

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

**Целіщева Олексія Борисовича**

**на дисертаційну роботу**

**Баннікова Артема Леонідовича**

**на тему: «Наукові основи технології підвищення якості поглинального  
масла бензолowego відділення коксохімвиробництва»**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 –  
Хімічні технології та інженерія

### **Актуальність теми дисертації**

Дисертаційна робота Баннікова А. Л. присвячена надзвичайно важливій для коксохімічної промисловості проблемі — підвищенню ефективності та надійності роботи бензолного відділення шляхом стабілізації та покращення якості вбирної оливи. Актуальність теми не викликає сумнівів, оскільки якість поглинальної оливи є критичним фактором, що безпосередньо впливає на техніко-економічні показники виробництва, зокрема на втрати цінного абсорбенту, утворення відкладень, корозію обладнання та енергоспоживання.

Існуючі технології очищення коксового газу від ароматичних вуглеводнів, що базуються на застосуванні кам'яновугільної вбирної оливи, стикаються із постійною деградацією абсорбенту внаслідок смолоутворення, полімеризації ненасичених вуглеводнів (зокрема, індену та кумарону), окиснення, а також змін його компонентного складу та реологічних властивостей. Загущення оливи та утворення відкладень призводять до зменшення її циркуляції, підвищення енерговитрат на перекачування та небезпеки закоксування обладнання.

У цьому контексті, дисертаційне дослідження, яке ставить за мету «підвищення якості вбирної оливи шляхом гальмування процесів смолоутворення, осадоутворення, кристалізації, окиснення, обводнення та зростання в'язкості на основі теоретично обґрунтованих механізмів деградації», є актуальним і має високе науково-прикладне значення для вдосконалення технологічних процесів та забезпечення економічної ефективності коксохімвиробництва.

Робота пов'язана з науковими програмами, планами і темами кафедри технології технології переробки нафти, газу та твердого палива Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», та відділу АДСМіЕ Державного підприємства «УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО–ДОСЛІДНИЙ ВУГЛЕХІМІЧНИЙ ІНСТИТУТ (УХІН)».

Результати виконаних здобувачем досліджень знайшли застосування під час виконання НДР «Розробка способу прогнозування питомої витрати вбирної оливи та заходів скорочення її витрати» ПРИВАТНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО «ЗАПОРІЖКОКС» договір № 09.2024 (ДР 0124U004645), «Науково–технічне забезпечення виробничої діяльності ПРАТ «КАМЕТ СТАЛЬ» у 2024 році», специфікація № 7 «Розроблення заходів щодо зниження втрат бензольних вуглеводнів і зниження питомої витрати масла з урахуванням якості свіжого масла в поточних умовах «ПРАТ КАМЕТ СТАЛЬ», договір № 1.2024 (ДР 0124U004231).

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

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі ПБ., в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій базується на використанні математичного апарату теорії імовірності та математичної статистики, дисперсійного, кореляційного і спектрального аналізу, методів математичного та імітаційного моделювання з використанням ліцензійного програмного забезпечення.

Дослідження виконані з використанням математичного апарату та сучасного комп'ютерного моделювання. Результати перевірені шляхом проведення практичних експериментів, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

**Достовірність результатів досліджень.**

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується результатами відповідних експериментальних досліджень.

Наукові результати роботи застосовано під час створення рекомендацій щодо вдосконалення існуючої технологічної схеми виробництва за рахунок використання частини очищеного коксового газу як додаткового стріпінг-агента, його введення у придонну частину регенераційної колони спільно з гострою водяною парою, що сприяє формуванню парогазової суміші, яка, разом з легкими відгонами оливи, подається до бензольного скрубера.

**До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:**

– за рахунок застосування поглиначів різного фракційного складу при поповненні робочих циклів вперше встановлено, що олива з вузьким діапазоном википання (230–270 °С, густина 1035–1055 кг/м<sup>3</sup>) збагачується інденом і нафталіном, тоді як олива з ширшим діапазоном (230–300 °С, густина 1055–1070 кг/м<sup>3</sup>) – метилпохідними дибензофурану та флуорену, що дозволило обґрунтувати вплив фракційного складу свіжої оливи на зміну компонентного складу робочих поглиначів;

– вперше шляхом порівняльного аналізу продуктів окиснення робочих олив встановлено, що олива з вузьким діапазоном википання (230–270 °С, густина 1035–1055 кг/м<sup>3</sup>) утворює продукти деградації з переважно алкільними групами, на відміну від оливи з ширшим діапазоном (230–300 °С, густина 1055–1070 кг/м<sup>3</sup>), яка формує незаміщені вуглеводні, причому сумарна концентрація продуктів окиснення в останній у 1,7 рази вища, що свідчить про вищу стійкість оливи з вузьким діапазоном до окиснювальної деградації.

