

## В І Д Г У К

офіційного опонента про дисертаційну роботу

**Тертишної Олени Вікторівни**

*за темою «Розвиток наукових основ ресурсозберігаючої технології переробки нафти»,*

що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.07 – Хімічна технологія палива та паливно-мастильних матеріалів

На сьогодні ресурсозбереження є одним із пріоритетних напрямів розвитку науки та практики у світі. Аспекти ресурсозбереження у нафтопереробній галузі також є актуальним, зокрема та особливо, в Україні. Тому тема дисертації **Тертишної О. В.** є актуальною. Вивчення рукопису та автореферату, а також враховуючи сучасні тенденції перероблення сумішевих нафт, дозволяють дійти висновку, що дисертаційна робота **Тертишної О. В.** присвячена вирішенню **актуальної науково-прикладної проблеми** підвищення ефективності технологічної переробки сумішевих нафт з урахуванням запобігання осадоутворення та утилізації нафтових відкладів.

На підставі аналізу науково-технічної, патентної літератури та сучасних уявлень про склад нафтових дисперсних систем і технології їх перероблення, а також вивчення технологій утилізації асфальтенових відкладень, що дозволяють розширяти сировинну базу для нафтохімії, дозволили автору фахового визначити мету, основні наукові завдання, об'єкт і предмет дослідження, а також напрями та методи дослідної роботи.

Поставлені в роботі завдання досліджень доведені до кінцевого логічного вирішення, а сама дисертація є завершеною науково-дослідною роботою та відповідає встановленим вимогам.

Структура дисертації **Тертишної О. В.** складається зі вступу, восьми основних розділів, висновків, списку використаних джерел (**470** найменувань на **57** сторінках), додатків. Загальний обсяг дисертації становить **352** друкованого тексту, містить **82** рисунки, **57** таблиць, **9** додатків на **17** сторінках.

**Достовірність наукових положень та висновків** дисертаційної роботи підтверджується даними апробації, упровадженнями у навчальний процес і виробництво (4 акти упровадження, акт апробації, 3 акти про випробування).

Наукові положення, практичне значення та висновки дисертації логічно побудовані у контексті мети та поставлених завдань, теоретично обґрунтовані й патентно захищені (за результатами проведених досліджень оформлено 2 патенти України на корисну модель, 2 патенти на винахід, 3 авторських права на твір.

Про корисність, новизну результатів досліджень, їх практичну значимість та особистий внесок здобувача свідчать **54** наукові праці у провідних фахових виданнях, з яких – **4** розділи у монографіях, **25** статей у наукових фахових виданнях, з яких **9** статей – у наукових періодичних виданнях іноземних держав (**4**) і публікації у виданнях України, що включені до міжнародних науко-метричних баз даних (**5**), **2** патенти України на корисну модель, **2** патенти на винахід, **3** авторських права на твір, **22** тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій різного рівня. Опубліковані праці повністю відображають основний зміст дисертаційної роботи та переважний вклад дисертанта.

**Оцінка обґрунтованості наукових положень в дисертації, їх достовірності і новизни.** Наукові положення, висновки, рекомендації, що сформульовані в дисертаційній роботі, теоретично обґрунтовані, а їх достовірність підтверджується результатами експериментальних, порівняльних досліджень, що мають теоретичне підґрунтя. Усі висновки базуються на великому масиві матеріалів, одержаних з використанням сучасних стандартних і науково обґрунтованих евристичних методів досліджень.

Тема дисертаційної роботи **Тертишної О. В.** пов'язана з пріоритетними напрямами 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 26.11.2015 р. (редакція від 16.01.2016 р.), а також знаходиться у контексті положень Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність».

Поставлені завдання у контексті сформульованої мети досягнуто та доведено до логічного завершення, що дозволило автору одержати **шість** наукових результатів, що характеризують їх **новизну**. Авторкою задекларовано й трактуються наукові положення у такий спосіб:

1. Вперше розроблено та науково обґрунтовано теоретичні засади реалізації внутрішнього потенціалу нафти оптимізацією складу та співвідношення компонентів нафтових сумішей з використанням кластерного та факторного аналізів багатовимірних фізико-хімічних характеристик і нової форми графоаналітичного визначення фракційного складу та спосіб інтенсифікації перегонки вуглеводневої сировини, що забезпечує максимальний вихід цільових фракцій.

