

## Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу Прокопа Романа Івановича «Регенерація відпрацьованих напівсинтетичних моторних олив», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 161 – хімічні технології та інженерія

### 1. Актуальність теми дисертації

Відомо, що у світі щорічно населенням планети споживається надзвичайно велика кількість нафтопродуктів. Їх умовно поділяють на невідновлювальні: бензин, дизельне, авіаційне, реактивне, котельне паливо, флотський мазут та відновлювальні: відпрацьовані мастильно-охолоджувальні оливи матеріали нафтового та ненафтового походження. До другої категорії нафтопродуктів належать мінеральні та напівсинтетичні моторні оливи – найпоширеніші змащувальні матеріали у світі. Ця категорія нафтопродуктів найбільше використовується при експлуатації будь-якої сучасної автомобільної, авіаційної та морської техніки. Однак, постійне виробництво та накопичення відпрацьованих моторних олив є вкрай гострою екологічною проблемою, яка вимагає вирішення практично у всіх країнах світу. Утворення й накопичення під час їх експлуатації у ДВЗ у їх вуглеводневому складі поліциклічних ароматичних вуглеводнів переводить їх у клас надзвичайно токсичних та канцерогенних відходів із дуже низьким ступенем біорозкладу у довкіллі. Сьогодні утилізація відпрацьованих олив є однією з найважливіших екологічних проблем, що постає 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. Негайне вирішення цієї екологічної проблеми є важливим завданням для суспільства нашої держави, так як левову частку відпрацьованих мастильних матеріалів в Україні утилізують екологічно й економічно неналежним чином.

Сьогодні найбільш безпечним для екології довкілля та економічно оправданим є метод їх регенерації та повернення у повторне використання. Використання технології регенерації відпрацьованих олив (мінеральних, напівсинтетичних, синтетичних) дає можливість отримувати високоякісні регенеровані оливи, вартість яких, за прогнозами технологів, на 50-80 % нижча від вартості нових товарних олив різного призначення. Технологічно й економічно правильно організована технологія регенерації різних за використанням відпрацьованих олив забезпечить достатньо високий вихід очищених олив, дозволить зменшити вихід побічних, інколи агресивних та важко утилізованих продуктів процесів регенерації та дозволить

правильно вирішити екологічну проблему щодо їх утилізації без негативного впливу на довкілля.

Беручи до уваги значну кількість існуючих процесів та цілих технологій регенерації відпрацьованих мастильних матеріалів, переважаюча більшість з них не забезпечує стовідсоткове одержання регенованих олив, як компонентів для базових олив. Це одна з багатьох причин, яка зумовлює вдосконалення існуючих та створення нових екологічно-безпечних технологій регенерації відпрацьованих олив, які б характеризувались високим виходом очищених олив й незначною кількістю побічних відходів цих процесів, що дозволить безперешкодно їх утилізувати без шкідливого впливу на довкілля.

## **2. Загальна характеристика роботи**

Подана до захисту дисертація є завершеною науковою роботою, яка містить нові наукові та прикладні результати досліджень. Дисертація складається із анотації, вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків, містить 26 рисунків, 31 таблицю. Загальний обсяг дисертації складає 174 сторінки.

**У першому розділі** дисертаційної роботи було розглянуто загальні відомості про накопичення та використання відпрацьованих олив. Наведено аналітичну інформацію щодо кількості утворених відпрацьованих олив в Україні та світі, описано різноманітні сучасні шляхи їх утилізації. Доведено, що найбільш ефективним методом їх утилізації є саме регенерація. 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 олив для покращення значень їх експлуатаційних властивостей.

**У другому розділі** дисертаційної роботи подано загальну характеристику нових та відпрацьованих олив, допоміжних речовин й реагентів, які були використані у проведених дослідженнях. Подано опис методик проведення аналізів та експериментів нових й відпрацьованих напівсинтетичних олив, а також отриманих продуктів їх регенерації.

**У третьому розділі** дисертаційної роботи було вивчено закономірності процесів старіння НСМО внаслідок їх експлуатації у бензиновому та дизельному ДВЗ. Проведеними дослідженнями було встановлено зміну значень експлуатаційних властивостей як нових, так і відпрацьованих напівсинтетичних олив до та після експлуатації їх у ДВЗ. Методом диференційно-термічного аналізу ВНСМО визначено їх термічну стійкість. Проведеними рентгенфлуоресцентним та ІЧ-спектральним методами аналізу було встановлено та доведено зміну неорганічної та органічної частин ВНСМО. На основі отриманих результатів проведених наукових досліджень було запропоновано механізм перетворень компонентів моторних олив внаслідок їх експлуатації у ДВЗ.