– дістало подальший розвиток обґрунтування необхідності нагріву вбирної оливи для знебензолена до температури понад 140 °С, що призводить до зменшення молекулярної маси (на  $\approx 5$  Да) та температури плавлення (на  $\approx 5$  °С) рівноважної реакційної суміші олігомерів і, як наслідок, сприяє стабілізації її експлуатаційних властивостей.

– вперше встановлено вплив окремих компонентів вбирної оливи з вузьким діапазоном википання (230–270 °С, густина 1035–1055 кг/м<sup>3</sup>) на її в'язкість: виявлено, що дибензофуран та флуорен підвищують в'язкість на 10–12 %, тоді як 1-метилнафталін, нафталін та 2-метилнафталін знижують її на 4–29 %, що

створює наукову основу для цілеспрямованого регулювання реологічних властивостей оливи шляхом оптимізації її компонентного складу;

– вперше методом ІЧ–спектроскопії відкладень бензолowego скрубера та полімерів бензолowego відділення експериментально підтверджено механізм участі індену та кумарону в утворенні олігомерних структур при експлуатації вбирної оливи, що дозволило уточнити вплив ненасичених сполук коксового газу на динаміку витрати абсорбенту в промислових умовах.

**Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.**

Запропоноване в роботі технічне рішення дозволяє значно підвищити ступінь повернення цінних компонентів оливи у зворотний цикл, зменшити утворення полімерних відкладень та, як наслідок, скоротити втрати оборотної оливи. Економічний ефект від впровадження полягає у досягненні додаткової економії до 43 % свіжої оливи від її питомої витрати. Отримані результати є вагомим внеском у розробку ефективних і науково обґрунтованих підходів до підвищення продуктивності та надійності роботи оливних систем у реальних промислових умовах. Результати дисертаційної роботи впроваджені при виконанні дисертантом науково–дослідних робіт у відділі АДСМіЕ ДП «УХІН».

**Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

За темою дисертації опубліковано 15 наукових праць у тому числі: 4 статті у періодичних наукових виданнях, які включені до наукометричних баз Scopus та Web of Science та 5 статей у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України; 6 тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських науково–практичних конференціях.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації 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.

### **Оцінка змісту дисертаційної роботи**

Дисертація виконана як кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису, відповідає вимогам до такого типу робіт і складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Вступ містить обґрунтування актуальності, мету, завдання, наукову новизну та практичне значення результатів. Основний зміст роботи викладено у шести розділах, які логічно пов'язані між собою та послідовно висвітлюють етапи дослідження: від критичного огляду існуючих уявлень до розробки практичних рішень.

Розділ 1 присвячений аналізу існуючих уявлень щодо якості вбирної оливи та причин її погіршення в процесах вилучення ароматичних вуглеводнів.

Виконано критичний огляд існуючих підходів до оцінки якості вбирної оливи. Аналізуються механізми деградації, пов'язані з полімеризацією, окисненням та смолоутворенням. Обґрунтовано необхідність цілеспрямованого дослідження факторів, що впливають на якість оливи, включаючи фізичні (температура) та хімічні (компонентний склад, феноли, смолоутворюючі компоненти).

В Розділі 2 надано характеристику методів дослідження та первинних матеріалів.

Представлено перелік інструментальних методів, що використовувалися для комплексного дослідження. Зокрема, зазначені стандартизовані та сучасні аналітичні підходи для оцінки складу, властивостей вбирної оливи та продуктів її деградації. Особлива увага приділена методиці визначення виходу коксового залишку (коксівності), що корелює з експлуатаційними властивостями. Для термодинамічних розрахунків використовувався метод мінімізації вільної енергії Гіббса.

В Розділі 3 проаналізовано методи та засоби зниження загушення вбирної оливи через контроль процесів смолоутворення. У цьому розділі встановлено, що основним фактором загушення є полімеризація смолоутворюючих компонентів,

зокрема індену. За допомогою термодинамічних розрахунків підтверджено вплив температури нагрівання оливи: оптимальний діапазон 150–180 °С сприяє зменшенню молекулярної маси олігомерів та покращенню властивостей. Експериментально підтверджено ключову роль ненасичених вуглеводнів (інден, кумарон) у формуванні олігомерів та відкладень методом ІЧ-спектроскопії.

В Розділі 4 досліджено вплив фенольних сполук на якість та експлуатаційні властивості вбирної фракції кам'яновугільної смоли.

Проведено дослідження впливу фенолів. Показано, що фенольні сполуки концентруються у низькотемпературних фракціях. Обґрунтовано, що повне знефенолювання є недоцільним, оскільки феноли виявляють антиоксидантні властивості, гальмуючи окиснення та корозію. Встановлено динамічну рівновагу фенолів між коксовим газом, вбирною оливою та сирим бензолом.