2. Вперше проведено оптимізацію стабільних багатокомпонентних сумішей нафти з використанням розробленого алгоритму оцінювання стійкості нафтових дисперсних систем до випадіння осадів, що базується на аналізі групового та фракційного складу нафти.

3. Вперше виявлено залежності та особливості макрокінетики розчинення асфальто-смоло-парафіністих відкладів в аліфатичних та бінарних аліфатико-ароматичних системах в інтервалі температур 10–35 °С. Визначено, що динаміка зміни ступеня розчинення відкладів має експоненційний характер і складається з двох стадій. Апробований спосіб визначення кінетичних характеристик процесів, що мають місце за різних температурних режимів дозволяє підібрати ефективні розчинники асфальто-смоло-парафіністих відкладів різного типу.

4. Набули подальшого розвитку на підставі кінетичних досліджень наукові уявлення процесу формування асфальто-смоло-парафіністих відкладів, що полягає у перенесенні розчинених потенційно-твердих складових із об'єму нафтового середовища до внутрішніх поверхонь обладнання через молекулярну дифузію під дією градієнта температур.

5. Набули подальшого розвитку уявлення механізму стабілізуючої дії синтезованого із відходів виробництва біодизелю діацилгліцериду як присадки з меншим параметром розчинності ніж у вуглеводнів. Стабілізувальна дія даної присадки полягає в адсорбції на поверхні парафінів його неполярних алкільних ланцюгів (до C<sub>17</sub>) з одночасним орієнтуванням полярних частин (-ОН) в дисперсійне середовище, що створює сили відштовхування між агрегатами.

6. Встановлено характер зміни коефіцієнта флокуляції на прикладі модельних систем у присутності осадотвірних компонентів методом паперової хроматографії. Доведено пряму залежність зростання коефіцієнту флокуляції від концентрації твердих парафінів і асфальтенів у асфальтено-парафіністих сумішах, а також зворотну – від концентрації парафінів і смол. Підтверджено, що у смоло-парафіністих модельних сумішах смоли виявляють властивості природних поверхнево-активних речовин (ПАР) і сповільнюють процес кристалізації. Асфальтени, навпаки, у присутності твердих парафінів є додатковими центрами кристалізації.

Практичне значення результатів теоретичних і експериментальних досліджень полягає у задекларованих **п'яти** положеннях:

1. Розроблено алгоритм і створено комп'ютерну програму (авторське право на твір 81635) графоаналітичного визначення інтенсивності кипіння нафти з використанням їх фракційного складу (кривих істинних температур кипіння) для формування оптимальних нафтових сумішей, що дозволило прогнозувати та регулювати вихід цільових фракцій.

2. Встановлено оптимальний склад багатокomпонентних нафтових сумішей спільно з ПАТ «Укртатнафта», за результатами якої встановлено послідовність змішування компонентів та їх кількісне співвідношення, що

забезпечило підвищення виходу газової фракції на 3,5 % (двокомпонентна суміш) і на 2,6 % (трикомпонентна суміш) відносно аддитивно розрахованого.

3. Розроблено способи використання вуглеводневих розчинників власного виробництва нафтопереробних підприємств для видалення нафтових відкладів та утилізації. Встановлено, що для розчинення парафінистих відкладів ефективно застосовувати прямогонні фракції 110–150 °С і 150–200 °С. Відклади з підвищеним вмістом асфальтенів розчиняються композицією аліфатично-ароматичних розчинників (бензол і гексан у співвідношенні 1:1) за максимально допустимої температури 35 °С. Використання синтезованої присадки рослинного походження (діацилгліцериду) дозволило збільшити ступінь розчинності компонентів відкладів через диспергувальну здатність (патент України на корисну модель 101003. Розроблено комп'ютерну програму визначення впливу депресорної присадки на температуру застигання нафтової сировини (авторське право на твір 90781).

4. Запропоновано технологічні рішення щодо використання до 10 % мас органічної частини асфальто-смоло-парафінистих відкладів у виробництвах кальцієвих (патент на винахід 117417) і графітних мастил (патент на винахід 116077) на ТОВ «НВП Агрінол»; асфальтобетону (до 12% мас.) на КП «Кременчуцьке підрядне спеціалізоване шляхо-будівельне управління»; у процесі вісбрекінгу (до 20 % мас.). Прибуток від переробки гудрону в суміші з 20 % асфальто-смоло-парафінистих відкладів зростає в 1,2 рази порівняно з прибутком від використання традиційної сировини. Залучення відкладів до переробки гудрону є економічно вигідним рішенням, що дозволяє одержувати додаткову кількість компонентів палив. Запропоновано принципові технологічні схеми промислових установок утилізації нафтових відкладів.

