

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Філіпса Тобенни Чімдіаді**

### **ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ІЗОПРОПІЛОВОГО СПИРТУ В УМОВАХ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ**

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.17.04 – технологія продуктів органічного синтезу

Дисертаційна робота Філіпса Тобенни Чімдіаді присвячена вирішенню актуальної задачі органічного синтезу – розробленню раціональної технології діізопропілового етеру (ДІПЕ) міжмолекулярною дегідратацією ізопропілового спирту (ІПС) з використанням для забезпечення енергоефективності виробництва каталітичного процесу окиснення цього спирту з генеруванням теплоти. Реалізація цих двох процесів на основі методу аерозольного каталізу зокрема й у віброзрідженому шарі каталізатора з використанням його механохімічної активації суттєво підвищує інтенсивність вищевказаних процесів за порівняно нижчої температури. Для вирішення поставленої задачі дисертантом визначено вплив кислотності цеоліту NaX на його каталітичні властивості в процесі міжмолекулярної дегідратації ІПС, вплив частоти механічних коливань на питому продуктивність процесу дегідратації та селективність утворення ДІПЕ, вплив температури та інтенсивності механохімічної активації на технологічні показники каталітичного окиснення ІПС. За результатами термодинамічного аналізу процесу міжмолекулярної дегідратації ІПС і експериментальними даними розроблено принципову технологічну схему процесу одержання ДІПЕ зі стадією глибокого окиснення ІПС для енергозабезпечення виробництва.

Актуальність дисертаційної роботи підтверджує її включення до плану наукового напрямку кафедри хімічної інженерії та екології Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля «Розробка каталітичних систем, енерго- та ресурсозберігаючих технологій органічного синтезу, нафтопереробки та спалювання паливних газів» (№ держ. реєстрації 0117U000563). Зацікавленість промисловості щодо результатів наукових досліджень підтверджує акт їх використання при виконанні базового проекту дослідної установки для

знешкодження промислових органічних відходів шляхом їх каталітичного окиснення за технологією аерозольного нанокаталізу на ПРАТ «Хімпроект» (м. Сєверодонецьк).

Основні наукові положення та висновки дисертаційної роботи є науково обґрунтованими. Публікація матеріалів роботи в журналах, що входять до наукометричних баз даних, фахових виданнях, матеріалах конференцій також підтверджує обґрунтованість наукових положень та висновків дисертації.

Достовірність результатів наукових досліджень забезпечена коректною постановкою мети і задач дослідження, використанням сучасних методів фізико-хімічного аналізу.

**Наукова новизна** дисертаційної роботи полягає у встановленні збільшення швидкості реакції міжмолекулярної дегідратації ІПС внаслідок попередньої обробки каталізатора цеоліту NaX нітратом амонію з подальшим проведенням процесу за температури 180–240 °С, інтенсивності коливань 1,4 і 2,0 Гц і концентрації каталізатора 2,5 г/м<sup>3</sup>, що пояснюється збільшенням активних центрів каталізу внаслідок механохімічної активації поверхні з оптимальною інтенсивністю. Дисертантом встановлено вплив температури на максимальну селективність утворення ДПЕ за умови аерозольного нанокаталізу у віброзрідженому шарі Показано, що застосування механохімічної активації каталізатора дає змогу вести процес окиснення ІПС з 100 %-ю селективністю за СО<sub>2</sub> за температури 400 °С, а з її підвищенням до 550 °С спостерігається зменшення цієї селективності. Встановлено характер залежності технологічних показників процесів міжмолекулярної дегідратації ІПС та глибокого окиснення ІПС від інтенсивності механохімічної активації.

**Практичне значення** результатів дослідження полягає в суміщенні процесів міжмолекулярної дегідратації ІПС та його глибокого каталітичного окиснення, яке дає змогу одночасно здійснювати енергозабезпечення виробництва ДПЕ, визначенні оптимальних параметрів вказаних процесів, які забезпечують високу питому продуктивність за ДПЕ та 100 %-е перетворення ІПС на СО<sub>2</sub> в реакції його каталітичного окиснення як модельної реакції генерування теплоти. Дисертантом запропоновано принципову технологічну схему, яка ґрунтується на використанні принципів аерозольного нанокаталізу для

міжмолекулярної дегідратації ІПС і конструкцію каталітичного генератора тепла із застосуванням принципів механохімічної активації.

Дисертація представлена на 152 сторінках з додатками, складається з вступу, п'яти розділів, висновків, переліку джерел літератури. Текст дисертації містить 42 таблиці та 27 рисунків. Оформлення роботи відповідає вимогам до кандидатських дисертацій. Список літератури оформлений відповідно до вимог ДСТУ 8302:2015 Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі досліджень, визначено об'єкт і предмет дослідження, обґрунтовано наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, відзначено особистий внесок здобувача і наведено дані про апробацію роботи і публікації.

У **першому розділі** дисертації наведено критичний аналіз сучасного стану процесів переробки спиртів, зокрема їх застосування для одержання етерів та в процесах глибокого каталітичного окиснення, за результатами якого спрогнозовано перспективність застосування аерозольного нанокаталізу міжмолекулярної дегідратації ІПС у віброзрідженому шарі каталізатора зі стадією каталітичного окиснення спирту для енергозабезпечення процесу одержання ДПЕ.

У **другому розділі** наведено методики досліджень і приготування активованого каталізатора, схеми експериментальних установок та їх опис, а також методики аналізу продуктів реакції.

