить високий вихід регенованих оливи, вартість яких на 45-80 % дешевша за вартість товарних оливи. В огляді літератури автором подано узагальнену класифікацію сучасних методів регенерації відпрацьованих оливи. Здійснено аналіз різноманітних сучасних технологій регенерації відпрацьованих оливи. Було встановлено, що значна більшість з відомих на сьогодні технологій регенерації не може бути використана як самостійний процес, що вимагає залучення додаткових проміжних стадій очищення регенованих оливи для покращення значень їх експлуатаційних властивостей. Однак, як було неодноразово доведено, поєднання декількох технологій регенерації відпрацьованих оливи в єдиний комплексний процес забезпечує високий вихід якісних регенованих оливи з незначним виходом побічних продуктів процесу.

У другому розділі автором подано загальну характеристику нових і відпрацьованих оливи, допоміжних речовин й реагентів, що були використані у проведених наукових дослідженнях. Подано опис методик проведення аналізів та експериментів нових й відпрацьованих напівсинтетичних оливи, а також отриманих продуктів їх регенерації.

У третьому розділі представлено результати дослідження щодо закономірностей процесів старіння НСМО внаслідок їх використання у бензиновому та дизельному ДВЗ. Виконаними дослідженнями було встановлено зміну значень експлуатаційних властивостей як нових, так і відпрацьованих напівсинтетичних оливи до та після експлуатації їх у ДВЗ.

Методом диференційно-термічного аналізу ВНСМО визначено їх термічну стійкість. Виконаними рентгенофлуоресцентним та ІЧ-спектральним методами аналізу було встановлено та доведено зміну неорганічної та органічної частин ВНСМО. На основі отриманих результатів виконаних наукових досліджень було запропоновано механізм перетворень компонентів моторних оливи внаслідок їх експлуатації в ДВЗ. Отримані результати наукових досліджень підтверджують інформацію про зміну якісного та кількісного складу ВНСМО, що було використано для підбору оптимальної технології їх регенерації.

У четвертому розділі обґрунтовано можливість залучення процесу вакуумної перегонки для очищення ВНСМО. Отримана, таким чином, оливна фракція НСМО відзначалась незначним зростанням значення індекса в'язкості, зниженням значень кислотного числа, вмісту механічних домішок, коксивності, відсутності вмісту води й асфальто-смолистих речовин. Рентгенофлуоресцентним аналізом встановлено зниження вмісту неорганічних елементів в оливній фракції НСМО після її вакуумної перегонки. ІЧ-спектральним аналізом підтверджено зниження кількості кислотних та кисневмісних сполук в отриманій оливній фракції очищеної НСМО. Однак, отримана оливна фракція НСМО вимагає залучення додаткових методів доочищення для повного видалення кисневмісних продуктів старіння ВНСМО.

Запропонований метод вакуумної перегонки ВНСМО не може бути використаний як окремий процес. Запропоновано метод очищення відпрацьованих напівсинтетичних моторних оливи кристалічним карбамідом. Для успішного здійснення запропонованого процесу було встановлено оптимальні умови даного процесу.

Використання кристалічного карбаміду забезпечує видалення з ВНСМО кисневмісні продукти старіння, зменшити вміст механічних домішок та незначно

покращити значення в'язкісно-температурних властивостей. Отримані результати проведених досліджень були підтверджені рентгенофлуоресцентним та ІЧ-спектральним методами аналізів. Запропонований метод використання кристалічного карбаміду не забезпечив повного відновлення експлуатаційних властивостей регенованих напівсинтетичних олів. Однак, цей спосіб може слугувати, за твердженням автора, окремою стадією комбінованого процесу регенерації відпрацьованих напівсинтетичних моторних олів.

Запропоновано можливість використання методу термоокиснення для регенерації відпрацьованих напівсинтетичних моторних олів. Проведеними дослідженнями було вивчено вплив чинників процесу на експлуатаційні властивості очищених НСМО та встановлено оптимальні умови здійснення даного процесу.

Використання запропонованого методу термоокисної регенерації відпрацьованих олів дозволило отримати регеновану напівсинтетичну оливу, що за значенням своїми експлуатаційних властивостей наближається до товарних олів. Доведено, що застосування даного методу забезпечує покращення в'язкісно-температурних властивостей, зниження кислотного числа, вмісту води та механічних домішок, зольності та коксивності регенованих олів. Рентгенофлуоресцентним та ІЧ-спектральним методами аналізу встановлено зміну складу неорганічної та органічної частин регенованих олів.

Доведено, що даний запропонований метод регенерації відпрацьованих олів не може використовуватись як самостійний процес, а лише як проміжна стадія комбінованого процесу регенерації відпрацьованих олів.

У п'ятому розділі автором запропоновано основи технології регенерації ВНСМО. Тут розроблено та запропоновано поточну схему комплексного методу регенерації ВНСМО, що включає послідовне здійснення термоокисної регенерації, вакуумної перегонки та доочищення кристалічним карбамідом. Для запропонованої поточної схеми комплексного методу регенерації ВНСМО розроблено технологічну карту процесу; розраховано матеріальний баланс процесу, а також собівартість отриманої регенованої оливи. Запропонованою технологією комплексної регенерації ВНСМО було здійснено регенерації відпрацьованих напівсинтетичних моторних олів Castrol 10W-40 і Elf Evolution 700 STI та підтверджено ефективність запропонованої технології.

