

В І Д Г У К

офіційного опонента про дисертаційну роботу
Шевченка Кирила Володимировича
за темою «Технологія компонентів моторних та котельних палив
з вторинної полімерної сировини»,
що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія
(16 – Хімічна та біоінженерія)

У контексті розширення вітчизняної сировинної бази для виробництва моторних палив, а також зменшення техногенного навантаження на довкілля через використання альтернативної сировини замість традиційної нафтової сировини тема дисертаційного дослідження Шевченка К. В. є актуальною. Вивчення рукопису дозволяють дійти висновку, що дисертаційна робота Шевченка К. В. присвячена вирішенню **актуальної науково-прикладної проблеми** забезпечення зростаючого попиту на моторні та котельні палива вітчизняного виробництва через розширення сировинної бази та удосконалення технологічних способів використання відпрацьованих полімерних виробів як альтернативної сировини для вітчизняного виробництва палив.

На підставі аналізу науково-технічної, патентної літератури та сучасних тенденцій та уявлень про розвиток технологій отримання моторних палив у світі, а також вивчення технологічних прийомів утилізації вторинної полімерної сировини, що дозволяють розширяти сировинну базу для виробництва моторних і котельних палив, дозволили автору фахового визначити мету, основні наукові завдання, об'єкт і предмет дослідження, а також напрями та методи дослідної роботи.

Аналізуючи формальні аспекти дисертації, можна дійти висновку, що поставлені в роботі завдання досліджень доведені до кінцевого логічного вирішення, а сама дисертація є завершеною науково-дослідною роботою та відповідає встановленим вимогам.

Повнота викладення результатів в опублікованих роботах. Кількість публікацій, обсяг, якість, повнота висвітлення результатів та розкриття змісту дисертації відповідають встановленим вимогам МОН України. Дисертація є самостійно виконаною науковою працею. Відповідні публікації висвітлюють основні наукові положення дисертації, зокрема, ті, які автор виносить на захист.

Структура дисертації Шевченка К. В. складається зі вступу, анотації, п'яти основних розділів, висновків, списку використаних джерел (162 найменування на 20 сторінках) до кожного розділу, списку публікацій здобувача, 10 додатків

на 16 сторінках. Загальний обсяг дисертації становить **193** сторінки друкованого тексту, містить **34** рисунки + **27** рисунків на 11 окремих сторінках, **9** таблиць + **2** таблиці на 2 окремих сторінках.

Достовірність наукових положень та висновків дисертаційної роботи підтверджується даними апробації на 7 конференціях різного рівня, 4 актами упровадження у практичну діяльність та у навчальний процес, результатами експериментальних досліджень властивостей компонентів палива, отриманих з вторинної полімерної сировини (розділ 4).

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

Про корисність, новизну результатів досліджень, їх практичну значимість та особистий внесок здобувача свідчать 15 публікацій, серед яких 7 статей у фахових наукових виданнях і 2 – у періодичних виданнях, що включено до наукометричної бази Scopus, тези 6-х доповідей на наукових конференціях різного рівня.

Повнота викладення результатів в опублікованих роботах. Кількість публікацій, обсяг, якість, повнота висвітлення результатів та розкриття змісту дисертації відповідають встановленим вимогам МОН України. Дисертація є самостійно виконаною науковою працею.

Опубліковані праці повністю відображають основний зміст дисертаційної роботи та характеризують вклад дисертанта. Відповідні публікації висвітлюють основні наукові положення дисертації, зокрема, ті, які автор виносить на захист.