5. Упроваджено результати досліджень зміни фізико-хімічних характеристик нафтових дисперсних систем під час змішування, переробки та зберігання для використання в навчальному процесі на кафедрі хімічної технології палив, полімерних і поліграфічних матеріалів (ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет») під час викладання дисципліни «Фізика та хімія горючих копалин», «Теоретичні основи технологічних процесів переробки горючих копалин», «Первинна переробка нафти», «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»; на кафедрі металургійного палива та вогнетривів (Національна металургійна академія України) під час викладання дисциплін «Оптимізація хіміко-технологічних процесів», «Технологія переробки нафти та газу»; на кафедрі хімічної технології переробки нафти та газу (Національний університет «Львівська політехніка») під час викладання дисциплін «Хімія нафти і газу», «Технологія переробки нафти і газу, ч. 1», «Технологія

переробки нафти і газу, ч. 2», «Математичні методи в хімії і хімічній технології».

Практична значимість роботи підтверджена двома патентами на винахід; двома патентами на корисну модель; трьома авторськими правами на твір, чотирма актами впровадження та чотирма актами випробування та апробації.

### **Загальна характеристика роботи.**

У **вступі** описано стан проблеми та обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та основні завдання досліджень для досягнення мети, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, а також сформульовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, розкрито реалізацію результатів роботи, а також визначено особистий внесок автора; подано перелік публікацій та інформацію про апробацію результатів дисертації.

У **першому** розділі виконано ґрунтовний аналіз літературних джерел стосовно сучасного стану проблеми, а також наведено інформацію про сучасне уявлення про склад нафтових дисперсних систем і перспективи підвищення ефективності технології їх переробки. Аналіз літературних даних засвідчив відсутність загальних закономірностей і конкретних рекомендацій щодо визначення кількісних і якісних змін у процесі спільної перегонки різних видів сировини, що обумовлює важливість розробки наукових основ формування сумішевої нафтової сировини для забезпечення стабільно високих виходів цільових фракцій та інтенсифікації процесу первинної перегонки. Визначення структурного складу одержаної присадки виконано методом ІЧ спектроскопії на спектроскопі Spectrum BX II в діапазоні 400–4000  $\text{cm}^{-1}$ . За співвідношенням характеристичних смуг поглинання було оцінено: ступінь розгалуженості парафінів ( $C_p$ ), ароматичність ( $C_{ap}$ ) та аліфатичність системи ( $C_{al}$ ).

Визначення компонентного складу отриманих діацилгліцеридів автор виконувала методом газової хроматографії апаратом HP 6890 з полум'яно-іонізаційним детектором виробництва Hewlett Packard.

Оптимальну кількість присадки визначено методом турбідиметрії через додавання її до нафти у концентраціях 0,07; 0,09 і 0,12% об. Результати впливу присадок на стабільність нафти проаналізовано за зміною середнього діаметра часток дисперсної фази на спектрофотометрі ULAB 102 при довжинах хвиль 530 та 680 нм вимірюванням оптичної густини нафти з толуолом (у співвідношенні 1:1).

У **другому** розділі представлені матеріали та обґрунтовано методи досліджень, де використано стандартизовані (за ДСТУ, ISO, ASTM, DIN) та нестандартизовані науково обґрунтовані методи визначення фізико-хімічних властивостей речовин, встановлено характеристики досліджуваних нафтових сумішей. Для дослідження обрані нафти, що видобуваються в східному та західному нафтогазоносних районах України та нафта західного Казахстану.

У **третьому розділі** розглянуто динаміку та умови утворення відкладів на металевих поверхнях для вибору найбільш ефективного методу боротьби з їх утворенням та чіткою уявою про механізм і кінетику формування.

У **четвертому розділі** вивчено фактори, які в процесі переробки нафти, сприяють формуванню відкладів. Співвідношення парафінів, смол і асфальтенів у нафті, гідродинамічні та температурні умови її транспортування й експлуатації впливають на швидкість формування відкладів.

**П'ятий** розділ присвячений опису результатів факторного та кластерного аналізів. Визначено взаємні залежності між багатовимірними фізико-хімічними характеристиками. Кореляційна матриця нормованих властивостей дозволила визначити власні вектори факторних навантажень для основних показників нафти.

