

ВІДЗИВ

*офіційного опонента доктора технічних наук
професора Шмандія Володимира Михайловича
на дисертаційну роботу*

КРИВОЇ МАРГАРИТИ СЕРГІЇВНИ

**«НАУКОВІ ЗАСАДИ ЕКОЛОГІЧНО ПРИЙНЯТНОГО
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ УТИЛІЗАЦІЇ ЗНОШЕНИХ
АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН І ГУМО-ТЕХНІЧНИХ ВІДХОДІВ»**

*що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 21.06.01 - екологічна безпека*

Актуальність теми дисертаційного дослідження.

Стан екологічної безпеки в Україні є досить складним. Існує широке різноманіття чинників (як природного, так і антропогенного характеру), які спричиняють погіршення стану довкілля. Зокрема функціонування об'єктів транспорту призводить до формування суперечностей між потребами суспільства у технічному розвитку і завданнями стійкого соціально-економічного розвитку країни, збереження й відновлення навколишнього середовища. Наведені обставини обумовлюють нагальну потребу комплексного вивчення проблем, пов'язаних з екологічною безпекою експлуатації автотранспортних засобів. Їх розв'язання можливе лише за умов ефективного науково обґрунтованого управління рівнем екологічної безпеки в окремих техногенно навантажених екосистемах, де експлуатується автотранспорт.

Виходячи із вище наведеного, можна констатувати, що оцінка рівня екологічної небезпеки об'єктів накопичення та зберігання зношених автомобільних шин (ЗАШ) та гумо-технічних відходів (ГТВ), а також процесів їх утилізації є достатньо актуальним.

Детальне знайомство з дисертацією, авторефератом та працями здобувача дозволяє стверджувати, що дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі – створення передумов зменшення шкідливого впливу на довкілля об'єктів накопичення, зберігання та утилізації зношених автомобільних шин і гумо-технічних

відходів шляхом застосування багатоконтурного циркуляційного піролізу з отриманням товарної продукції у вигляді альтернативного рідкого палива, пірокарбону та металокорду.

Актуальність теми дисертаційного дослідження автором аргументовано висвітлено у роботі та авторефераті.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, достатній, що підтверджується застосуванням сучасної методології досліджень, яка використовує адекватні підходи до аналізу станів екологічної безпеки.

Достовірність одержаних результатів підтверджується системним підходом до комплексного вирішення наукових та практичних задач, забезпечується використанням апробованих стандартних методів досліджень (зокрема, методів фізичного і математичного моделювання, газо-рідинної хроматографії, термометрії), конкретною постановкою задач і детальним обґрунтуванням основних положень та висновків. Дослідження автора ґрунтуються на надійному фундаменті попередніх розробок.

Відповідність мети, об'єкта та предмета дослідження паспорту спеціальності. Мета дослідження полягає у встановленні закономірностей впливу технологічних параметрів на стан екологічної безпеки піролізного процесу утилізації зношених автомобільних шин та гумо-технічних відходів та розвитку наукових основ управління екологічною безпекою. Об'єктом дослідження виступає процес піролізної утилізації ЗАШ та ГТВ як джерела забруднення довкілля небезпечними речовинами. Предметом дослідження є вплив технологічних параметрів на екологічність піролізного процесу утилізації ЗАШ та ГТВ. Вважаю, що мета, об'єкт та предмет дослідження дисертаційної роботи відповідають формулі та паспорту спеціальності 21.06.01- екологічна безпека, а саме «Розроблення систем екологічного моніторингу й техногенно-екологічної безпеки регіонів, окремих екосистем».

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розвитку засад забезпечення екологічної безпеки утилізації зношених автомобільних шин і гумо-технічних відходів. Основними науково-обґрунтованими результатами є наступне:

1. Розроблено наукові засади чотирьох-контурної рециркуляційної технології термічної утилізації зношених автомобільних шин та гумо-технічних відходів, застосування якої забезпечує поліпшення стану екологічної безпеки за рахунок зменшення обсягів накопичення відходів та рівень забруднення компонентів довкілля шкідливими продуктами їх піролізу.