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

Тема дисертаційної роботи Шевченка К. В. безпосередньо пов'язана з **пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки України** згідно з п. 3 «Енергетика та енергоефективність», п. 4 «Раціональне природокористування» і п. 5 «Нові речовини і матеріали» статті 3 Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» (зі змінами від 29.01.2021 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 **п'ять** наукових результатів, що характеризують їх **новизну та інноваційний характер**. Автор позиціонує та репрезентує **наукові положення** у такий спосіб:

1) теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено вплив вуглеводневого складу рідких продуктів термічної деструкції вторинної поліолефінової сировини – фракцій з межами википання 200–300 °С на їх хімічну стабільність;

2) висунуто гіпотезу про вплив швидкості термічної деструкції (k , г/с) поліолефінової сировини на масовий вихід і фізико-хімічні показники якості паливних фракцій;

3) представлено графічні схеми обмеження вмісту, отриманого компоненту, згідно яких, необхідно визначати межі википання вузьких паливних фракцій, що доцільно використовувати у компаундованому паливі;

4) запропоновано алгоритм для підбору вторинної сировини з метою її технологічної переробки в компоненти моторних і котельних палив, що базується на визначенні виробничих витрат на кожній стадії процесу та надає можливість розрахунку загальної собівартості кінцевого продукту;

5) набуло подальший розвиток використання у складі товарних нафтопродуктів, фракцій, отриманих з вторинної полімерної сировини, що дозволило встановити раціональний вміст ВПФ (200–300 °С) в ДП-3-Євро5-В7, на рівні 20% мас. (для ПЕНТ) і 30% мас. (для ПП), а раціональний вміст ВПФ (300–360 °С) в мазуті, марки 100, не залежно від виду полімеру – на рівні 30% мас.

Практичне значення результатів теоретичних і експериментальних досліджень автором обґрунтовано **шістьма** положеннями:

1) виконані теоретичні та експериментальні дослідження дозволили отримати зразки компаундованого дизельного палива з дуже низьким вмістом сірки, на рівні 5,5 мг/кг та компаундованого мазуту з вмістом сірки, на рівні 170 мг/кг, що, у свою чергу, відповідає стандартам екологічної безпеки, прийнятих у країнах ЄС;

2) розроблено метод визначення корозійного впливу дизельного палива на мідну пластинку у динамічних умовах (температура дослідження від 20 °С до 100 °С; кількості палива, що прокачується крізь пластинку, від 4,0 дм³/хв до 20 дм³/хв), що дозволяє отримати більш адекватну інформацію стосовно корозійного впливу палива, ніж дослідження у статичних умовах;

3) розроблено метод визначення корозійного впливу на мідну пластинку продуктів згорання дизельного палива (фракції), що є дуже важливим показником для застосування палив, що у своєму складі містить корозійно-активні елементи. Причому, ці елементи можуть не викликати корозію мідної пластини при дослідженні рідкого палива в стандартних умовах, але здатні викликати сильне корозійне руйнування металевих конструкцій систем очистки димових газів, знаходячись у продуктах згорання палива;

4) розроблено метод визначення хімічної стабільності дизельного палива (фракції), що полягає у продуванні крізь розігріте до 40–60 °С паливо, 5 дм³/хв повітря, протягом 12 год, з подальшим дослідженням хімічного складу палива методами ГХ/МС та його порівнянні з вихідним зразком;

5) очікуваний економічний ефект при отриманні ШПФ з вторинної полімерної сировини, у порівнянні з газоконденсатною сировиною, складає 11550,98 грн/т основного продукту. Відвернений екологічний збиток від забруднення навколишнього природного середовища при заміні поховання на полігонах, полімерних ТПВ на їх технологічну переробку в компоненти моторних та котельних палив, складає 96,679 млн грн;

б) результати дисертаційної роботи впроваджені на підприємствах ТОВ «Хімконсалтинг Трейд», ТОВ «Гамма хімпром» та в навчальному процесі на кафедрі технології переробки нафти, газу і твердого палива НТУ «ХП» у матеріалах дисциплін «Методи дослідження якості нафти, газу та продуктів їх переробки», «Рециклінг та ресурсозбереження в галузі», «Сучасні технології в галузі» за спеціалізацією 161-05 «Технології переробки нафти, газу та твердого палив»; на кафедрі технічної експлуатації та сервісу автомобілів «ХНАДУ» у матеріалах дисциплін «Експлуатаційні матеріали», «Основи експлуатації транспортних засобів».

Загальна характеристика роботи.