За результатами кластерного аналізу зразки нафти класифіковано за нормованими значеннями фізико-хімічних параметрів. Отримана авторкою дендрограма класифікації представляє розподіл показників нафти на три кластери.

У **шостому** розділі розглянуто питання визначення ефективності синтезованих діацилгліцеридів на агрегативну стійкість нафти. Для зміщення міжфазної рівноваги в нафтовій дисперсній системі в бік рідини необхідно зменшити відношення активностей твердої фази до рідкої. Для цього доцільно ввести в систему речовини, які мають значно менший, ніж у вуглеводнів, параметр розчинності. Такими речовинами виявились дигліцериди жирних кислот.

У **сьомому розділі** вивчено вплив концентрацій і співвідношень нафтових високомолекулярних сполук на утворення осаду на дво- і трикомпонентних модельних сумішах. Як компоненти взято основні групи сполук, що беруть участь в процесі осадоутворення – тверді парафіни, смоли і асфальтени.

**Восьмий** розділ присвячено питанням вилучення, розчинення осадів і їх утилізації. Відмінності в складі відкладів визначають особливості їх розчинення в реагентах різної хімічної структури. Комплекс експериментальних досліджень засвідчив, що для розчинення відкладів з підвищеним вмістом асфальтенових складових доцільно застосовувати композицію ароматично-аліфатичних розчинників на основі бензолу і гексану у співвідношенні 1:1 за максимально допустимої температури 35 °С.

Авторкою розроблено основи технології вісбрекінгу гудрону із додаванням 20 % мас. органічної частини асфальто-смоло-парафіністих відкладів. Узагальнені результати вивчення впливу вмісту підготовленого відкладу на якісні характеристики сировинної суміші унаочнено.

Автор експериментально встановила, що додавання до сировини вісбрекінгу до 20 % мас. асфальто-смоло-парафіністих відкладів не суттєво збільшує відносний вміст асфальтенів і ароматики, не порушує агрегативну

стійкість сировини та істотно не впливає на якісні й кількісні показники кінцевих продуктів процесу.

За результатами моделювання в лабораторних умовах процесу вісбрекінгу з виносною реакційною камерою із залученням відкладів до сировини авторкою запропоновано принципову технологічну схему промислової установки. Розраховані економічні показники ефективності впровадження в промисловість вісбрекінгу сумішевої сировини на прикладі установки потужністю 50 тис. тон на рік довели, що використання відкладів дає помітний економічний ефект через отримання додаткової кількості світлих нафтопродуктів і котельного палива. Прибуток від переробки гудрону у суміші з 20 % відкладів збільшиться в 1,2 рази відносно прибутку від переробки чистого гудрону.

Експериментально підтверджено, що введення до 10 % мас. відкладів у процесі виробництва кальцієвих і графітних мастил позитивно впливає на експлуатаційні властивості та їх якість. Автор дійшла висновку, що додавання асфальто-смоло-парафіністих відкладів суттєво не впливає на фізико-хімічні характеристики кальцієвого мастила.

Як результат досліджень авторкою запропоновано одностадійну схему підготовки бітуму модифікованого полімерами та додатками асфальто-смоло-парафіністих відкладів.

У той же час під час вивчення дисертації й автореферату у опонента виникли наступні дискусійні **запитання та рекомендації**:

1. Структура дисертації характеризується нерівномірністю розділів. Так, розділ 1 займає 43 сторінки, розділ 2 – 35, розділ 3 – 11 сторінок, розділ 4 – 20 сторінок, розділ 5 – 35, розділ 6 – 11, розділ 7 – 26, розділ 8 – 47. Бажано було б такі розділи як 3, 4, 6, 7 згрупувати об'єднанням за змістовною сутністю.

2. Розділ перший повністю присвячено сучасним уявленням про склад нафтових дисперсних систем і перспективним напрямкам підвищення технології їх перероблення. Проте, не зрозуміло з якою метою автор наголошує на різних аспектах цих систем – процесу утворення асфальто-смоло-парафінових відкладів, принципам підбору присадок для підбору присадок для регулювання структурно-механічних характеристик нафтових дисперсних систем, питання утилізації нафтових відкладів. Натомість, у цьому розділі хотілося б бачити аналіз вітчизняних і закордонних наукових джерел щодо перспективних технологій підвищення перероблення нафтових дисперсних систем. Також у перший розділ слід було б перенести оглядові частини з наступних розділів, що там зустрічаються, оскільки це також аналіз літературних джерел.

