

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Гринишин Ксенії Олегівни на тему: “Одержання компонентів моторних палив на основі продуктів переробки відходів термопластів”, представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія

Дисертаційна робота Гринишин Ксенії Олегівни вирішує важливе наукове і прикладне завдання – розроблення основ технології одержання компонентів моторних палив з піроконденсату піролізу відходів термопластів. Ця робота є дотичною до галузі полімерів, оскільки вирішує проблему утилізації відходів полімерів, зокрема термопластів (поліетилену, поліпропілену, полістиролу), а також в деякій мірі розкриває особливості деградації полімерів за підвищених температур.

### **1. Актуальність теми.**

Однією з найважливіших проблем сьогодення є кваліфіковане використання полімерних відходів, які накопичуються на організованих та стихійних звалищах, що підвищує рівень екологічної небезпеки на прилеглих територіях внаслідок потрапляння шкідливих речовин у довкілля.

У світі щороку виробляють десятки мільйонів тонн полімерів. Ці унікальні за складом та властивостями продукти використовують у різних галузях промисловості й побуту. Однак, на відміну від інших матеріалів, тривалість експлуатації виробів з полімерів у декілька разів менша, а значна частина виробів із полімерів є взагалі одноразовими. Полімерні відходи в гігантських кількостях накопичуються на сміттєзвалищах, розкидані в лісах та полях, забруднюють води Світового океану. А оскільки їх деградація переважно є тривалою, то кількість їх щодня збільшується. Це підвищує рівень екологічної небезпеки на прилеглих територіях внаслідок потрапляння шкідливих речовин у довкілля. Саме тому однією з найважливіших проблем сьогодення є кваліфіковане використання полімерних відходів.

У промисловій практиці широко використовуються методи спалювання полімерних відходів, рециклінг із повторним використанням, використання як компонента сировини різноманітних виробництв тощо. На особливу увагу заслуговує метод низькотемпературного піролізу полімерних відходів, оскільки він дає змогу сповна використати особливості їхньої хімічної будови. Здійснивши термічну деградацію полімерів, можна одержати низькомолекулярні вуглеводні, подібні до нафтових вуглеводнів. Отже, налагодивши належно цей метод переробки полімерних відходів, можна, по-перше, частково вирішити проблему забруднення довкілля, а, по-друге, знизити використання сирової нафти, що належить до вичерпних копалин. Саме тому актуальність дисертаційної роботи Гринишин К.О. не викликає жодного сумніву.

### **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота є складовою частиною науково-дослідної роботи кафедри хімічної технології переробки пластмас Національного університету «Львівська політехніка» за науковим напрямом кафедри «Теоретичні і

прикладні аспекти одержання, модифікування, суміщення та перероблення функціоналізованих (ко)полімерів, полімерних композитів і виробів зі спеціальними властивостями». Дисертаційна робота виконана в межах науково-дослідної роботи «Розроблення методів регенерації й утилізації відпрацьованих нафтопродуктів та одержання паливно-мастильних компонентів з відновлювальних джерел сировини» (№ держ. реєстр. 0118U000414). Автор дисертаційної роботи є одним з виконавців цієї наукової теми.

### **3. Ступінь обґрунтованості наукових положень і результатів.**

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, теоретично обґрунтовані, а їх достовірність підтверджується результатами теоретичних, експериментальних та дослідно-промислових досліджень. Всі висновки базуються на масиві матеріалів, одержаних з використанням сучасних стандартизованих і науково обґрунтованих методів досліджень.

### **4. Наукова новизна проведеного дослідження.**

Основними положеннями, що виносяться на захист є:

- розроблення наукових основ низькотемпературного піролізу відходів термопластів (поліетилену високої густини, поліпропілену і полістиролу) та встановлення принципової науково-обґрунтованої можливості використання піроконденсату для одержання компонентів моторних палив (бензину та дизельного палива).
- встановлено, що чим вища температура піролізу, тим нижчий вихід рідкого продукту – піроконденсату. Доведено, що за вищих температур утворюється піроконденсат легшого фракційного складу, зокрема за 400 °С вміст в піроконденсаті піролізу поліетилену світлих фракцій складає 56,5 % мас., а за 450 °С – 85,8 % мас. У випадку піролізу поліпропілену за 350 °С вміст світлих фракцій в піроконденсаті становить 75,5 % мас., а за 400 °С – 90,0 % мас.;
- встановлено, що пірокарбон, одержаний під час піролізу відходів полістиролу та гуми проявляє сорбційну здатність щодо нафти та нафтопродуктів в межах 0,66-1,45 г/г.