У четвертому розділі дисертаційної роботи була встановлена можливість залучення процесу вакуумної перегонки для очищення ВНСМО. Запропоновано метод очищення відпрацьованих напівсинтетичних моторних олив кристалічним карбамідом. Для успішного здійснення запропонованого процесу було встановлено оптимальні умови цього процесу. Отримані результати проведених досліджень були підтверджені рентгенофлуоресцентним та ІЧ-спектральним методами аналізів. Запропоновано можливість використання методу термоокиснення для регенерації відпрацьованих напівсинтетичних олив.

У п'ятому розділі дисертаційної роботи запропоновано основи технології регенерації ВНСМО. У цьому розділі розроблено та запропоновано поточну схему комплексного методу регенерації ВНСМО, який 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.

### **3. Найважливіші наукові результати дисертації та їх новизна:**

1. 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;

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

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

### **4. Практичне значення результатів роботи полягає у наступному:**

1. 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.

2. 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.

3. Запропонований метод термоокисної регенерації ВНСМО дає змогу 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.

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

Практична значимість дисертаційної роботи підтверджена актом впровадження у навчальний процес.

#### **5. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень і висновків дисертації**

Для проведення досліджень автор використав сучасні методики та інструментарій. Опрацювання отриманих експериментальних даних здійснено за використання сучасних програмних засобів. Результати досліджень узгоджуються з відомими в літературі, зокрема з наведеними у першому розділі дисертації положеннями інших авторів. Основні результати дисертації викладені у рецензованих статтях, які опубліковані у фахових журналах. Усе вищевказане забезпечує обґрунтованість і достовірність одержаних результатів та сформульованих на їх основі висновків дисертації. Апробація роботи проходила на багатьох авторитетних наукових конференціях. Публікації автора у виданнях, які входять до наукометричної бази даних Scopus, відображають суть виконаних досліджень і поданих в дисертації результатів. Анотація дисертації відповідає її змісту і адекватно передає основні результати дисертанта. Довідка про результати перевірки на академічний плагіат рукопису дисертації Прокопа Р.І. однозначно свідчить про відсутність порушення академічної доброчесності.

#### **6. Зауваження щодо дисертації**

1. Анотація на українській та англійській мовах не повинна включатися до загальної кількості сторінок в дисертаційній роботі.

2. Відсутні висновки за розділами 1 та 2.

3. Не зовсім зрозуміло який термін експлуатації досліджуваних олив, який автомобіль використовувався, які умови експлуатації?

4. Результати термічних досліджень зразків нової та відпрацьованої моторних олив Castrol 10W-40, що викладені у табл. 3.2, довели існування стадійності їх піролізу. Але розподіл

автором їх на 3 для нової оливи та 4 для відпрацьованої оливи значно ускладнює їх порівняння. Теж саме стосується оливи ELF Evolution 700 STI (3 стадії для нової та IV чи V стадій для відпрацьованої оливи).

5. Чому визначались різні хімічні елементи, а також використовувались різні типи ІЧ-спектрометрів при дослідженні оливо на різних етапах їх дослідження?

6. Інформація, яка подана у табл. 4.5, 4.6 та 4.7 потребує наведення її у вигляді графічних та математичних залежностей.

7. Не зрозуміло, чому матеріальний баланс комплексної установки регенерації ВНСМО розраховано саме на 15000 т/рік сировини?

Зазначені зауваження не мають вирішального впливу на загальну позитивну оцінку дисертації. Вважаю, що дисертація Прокопа Романа Івановича за актуальністю, новизною і практичною значимістю результатів, повнотою їх висвітлення у фахових наукових виданнях повністю відповідає вимогам п. 6, 7, 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 Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, вимогам МОН України до робіт, які подаються на здобуття ступеня доктора філософії, а її автор заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії зі спеціальності 161 – хімічні технології та інженерія.

Офіційний опонент,

Завідувач кафедри «Технології

переробки нафти, газу та твердого палива»

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»

доктор технічних наук,

професор

Підпис *проф. Денис Мірошніченко*  
ЗАСВІДЧУЮ:  
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР  
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»  
" " " р.