3. Трактуювання науково-прикладної проблеми, що розв'язується автором у дисертації, дещо відрізняється в опису актуальності та загальних висновках.

Відповідно виникає запитання – яка науково-прикладна проблема вирішується авторкою дисертації?

4. Не достатньо переконливо сформульовано об'єкт і предмет дослідження. Авторка застосовує стиль складно-підрядного речення, що ускладнює сприйняття таких важливих формальних конструкцій. Такий же ефект спостерігається під час ознайомлення з пп. 1,4,5 наукової новизни. Такі трактовки значно ускладнюють сприйняття наукових результатів і звужують значення досліджень, що проведені.

5. У розділі 4 на рис. 4.1, де представлено залежність температури застигання від вмісту твердих компонентів, подано дані автора чи літературні? Якщо це візуалізація даних з літературних джерел, то логічно було б цей матеріал перенести у 1-й розділ.

6. Вимагає додаткового обґрунтування автентичності та доцільності застосування рівнянь 4.1–4.7 у 4 розділі дисертації.

7. Висновок 6 п'ятого розділу сформульовано декларативно. Таке трактування вимагає додаткового пояснення з метою опису конкретного наукового результату та його прикладного значення.

8. З точки зору підвищення ефективності перероблення нафтових дисперсних систем необхідно додатково пояснити сутність розділів 6 і 7, зокрема обґрунтувати застосування коефіцієнту флокуляції у дослідженнях.

9. Висновок 7 восьмого розділу вимагає додаткового пояснення з метою опису конкретного економічного ефекту від розроблення та його прикладного значення. Під час декларування про економічні ефекти доцільно було б подати інформацію у зведеному вигляді з порівнянням з відомими аналогами.

10. Формулювання пп. 2, 5, 6, 9 загальних висновків подано у декларативному стилі, що переважує сприйняття отриманого та репрезентованого наукового або практичного результату наукової праці. Тут доцільно було б конкретизувати суть отриманого результату з метою чіткої репрезентації наукового та практичного значення. У 9 п. логічно було б вказати навести переважні дані матеріальні балансів запропонованих технологій та їх економічні параметри.

Однак, виявлені невідповідності не знижують науково-практичної цінності дисертаційної роботи. Наукова новизна, практичне значення результатів та їх апробація аргументовані, кількість публікацій цілком достатня.



## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

На підставі вивчення дисертаційної роботи й автореферату **Тертишної О. В.** можна стверджувати, що дисертаційна робота «**Розвиток наукових основ ресурсозберігаючої технології переробки нафти**» є завершеною кваліфікаційною працею, в якій автором виконано прикладне та наукове дослідження щодо вивчення технологічних основ перероблення сумішевих нафт з метою збільшення виходу світлих продуктів. Мета дисертації спрямована на вирішення актуальної науково-прикладної проблеми підвищення ефективності технологічної переробки сумішевих нафт з урахуванням запобігання осадоутворення та утилізації нафтових відкладів.

Результати роботи містять наукову новизну та мають практичне значення. Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.17.07 – Хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів. Опубліковані праці повністю відображають основний зміст дисертаційної роботи, переважний вклад дисертанта та є у достатній кількості.

Вирішення завдань дисертаційного дослідження та отримані нові науково-теоретичні й практичні результати у сукупності є важливими для розвитку теорії та практики перспективних технологій перероблення сумішевих нафт, технологічних схем перероблення нафти. Це має велике значення для підвищення енергоощадності економіки країни. Дисертаційна робота має логічну структуру. Зміст автореферату та дисертації є ідентичним і адекватно відображають основні положення дисертації.

На підставі вищевикладеного вважаю, що дана дисертаційна робота відповідає вимогам ДАК України, зокрема пп. 9, 10, 12, 13 та 14 Порядку присудження наукових ступенів (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами згідно Постанов Кабінету Міністрів України від 19.08.2015 № 656, від 30.12.2015 № 1159, від 27.07.2016 р. № 567, від 20.11.2019 р. № 943 і від 15.07.2020 р. № 607), а сам автор, **Тертишна Олена Вікторівна**, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю **05.17.07 – Хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів.**

Науковий керівник Українського науково-дослідного та навчального центру хімотології та сертифікації ПММ і ТР  
Національного авіаційного університету,  
провідний науковий співробітник,  
доктор технічних наук, професор



**С. В. Бойченко**