У **вступі** описано стан проблеми та обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та основні завдання досліджень, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, а також сформульовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У **першому** розділі виконано ґрунтовний аналіз літературних джерел стосовно сучасного стану досліджень.

Обґрунтовано вибір видів палив – дизельного марок «Л» і «З», топкового мазуту, марок 40 і 100 для проведення досліджень.

Автор проаналізував і дійшов висновку, що найбільш раціональним і економічно доцільним виходом у існуючих геополітичних умовах, що склалися навколо України, є розширення сировинної бази процесу виробництва палив через використання вторинної сировини. Встановлено, що цей вид сировини характеризується багатотонними запасами в Україні та володіє високим потенціалом властивостей, що є перспективними при її застосуванні у виробництві палива.

Серед вторинної сировини найбільш перспективною, з точки зору її використання у технології виробництва палив є полімерна сировина, щорічні обсяги утворення якої, складають біля 60 тис. тонн, не враховуючи вже накопиченої її кількості, що зберігається на полігонах і сміттєзвалищах України. Автор обґрунтував перспективний напрям через переробку відходів ПЕ (поліетилену низького (ПЕНТ) і великого тиску (ПЕВТ)) та ПП кількість яких, складає біля 41 % від загальної кількості полімерних відходів.

У **другому розділі** автор описав основні та допоміжні речовини, що використані у роботі. Вихідною сировиною для отримання фракцій, які в подальшому виступали компонентами товарного дизельного палива марки

ДП-3-Євро5-V7 та паливного мазуту марки 100, було обрано відпрацьовані вироби з ПЕНТ, що призначені для упаковки харчових продуктів та виробляються у відповідності до ДСТУ 7275:2012. «Пакети з полімерних та комбінованих матеріалів. Загальні технічні умови», та вироби з ПП – використаний одноразовий столовий посуд, що виробляється у відповідності до ТУ У 25.2-35732699-001:2010.

2. Тут автором запропонована технологія отримання компонентів палива з вторинної полімерної сировини та власне компаундованого палива, складалася з ланцюга технологічних операцій (стадій), що поєднані у логічні блоки: блок I – стадії підготовки полімерної сировини (сортування; подрібнення; промивка та просушка); блок II – стадії переробки сировини та компаундування (деструкція сировини, фракціонування та власне компаундування).

Визначення якості товарних нафтопродуктів (дизельне паливо, мазут), компонентів, отриманих під час проведення термічної деструкції полімерної сировини та товарного компаундованого палива здійснювалося із застосуванням стандартизованих методів дослідження, що регламентується у ДСТУ 7688:2015 «ПАЛИВО ДИЗЕЛЬНЕ ЄВРО. Технічні умови» та ДСТУ 4058-2001 «Паливо нафтове. Мазут. Технічні умови».

У **третьому розділі** автор обґрунтував основні вимоги (економічні, технологічні, безпеки та якості отриманої продукції) до визначення нових видів сировини, що можна використовувати як альтернативу до класичної нафтової сировини.

Автор запропонував загальний алгоритм вибору сировини, який враховує основні технологічні стадії її переробки та базується на визначенні виробничих витрат, якими характеризується кожна стадія технологічного процесу. Даний алгоритм надає можливість розрахунку загальної собівартості кінцевого продукту, що впливає на його конкурентоспроможність на світовому ринку нафтопродуктів.

Тут автор висунув гіпотезу, про вплив швидкості термічної деструкції поліолефінової сировини на масовий вихід продуктів деструкції. На підставі чого, встановлено аналітична залежність між кількісним виходом рідких продуктів деструкції полімерної сировини, що представлено співвідношенням паливних (w_m^{FF}) до мастильних фракцій (w_m^{FF}) та швидкістю деструкції (k , г/с).

Четвертий розділ присвячено висвітленню результатів експериментальних досліджень властивостей компонентів палива, отриманих з вторинної полімерної сировини.

Описано основні закономірності, технологічні режими процесів переробки вторинної полімерної сировини та якісні показники компаундованих палив і компонентів.