2. Встановлено залежності параметрів фазорозділення первинної газової суміші процесу піролізу від температурного режиму і обґрунтовано перерозподіл компонентів за контурами, при цьому здійснюється послідовна рециркуляція 80% нелетких компонентів первинної газової суміші; встановлено, що кінцева рідка фракція за своїми фізико-хімічними показниками близька до дизельного палива, що обумовлює можливість її практичного використання.

3. Удосконалено методику розрахунку фазової рівноваги вуглеводнів у багатоконтурній циркуляційній системі шляхом застосування особливостей зміни ентальпії первинної газової суміші продуктів деструкції зношених автомобільних шин та гумо-технічних відходів, що дозволяє об'єктивно прогнозувати вихід та склад кінцевих продуктів піролізу.

Оцінка висновків здобувача щодо значущості його роботи для науки і практики. Одержані дисертантом результати мають важливе значення для науки, оскільки вони сприяють розвитку науково-практичних аспектів управління екологічною безпекою. Конкретизуючи, слід відмітити, що наукова значимість роботи фактично полягає у створенні елементів управління екологічною безпекою у місцях утилізації зношених автомобільних шин і гумо-технічних відходів.

Практичне значення отриманих результатів полягає, перш за все, у можливості запровадження елементів управління екологічною безпекою об'єктів накопичення, зберігання та утилізації ЗАШ та ГТВ.

Результати моделювання у вигляді встановлених залежностей технологічних режимів від якості кінцевих продуктів можуть бути використані на стадії проектування та розроблення конструкторської документації обладнання промислової реалізації багатоконтурного циркуляційного піролізу ЗАШ та ГТВ з метою прогнозування шкідливого впливу процесу на довкілля.

Щодо **завершеності дисертації в цілому** слід відмітити, що це завершена робота, яка складається з анотації, вступу, переліку умовних скорочень, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (154 найменувань) та 15 додатків. Містить 56 рисунків та 51 таблицю. Загальний обсяг дисертації 229 сторінок.

У **вступі** обґрунтовано актуальність напряму досліджень; висвітлено зв'язок роботи з науковими програмами; визначено об'єкт та предмет дослідження; наведено положення, що визначають її наукову й практичну значущість, а також особистий внесок здобувача; охарактеризовано ступінь апробації результатів, наведено відомості про публікації автора.

У **першому розділі** приведено загальну характеристику гумо-технічних відходів та зношених автомобільних шин як об'єктів негативного впливу на довкілля. Проведений огляд способів та методів утилізації ЗАШ та ГТВ. Виявлені недоліки їх застосування в результаті забруднення атмосферного повітря, ґрунту, наземних та підземних вод сполуками сірки (сірковуглець, діоксин сірки, сірководень), поліциклічними ароматичними вуглеводнями (бенз(а)пірен, хризен, бенз(а)антрацен, ін.); оксидами вуглецю та оксидами азоту. Встановлено доцільність використання ЗАШ та ГТВ як сировини для термічної утилізації.

Висунуто ідею, що зменшення шкідливого впливу на довкілля об'єктів накопичення та зберігання ЗАШ та ГТВ, а також процесів їх утилізації можна досягти шляхом застосування технології багатоконтурного циркуляційного піролізу (БЦП) з отриманням товарної продукції у вигляді альтернативного рідкого палива, пірокарбону та металокорду.

Актуальність роботи полягає в розробці способів зниження негативного впливу на навколишнє середовище термічної утилізації гумо-технічних відходів за рахунок вдосконалення Багатоконтурного циркуляційного піролізу шляхом вибору технологічних режимів та процесів інтенсифікації деструкції для забезпечення екологічної безпеки.

Дослідження процесу деструкційної переробки відходів за технологією багатоконтурного циркуляційного піролізу (БЦП) полягає у побудові достовірних математичних моделей процесів та явищ, які характеризують термічне перетворення відходів в реакційному об'ємі.