**5. Практична значимість** дисертаційної роботи не викликає сумніву, оскільки внаслідок її виконання автором досягнуто такі практичні результати:

- розроблено технологічні рекомендації для одержання компонентів моторних палив з піроконденсату піролізу відходів термопластів. Рекомендовано проводити процес піролізу в максимально жорсткому режимі – для піролізу відходів поліетилену за 450 °С; для піролізу відходів поліпропілену – 400 °С. Запропоновано методи вторинної переробки бензинової та дизельної фракцій піроконденсату для забезпечення відповідності їх експлуатаційних характеристик вимогам нормативних документів на товарні моторні палива.
- розроблено заходи щодо раціонального використання побічних продуктів піролізу відходів термопластів – пірогазів, залишку перегонки піроконденсату та пірокарбону.
- встановлено, що здатність до поглинання нафти та нафтопродуктів пірокарбонем піролізу зношених шин складає 1,02-1,45 г/г. Сорбційна

здатність пірокарбону піролізу відходів полістиролу є дещо нижчою і знаходиться в межах 0,66-0,96 г/г. На підставі проведених досліджень запропоновано використовувати пірокарбон як адсорбент для збору і локалізації розливів нафти і нафтопродуктів на твердих та водних поверхнях.

- розроблено основи технології перероблення відходів термопластів – запропоновано і обґрунтовано принципову технологічну схему установки піролізу, складено технологічну карту, розраховано матеріальний баланс процесу піролізу.
- розраховано виробничу собівартість піроконденсату піролізу відходів термопластів – 2070,73 грн./т. За наближеними оцінками відпускна вартість піроконденсату в 5 разів менша, ніж вартість сирової нафти, що підтверджує доцільність переробки відходів термопластів методом низькотемпературного піролізу.
- результати досліджень впроваджено у навчальний процес підготовки докторів філософії у НУ «Львівська політехніка» за спеціальністю 161 – хімічні технології та інженерія.

#### **6. Публікації та апробація результатів роботи.**

Усі основні положення дисертаційної роботи висвітлені в наукових публікаціях. За темою дисертації опубліковано 14 наукових праць, з них 5 статей у наукових фахових виданнях (з них 2 у виданнях, включених у науково-метричні бази), 9 матеріалів і тез доповідей на наукових конференціях різного рівня.

#### **7. Структура та зміст роботи.**

Дисертаційна робота Гринишин Ксенії Олегівни є завершеною науковою працею.

Дисертаційна робота складається з вступу, основної частини (5-ти розділів), висновків та списку джерел літератури (108 найменувань) і 1-го додатку. Робота викладена на 134 стор., містить 13 рисунків і 47 таблиць.

Дисертаційна робота за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

#### **8. Загальна характеристика роботи.**

У «Вступі» описано стан проблеми та її актуальність, сформульовано мету та задачі досліджень, а також наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У розділі 1 «Сучасні методи утилізації відходів полімерів», обсягом 26 стор., наведений аналіз джерел літератури щодо класифікації та загальної характеристики методів утилізації полімерних відходів. Описано переваги та недоліки кожного методу. На підставі огляду літератури сформульовано мету та завдання дисертаційної роботи.

У розділі 2 «Характеристика використовуваних речовин, методики експериментів і аналізів», обсягом 8 стор., описано методики експериментів, аналізів та розрахунків, які використано під час виконання дисертаційної роботи.