Академічна доброчесність

Результати дослідження, що винесено автором на захист, отримані самостійно та містяться в опублікованих працях. У працях, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, що є результатом індивідуальних наукових пошуків (персональний внесок описано у дисертації на стор. 12-15).

Невідповідності вимогам академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації Прокопа Р. І., не виявлено.

Тема дисертаційної роботи Прокопа Р. І. безпосередньо пов'язана з **пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки України** згідно з п. 3 «Енергетика та енергоефективність» і п. 4 «Раціональне природокористування» статті 3 Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» (зі змінами від 29.01.2021 р.).

Поставлені завдання у контексті сформульованої мети досягнуто та доведено до логічного завершення.

Відзначаючи задовільний науковий рівень дисертаційної роботи Прокопа Р. І., слід відзначити, що робота не позбавлена певних зауважень, дискусійних аспектів і рекомендацій, а саме:

1. Формулювання предмету дослідження вимагає додаткового обґрунтування. У контексті мети дисертації, об'єкту дослідження доцільно було б доповнити формулювання параметрами процесу, властивостями олив тощо.

2. За текстом дисертації не формалізовано гіпотезу дослідження, що, на думку опонента, викликало не повне відображення наукової новизни та науково-прикладного завдання, що вирішується. У формулюванні автора «... *детально вивчено закономірності процесу старіння напівсинтетичних моторних олив марок Castrol 10W-40 та Elf Evolution 700 STI після їх експлуатації у дизельному та бензиновому ДВЗ*». Дискусійним є вибір саме таких марок олив як **Castrol 10W-40** та **Elf Evolution 700 STI** (розділ 2). Чому саме ці марки?

3. Другий пункт наукової новизни більше відображає практичну цінність досліджень автора.

4. Перший пункт практичного значення більше відображає наукову новизну досліджень автора.

5. Перший розділ дисертації насичений літературними даними, зокрема про способи регенерації. Варто було б послатись на відповідне джерело та скоротити обсяг розділу, а також акцентувати увагу на доробках вітчизняних науковців у цій галузі.

6. Автор застосував термогравіметричний аналіз для виконання низки досліджень. Але з матеріалів, викладених у дисертації, не достатньо, на погляд опонента, інтерпретовані отримані експериментальні дані за допомогою даного наукоємного методу. Тут необхідно додаткове обґрунтування використання даного методу, отриманих ним результатів і їх адекватності.

8. Вимагає додаткового обґрунтування застосування кристалічного карбаміду для регенерації відпрацьованих напівсинтетичних моторних олив (розділ 4). У чому перевага саме кристалічного карбаміду перед іншими речовинами?

9. Вивчення 5 розділу дисертації виявило необхідність додаткового пояснення універсальності запропонованого автором комплексного методу регенерації ВНСМО (рис. 5.1). Для такого твердження в роботі бракує порівняльних даних.

10. Другий висновок дисертації сформульовано у декларативному стилі. Тому логічне дискусійне запитання – які причини та який механізм перетворення вуглеводневих компонентів напівсинтетичних моторних олив після їх використання у ДВЗ встановлено автором?

11. Сьомий висновок дисертації подано декларативно. Вимагає уточнення та конкретизації у контексті сформульованого.

12. Текст даної дисертації не позбавлений редакційних, стилістичних, термінологічних і технічних помилок.

Однак, виявлені зауваження та дискусійні аспекти не знижують науково-практичної цінності дисертаційної роботи. Наукова новизна, практичне значення результатів наявні та їх апробація аргументовані, кількість публікацій достатня та їх зміст відповідають встановленим вимогам і відображають зміст дисертації.

Стверджую, що дана дисертація має чітко виражений прикладний характер.

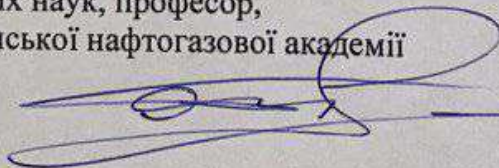
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Всебічний аналіз дисертаційної роботи **Прокопа Р. І.** «Регенерація відпрацьованих напівсинтетичних олив» свідчить про те, що вона є завершеною, цілісною самостійною кваліфікаційною працею, логіка і внутрішня структура якої підпорядкована поставленій меті, завданням і вирішує актуальне науково-прикладне завдання.

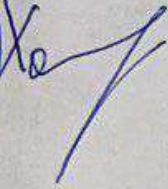
Теоретичне і практичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи полягає в тому, що представлені автором висновки й рекомендації знаходяться у контексті розвитку напрямів і пріоритетів інноваційного розвитку країни, зокрема, у сферах розширення сировинних ресурсів нафтопереробної галузі та поводження з відходами через упровадження технологій регенерації відпрацьованих олив.

За сукупністю якісних і формальних ознак щодо актуальності обраної теми, обґрунтованості наукових положень, практичного значення висновків і рекомендацій, їх достовірності й новизни дана праця відповідає вимогам, передбаченим Наказом Міністерства науки та освіти від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» (зі змінами, внесеними Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019) та Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (зі змінами згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 341 від 21.03.2022), а її автор, **Прокоп Роман Іванович**, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія (галузь знань 16 – Хімічна інженерія та біоінженерія).

Завідувач кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів НН ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського, доктор технічних наук, професор, академік Української нафтогазової академії



Підпис професора Бойченка С. В. **ЗАСВІДЧУЮ:**
Вчений секретар КПІ ім. Ігоря Сікорського



Валерія ХОЛЯВКО