В Розділі 5 досліджено реологічні властивості вбирної оливи та їх корекція шляхом оптимізації компонентного складу вбирної оливи. Встановлено, що вбирна олива кам'яновугільної смоли належить до неньютонівських середовищ. Досліджено вплив окремих компонентів на в'язкість: показано, що висококиплячі сполуки з великою молекулярною масою (інден-кумаронова смола, дибензофуран, флуорен) істотно підвищують в'язкість, тоді як метилнафталіни, нафталін – знижують. Ці дані створюють наукову основу для цілеспрямованого регулювання реологічних властивостей оливи.

Розділ 6 присвячено практичній реалізації технологічних рішень для підвищення якості вбирної оливи. У розділі представлено розробку практичного рішення: удосконалення існуючої технологічної схеми за рахунок використання частини очищеного коксового газу як додаткового стріппінг-агента у придонній частині регенераційної колони. Це рішення дозволяє значно підвищити ступінь повернення цінних компонентів оливи у зворотний цикл, зменшити утворення полімерних відкладень та скоротити втрати оборотної оливи.

Список використаних джерел із 127 найменувань досить повний і включає вітчизняні та зарубіжні публікації.

Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

## **Академічна доброчесність**

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

## **Критичні зауваження, дискусійні положення та питання**

Виконане дисертаційне дослідження є завершеною науковою працею, що вирішує важливу науково-технічну проблему. Однак, з метою підвищення наукової та прикладної цінності роботи, а також для ведення наукової дискусії, до дисертанта є кілька зауважень і питань.

1. Назва дисертації містить словосполучення «Наукові основи технології...». Хоча робота містить глибокий аналіз окремих факторів деградації (полімеризація, окиснення, феноли, реологія) та пропонує конкретне технологічне рішення (використання стріпінг-агента), менш чітко простежується *синтез* цих окремих наукових закономірностей в єдину, цілісну "основу технології". Було б доцільно представити узагальнену модель, яка б кількісно пов'язувала динаміку зміни компонентного складу (наприклад, накопичення індену та втрата нафталіну/фенолів) з реологічними властивостями та рекомендованим режимом регенерації.
2. **Щодо кореляції фракційного складу з окиснювальною стійкістю.** У п. 7 висновків дисертації стверджується, що олива з вузьким діапазоном википання 230–270 °С є стійкішою до окиснювальної деградації, ніж олива з ширшим діапазоном 230–300 °С. Водночас, у вузькій фракції концентруються фенольні сполуки, які мають антиоксидантні властивості. Чи проводив дисертант експерименти з видаленням (знефенолюванням) фенолів з обох типів олив для чистого порівняння їхньої власної окиснювальної стійкості, незалежно від вмісту природних інгібіторів? Яка

роль інших компонентів, окрім фенолів, у забезпеченні більшої стабільності "легкої" оливи?

3. **Щодо дискусійного питання знефенолювання.** Дисертант обґрунтовує, що глибока екстракція фенолів з оливи не є необхідною, оскільки феноли діють як антиоксиданти та гальмують корозію. Однак феноли є небажаними у сирому бензолі. Чи проводились розрахунки оптимальної *рівноважної* концентрації фенолів в абсорбенті, яка б забезпечувала максимальний антиоксидантний ефект без надмірного забруднення сирого бензолу, враховуючи динамічну рівновагу фенолів у системі?
4. **Щодо термінології та оформлення.** У тексті зустрічаються деякі стилістичні неточності та використання термінів, які вимагають уніфікації (наприклад, "вбирна олива", "поглинальне масло", "абсорбент"). Також у наданому тексті не вистачає посилання на **Додатки Б, В** (Акти впровадження), які підтверджують практичне значення роботи, що є обов'язковим елементом для PhD дисертацій.

Зазначені зауваження мають переважно дискусійний характер і не знижують загального високого рівня виконаної роботи, її теоретичної значущості та практичної цінності.

### **Висновок**

Дисертаційна робота Баннікова Артема Леонідовича на тему: **«Наукові основи технології підвищення якості поглинального масла бензолового відділення коксохімвиробництва»** є завершеною кваліфікаційною науковою працею, в якій на основі теоретичних досліджень та експериментального підтвердження вирішено важливе науково-технічне завдання – розробка науково обґрунтованих підходів до підвищення якості та стабільності вбирної оливи коксохімічних підприємств.

Подана дисертаційна робота **«Наукові основи технології підвищення якості поглинального масла бензолового відділення коксохімвиробництва»** Баннікова А.Л. відповідає спеціальності 161 – хімічні технології та інженерія, відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 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 КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувач Банніков Артем Леонидович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – хімічні технології та інженерія.

Офіційний опонент

Проректор з наукової роботи Східноукраїнського  
національного університету імені Володимира Даля,

д.т.н., професор

28.10.2025

МП



Олексій ЦЕЛІЩЕВ