У розділі 3 «Дослідження процесу низькотемпературного піролізу відходів термопластів», обсягом 35 стор., наведено результати вивчення

термічного розкладу зразків відходів поліетилену, поліпропілену і полістиролу. Описані результати проведення процесу низькотемпературного піролізу відходів поліетилену, поліпропілену та полістиролу.

У розділі 4 «Дослідження впливу температури і тривалості на процес низькотемпературного піролізу відходів поліетилену і поліпропілену», обсягом 17 стор., вивчено вплив режиму процесу піролізу відходів поліетилену і поліпропілену на вихід та властивості піроконденсату. Встановлено, що чим вищою є температура піролізу, тим нижчим є вихід рідкого продукту – піроконденсату. Вивчено склад та властивості вузьких фракцій і залишку, виділених з піроконденсату піролізу відходів поліетиленову і поліпропілену, проведеного в різних режимах.

У розділі 5 «Технологічні аспекти одержання компонентів моторних палив методом низько-температурного піролізу відходів термопластів», обсягом 17 стор., розроблено технологічні рекомендації для одержання компонентів моторних палив з піроконденсату піролізу відходів термопластів. Запропоновано напрямки використання побічних продуктів процесу. Розроблено основи технології низькотемпературного піролізу відходів термопластів – запропоновано принципову технологічну схему установки піролізу, складено технологічну карту, розраховано матеріальний баланс процесу піролізу, розраховано виробничу собівартість піроконденсату піролізу відходів термопластів.

#### **9. Академічна доброчесність.**

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

#### **10. Зауваження та дискусійні положення.**

1. Не зовсім зрозуміло, чому відходи поліетилену, поліпропілену та полістиролу було обрано для проведення дисертаційних досліджень. Потрібно більш глибоко обґрунтувати цей вибір – чому саме ці, а не інші об'єкти було обрано для досліджень.
2. Для кращого розуміння особливостей деградації полістирольних відходів бажано було б вивчити процес піролізу полістиролу за різних умов, аналогічно як це наведено у розділі 4 для поліетилену та поліпропілену.
3. Слід було б більше уваги приділити обґрунтуванню виявлених у роботі особливостей деградації полімерів залежно від їх природи та технологічних параметрів процесу низькотемпературного піролізу, зокрема хімічним перетворенням, які відбуваються під час деградації.
4. У роботі не наведені дослідження з визначення октанового числа бензинової фракції та цетанового числа дизельної фракції, виділених з піроконденсату піролізу відходів термопластів.
5. Бажано було б більше уваги приділити дослідженню залишку від перегонки піроконденсату піролізу відходів термопластів та чіткому окресленню потенційних шляхів використання цих залишків.
6. Цікавими видаються дослідження процесу низькотемпературного піролізу суміші полімерів, оскільки при цьому є непотрібною така трудомістка технологічна стадія як сортування відходів за природою полімерів.

Вказані зауваження та побажання не є принциповими, носять рекомендаційний характер і не знижують достатньо високого рівня проведених наукових досліджень та технічного оформлення дисертаційної роботи.

### 11. Загальний висновок.

Вважаю, що дисертаційна робота Гринишин Ксенії Олегівни “Одержання компонентів моторних палив на основі продуктів переробки відходів термопластів” є цілісною завершеною працею, яка вирішує важливе науково-прикладне завдання – розроблення основ технології одержання компонентів моторних палив з піроконденсату піролізу відходів термопластів, що за своїм змістом відповідає спеціальності 161 - хімічні технології та інженерія.

Дисертаційна робота має наукове та практичне значення і відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» (із наступними змінами) та постанові Кабінету Міністрів України №44 від 12.01.2022 р. «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (із наступними змінами).

Автор дисертаційної роботи – Гринишин Ксенія Олегівна – заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – хімічні технології та інженерія.

Рецензент  
завідувач кафедри хімічної технології  
переробки пластмас  
Національного університету  
«Львівська політехніка»,  
д.т.н., професор

Володимир ЛЕВИЦЬКИЙ

Підпис д.т.н., проф. Левицького В.Є.  
«ЗАСВІДЧУЮ»

Вчений секретар  
Національного університету  
«Львівська політехніка»



Роман БРИЛИНСЬКИЙ