У другому розділі обґрунтовано методологію проведення досліджень термічних процесів деструкції ГТВ та проведення експерименту для відпрацювання оптимальних технологічних режимів. Математичний опис процесів термічної деструкції представлений диференціальними рівняннями матеріального балансу, що включають склад і величину потоків в будь-якому перетині системи і враховують кінетику процесу масопередачі, газо-рідинну рівновагу, а також гідродинамічну структуру потоків. Моделювання фазової рівноваги здійснюється на основі методу Темкіна-Шварцмана з використанням емпіричних даних теплоти реагуючих речовин. Представлені методи фізико-хімічного аналізу продуктів та обладнання для дослідження хімічного складу отриманої рідкої фракції на рідинному хроматографі «Neochrom».

У третьому розділі представлені результати застосування апарату математичного моделювання хіміко-технологічного процесу термічної

утилізації відходів за технологією БЦП. За результатами проведеного дослідження встановлено раціональний температурний режим утилізації відходів за технологією БЦП, що складає 565 – 575 °С, в межах якого здійснюється інтенсифікація деструктивних перетворень та вихід основних теплотворних компонентів первинної газової суміші (ПГС).

Встановлено ефективні режими роботи реактору для інтенсифікації процесу, визначено концентрації основних складових ПГС та отримано основні термодинамічні характеристики стану системи, що є початковими даними для моделювання процесів фазорозділення ПГС на контурах циркуляційної системи.

У четвертому розділі наведено особливості моделювання технологічних режимів рециркуляції ПГС в багатоконтурній циркуляційній системі (БЦС). З аналізу отриманих розрахункових даних встановлена залежність виходу кінцевих фракцій і від режиму роботи. Раціональними температурами здійснення процесу для контурів оходоження БЦС встановлено: 360 °С для першого контуру, 245 °С для другого контуру, 170 °С для третього контуру, та 60 °С для кіцевого контуру, що самостійно розділяє фракцію на газ та рідину.

В результаті експериментальних досліджень визначено фракційний вуглеводневий склад та вміст гетероатомних сполук в кінцевих продуктах термічної утилізації зазначених відходів за технологією БЦП та встановлено, що розбіжність з теоретичними розрахунками не перевищує 7%, що дає підстави стверджувати про адекватність запропонованої моделі.

Достовірність отриманих результатів забезпечується застосуванням адекватної моделі газо-рідинної рівноваги і алгоритму розрахунку процесу рециркуляції, а також порівнянням отриманих теоретичних даних з результатами експерименту.

У п'ятому розділі наведені напрямки впровадження результатів дослідження, які основані на зменшенні технологічних витрат за рахунок

доцільного використання енергетичного потенціалу ЗАШ та ГТВ як цінної вторинної сировини.

Здійснена оцінка теплового процесу нагріву реактору утилізації ЗАШ та ГТВ на основі ексергетичного методу термодинамічного аналізу. Визначено ексергетичний коефіцієнт корисної дії, який складає 74,9 % та є високим показником, порівняно з іншими технологічними тепловими установками.

На основі результатів моделювання у вигляді встановлених залежностей технологічних режимів від якості кінцевих продуктів розроблено вихідні дані для промислової реалізації багатоконтурного циркуляційного піролізу ЗАШ та ГТВ з метою прогнозування шкідливого впливу процесу на довкілля.

Розроблені практичні рекомендації були впроваджені при розробці конструкторської документації обладнання безперервної дії для компанії «ERVOEnv iTech s.r.o.» (Чеська Республіка) та в роботі ТОВ «ТехноАльянСервис» (м. Миколаїв) на етапі складання технічного завдання установки термічної утилізації ЗАШ та ГТВ продуктивністю 5 т/добу по сировині.

У додатках наведені матеріали, що доповнюють дисертацію інформаційним змістом, а саме містять відомості про склад гумо-технічних відходів та твердих відходів гуми, зношені автомобільні шини, компоненти гумової суміші та їх властивості.

Розкрито переваги і недоліки різних методів та способів утилізації ЗАШ та ГТВ в розширеному вигляді. Представлені результати комп'ютерного моделювання деструктивних перетворень ЗАШ та ГТВ на основі програмного комплексу Астра 4 у вигляді фрагментів.