У **п'ятому** розділі автором запропоновано раціональну технологічну схему переробки полімерної сировини у компоненти моторних і котельних палив, що складається з реактора термічної деструкції ($t = 280 \div 400^\circ\text{C}$; $P = 0,1 \div 0,25\text{МПа}$)

поєднаного з колонною ($t_{\text{верх}} = 250 \div 280^\circ\text{C}$; $P = 0,05 \div 0,35$), складної колони фракціонування отриманих продуктів ($t_{\text{низ}} = 250 \div 280^\circ\text{C}$, $t_{\text{верх}} = 300 \div 350^\circ\text{C}$; $P = 0,05 \div 0,20$ МПа) та резервуарного парку (4 резервуари типу РГС) для прийому та зберігання отриманих продуктів. Цільовими продуктами установки є 35–45% ВПФ ($200\text{--}300^\circ\text{C}$) і 10–15% ВПФ ($300\text{--}360^\circ\text{C}$) – компоненти моторних і котельних палив, відповідно. Побічними продуктами є 3–5% вуглеводневих газів, 10–20% ВПФ (п.к. – 200°C) та 20–30% фракції, що википає понад 360°C .

Тут автор описав заходи щодо безпечної експлуатації установки, що забезпечують як захист працюючого персоналу від нещасних випадків, так і захист навколишнього середовища від шкідливих викидів, що утворюються на установці. Наведено перелік основних неполадок, що сприяють створенню аварійної ситуації та шляхи їх усунення, що запобігають розвитку аварійної ситуації.

Автором розраховував очікуваний економічний ефект при отриманні ШПФ з вторинної полімерної сировини, у порівнянні з газоконденсатною сировиною, що складає 11550,98 грн/тонн основного продукту. А відвернений екологічний збиток від забруднення навколишнього природного середовища при заміні поховання полімерних ТПВ на полігонах, на їх технологічну переробку в компоненти моторних та котельних палив, складає 96,679 млн грн.

Дискусійні аспекти, невідповідності та рекомендації щодо змісту дисертаційної роботи. Відзначаючи загалом достатній науковий рівень дисертаційної роботи Шевченка К. В., слід відзначити, що робота не позбавлена певних невідповідностей і дискусійних аспектів, до яких слід віднести такі:

1. Перший розділ дисертації перевантажено термінологічною інформацією, що є загальновідомою. Тут варто було б посплатись на відповідне джерело.

2. Формулювання предмету дослідження представлено узагальнено. Мета роботи має чітко розкривати назву та суть. На погляд опонента метою роботи є «розроблення або удосконалення технології отримання компонентів моторних та котельних палив з вторинної полімерної сировини».

Формулювання предмету дослідження представлено дещо невдало так як виходячи з мети, завдань та трактування об'єкту дослідження цей компонент має бути у межах. Рациональніше було сформулювати предмет дослідження як «хімічний склад, властивості та технологічні параметри отримання компаундованого товарного палива» Або «закономірності впливу хімічного складу та температурних меж википання отриманих компонентів на властивості компаундованого товарного палива».

3. Що є гіпотезою дослідження? На підставі цього більш конкретно формулюються вирішувані науково-прикладні проблема або завдання. Автор декларує, що «дисертаційній роботі вирішена важлива науково-практична проблема, що пов'язана з розширенням сировинної бази та удосконаленням

процесу виробництва моторного і котельного палива, що відповідає стандартам екологічної безпеки, прийнятого у країнах Європейського Союзу».

У такому формулюванні варто було б вказати яким стандартам ЄС мають відповідати розроблювані моторні та котельні палива.

4. Не достатньо описано досвід відчизняних вчених, які працювали та працюють у сферах з точки зору нових знань?

5. Пункт 2 наукової новизни «висунуто гіпотезу про вплив швидкості термічної деструкції (k , г/с) поліолефінової сировини на масовий вихід і фізико-хімічні показники якості паливних фракцій» не вдало сформульовано. Можливо краще було б «доведено висунуту автором гіпотезу ...».

Під час репрезентації практичного значення автору варто було б більше акцентувати увагу на прикладному характері цієї роботи, якою цфері створення альтернативних палив.

6. Пункти 3 і 4 наукової новизни мають декларативний характер. Необхідно конкретизувати, що саме розуміється у поданих твердженнях фактично є. Розкриваючи суть практичної складової, значущості виконаних досліджень автору слід було б висвітлити в яких саме галузях можна застосовувати напрацьовані ним результати.

7. До рис. 1.4 варто було б надати більше коментарів і посилань на літературні джерела щодо постачань палив в Україну.

8. На стор. 31 автор стверджує, що «До сих пір у світовій технічній літературі відсутні науково-обґрунтовані технологічні принципи використання вторинної полімерної сировини у виробництві палива». Тут варто навести більше доказових посилань на аналітичні джерела так як у світі цей напрям досить активно розвивається.

9. На сторінці 85 репрезентовано багатий матеріал результатів досліджень. Але, на погляд опонента, ці результати не висвітлені у науковій новизні дисертації, що варто було б зробити.

10. Рисунки 2.5 і 2.6 мають однакову назву «Схема лабораторної установки». Доцільно уточнити назви.

11. У назві рисунку 4.13 доцільно розшифрувати червоні та сині стовпці.

12. У назві рис. 4.17 вказано «залежність корозійного впливу від ...» різних величин. Проте на вертикальній осі наведено «Класифікація етанолів». Потрібне пояснення.

13. Запропонована авторами технологія отримання компонентів палива з вторинної полімерної сировини та власне компаундованого палива, складається з ланцюга технологічних операцій (стадій), що поєднані у логічні блоки, як позиціонує. Тут логічно було б підкреслити, що саме зробив автор у даній технології. Навести аналоги. Немає посилань на патент. Тут варто було б запатентувати розробку. А економічні ефекти доцільно було б подати у вигляді з порівняння з цими аналогами.

14. У тексті дисертації й автореферату зустрічаються редакційні, стилістичні та термінологічні помилки, технічні описки. Так, наприклад,

автором часто помилково вживаються такі конструкції «шляхом» замість «через», «за рахунок» замість «через» і т.п.

Однак, виявлені невідповідності не знижують науково-практичної цінності дисертаційної роботи. Наукова новизна, практичне значення результатів наявні та їх апробація аргументовані, кількість публікацій цілком достатня. Дисертація має чітко виражений прикладний характер.

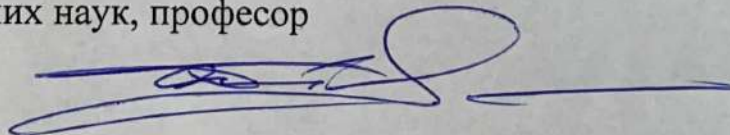
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Системний аналіз дисертаційної роботи Шевченка К. В. «Технологія компонентів моторних та котельних палив з вторинної полімерної сировини» свідчить про те, що вона є завершеною, цілісною самостійною кваліфікаційною працею, логіка і внутрішня структура якої підпорядкована поставленій меті та завданням.

Теоретичне і практичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи полягає в тому, що представлені автором висновки і рекомендації можуть слугувати базисом для розвитку напрямів і пріоритетів інноваційного розвитку країни, забезпечують основу для подальших досліджень у сфері альтернативних джерел енергії.

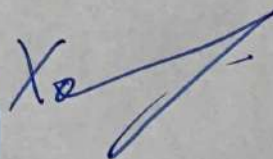
За сукупністю якісних і формальних ознак щодо актуальності обраної теми, обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірності й новизни дана дисертаційна робота відповідає вимогам, передбаченим Наказом Міністерства науки та освіти від 12.-1.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» та Постановою Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. № 167 «Порядок проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», а її автор, **Шевченко Кирило Володимирович**, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія (галузь 16 – Хімічна та біоінженерія).

Професор кафедри теплотехніки та енергозбереження
Інституту енергоменеджменту та енергозбереження
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
доктор технічних наук, професор



С. В. Бойченко

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



В. В. Холявко