Також до розгляду в додатках представлені акти впровадження результатів дисертаційного дослідження, листи підтримки та інші документи, що підтверджують практичну значимість роботи, а також патенти.

Висновки до розділів та загальні висновки сформульовані достатньо чітко, вони відповідають меті та завданням дисертаційної роботи.

Оформлення дисертації відповідає ДСТУ 3008-95 "Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення" та вимогам Атестаційної колегії МОН України. Мова і стиль викладання дисертації і автореферату чітко висвітлюють одержані науково-практичні результати, позначені метою досліджень.

Шляхи використання наукових та практичних результатів роботи і ступінь їх реалізації. Основні результати дисертаційної роботи, які полягають у відпрацюванні раціональних технологічних режимів утилізації ЗАШ та ГТВ, впроваджено при виготовленні установки безперервної дії для компанії «ERVO EnviTech s.r.o.», (Чеська Республіка) (Акт впровадження від 30.01.17 року). Розроблені практичні рекомендації, які впроваджені в роботі ТОВ «ТехноАльянСервис» (м. Миколаїв) на етапі складання технічного завдання установки продуктивністю 5 т/добу по сировині (Акт впровадження від 08.10.2018 року).

Пропозиції щодо розширення сфери використання результатів дисертаційної роботи рекомендую направити до Міністерства екології та природних ресурсів України, Міністерства промислової політики України та Міністерства освіти і науки України.

Повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях. За темою дисертації опубліковано 24 наукові праці: з них 4 статті у фахових виданнях України, з яких 2 у журналах і збірках, які входять до науково-метричних баз, а саме Scopus та Web of Science; 1 патент України на винахід та 1 патент України на корисну модель; решта – праці апробаційного характеру, які опубліковано у збірках матеріалів науково-практичних конференцій.

Апробація результатів дисертаційного дослідження. Слід відзначити достатність оприлюднення результатів. Матеріали дисертації доповідались на конференціях міжнародного та всеукраїнського рівнів.

Ідентичність змісту автореферату основним положенням дисертації. Зміст автореферату відповідає розділам дисертації та її основним положенням.

Дисертація є одноособово створеною кваліфікаційною науковою працею, яка містить сукупність результатів та наукових положень, поданих автором для публічного захисту, має внутрішню єдність і свідчить про особистий внесок автора в науку.

Констатуючи безперечне науково-практичне значення, слід відмітити наступні недоліки та зауваження до роботи і автореферату:

1. За рахунок чого температура на зовнішній поверхні реактора у всіх випадках більша за температуру на його внутрішній поверхні (таблиця 2.2)

2. Де і як саме можна використати піромасла та пірокарбон, виокремлений зі шламу після піролізної установки? Чи не є це відходом, який буде накопичуватись?

3. З якою періодичністю здійснювався контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони й одержуваних продуктів?

4. Яке первинне джерело тепла використовується для процесу утилізації? Чи залишається після процесу піролізний газ в надлишку?

5. Не зрозуміло, скільки сірки міститься в початковому складі зазначених відходів.

6. Оскільки відпрацьовані шини містять металокорд доцільно було б вказати на його вилучення та поводження з ним в якості відходу виробництва.

7. Значна кількість аббревіатурних скорочень ускладнює сприйняття змісту дисертації.

8. Не зрозумілим є використання термінів «екологізація», «екологічно прийнятний». Екологія – це наука. Бажано було б дотримуватися термінології з екологічної безпеки.

Зазначені недоліки та зауваження не знижують наукової цінності роботи.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, що в сукупності вирішує актуальну науково-прикладну задачу в галузі екологічної безпеки – забезпечення екологічної безпеки утилізації зношених автомобільних шин і гумо-технічних відходів. Дисертація відповідає паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека та вимогам п.п. 9, 11-13 положення про «Порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року №567, а її автор **Крива М. С.** заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Офіційний опонент
завідувач кафедри екологічної безпеки
та організації природокористування
Кременчуцького національного
університету імені Михайла
Остроградського, доктор технічних наук
за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека,
професор



В.М. Шмандій