У **третьому розділі** наведено результати термодинамічного аналізу процесу міжмолекулярної дегідратації ІПС з використанням аерозольного нанокаталізу. Показано, що забезпечення максимального виходу ДПЕ вимагає низької температури і наявності селективного каталізатора, і експериментально доведено, що обробка цеоліту NaX нітратом амонію з подальшим прожарюванням суттєво підвищує питому продуктивність процесу за ДПЕ і збільшує селективність його утворення до 78,1 %. Показано, що найвище значення селективності утворення ДПЕ досягається в інтервалі температури 180–220 °С; воно також залежить від об'ємної швидкості подачі ІПС і від частоти механічних коливань.

**Четвертий розділ** дисертаційної роботи містить результати дослідження процесу глибокого окиснення ІПС у реакторі аерозольного нанокаталізу з метою забезпечення технологічного процесу тепловою енергією. Зокрема запропоновано використовувати як ІПС, так і спиртовмісні суміші як пускове паливо для розігрівання реактора аерозольного каталізу, що визначає принципову цілісність дисертаційної роботи. Наведено результати впливу температури процесу і частоти механічних коливань у реакторі на ступінь перетворення ІПС та селективність його окиснення.

У **п'ятому розділі** розглянуто прикладні аспекти застосування аерозольного нанокаталізу з віброзрідженим шаром каталізатора в процесах міжмолекулярної дегідратації ІПС та його окиснення. Дано порівняльну оцінку технологічних показників досліджених процесів з відомими, відзначено переваги застосування запропонованої технології. Показано, що однією з переваг застосування аерозольного нанокаталізу є дуже низький вміст каталізатора відносно реакційної суміші. Запропоновано принципову технологічну схему одержання ДПЕ та конструкцію промислового віброреактора аерозольного нанокаталізу для технології окиснення ІПС.

**Висновки** до дисертаційної роботи коректно узагальнюють наведені у розділах результати.

**Список літератури** складається з 159 найменувань джерел літератури, з яких значну частку становлять сучасні публікації.

**Додатки** містять список праць дисертанта, опублікованих за темою дисертаційної роботи, і Акт використання результатів наукових досліджень Філіпса Тобени Чімдіаді при виконанні базового проекту дослідної установки для знешкодження промислових органічних відходів шляхом їх каталітичного окиснення за технологією аерозольного нанокаталізу на ПРАТ «Хімпроект» (м. Северодонецьк).

Результати дисертації повністю викладено в 8 публікаціях автора в наукових фахових виданнях, з них одна в журналі, що входить до міжнародної наукометричної бази Scopus, три в журналах, що належать до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus, і тезах доповідей на 4 конференціях. Публікації повністю відображають зміст дисертації.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації. Дисертацію і автореферат оформлено згідно вимог ДАК України.

### Зауваження та загальна оцінка роботи

1. Дисертант пояснює збільшення активності наночастинок каталізатора внаслідок їх механохімічної активації збільшенням активних центрів каталізу, проте на жаль не наводить у дисертаційній роботі даних щодо концентрації кислотних центрів каталізатора до і після механохімічної активації.
2. Дисертантом не обґрунтовано, чому було прийнято об'ємну витрату ізопропанолу 0,03 і 0,1 см<sup>3</sup>/хв під час подачі в реактор процесу дегідратації. Якщо ж наводиться витрата спирту у см<sup>3</sup>/хв, то доцільно було б також навести масу каталізатора (табл. 3.15–3.18).
3. Проміжний висновок (стор. 95) про перший порядок реакції дегідратації ізопропанолу за збільшенням швидкості реакції в 2–3 рази зі збільшенням витрати спирту є некоректним.
4. В описі методики аналізу продуктів реакції дегідратації ізопропілового спирту вказано на ряд інших продуктів, які визначали хроматографічно. В експериментальній частині роботи акцент зроблено лише на діізопропіловому етері, хоча для подальшого розділення продуктів реакції важливо знати їх повний склад.
5. Процес механоактивації каталізатора відбувається за частоти, яка відповідає інфразвуковим коливанням. Відповідно виникає питання щодо безпеки праці апаратника майбутнього виробництва діізопропілового етеру за запропонованою технологією?
6. У дисертаційній роботі для характеристики швидкості процесу використано розмірність  $\Gamma_{\text{ДІПЕ}}/(\Gamma_{\text{кат}} \cdot \text{год})$ , яка більше відповідає питомій продуктивності каталізатора. Ряд рисунків має некоректні підписи: наприклад до осі ординат – «Вміст CO<sub>2</sub> в продуктах реакції, % об.»; підпис до рисунку – «Залежність виходу продукту реакції CO<sub>2</sub> ...» (рис. 4.3) тощо. У тексті дисертаційної роботи також допущено ряд стилістичних і граматичних помилок.



Вказані зауваження не зменшують наукової та практичної цінності виконаних дисертантом досліджень, а дисертаційна робота, загалом, є відображенням результатів актуального, цілісного наукового дослідження, достовірність результатів якого та висновків не викликає сумнівів.

Робота відповідає паспорту спеціальності 05.17.04 – технологія продуктів органічного синтезу за напрямками досліджень «Дослідження і технологічне розроблення гетерогенних каталітичних процесів перетворення органічних речовин» та «Розроблення технологічних процесів виробництва органічних продуктів із використанням випромінювання різних енергій».

Вважаю, що за актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю, рівнем та об'ємом виконаних досліджень дисертаційна робота **«Перспективні технології переробки ізопропілового спирту в умовах аерозольного нанокаталізу»** відповідає вимогам до кандидатських дисертацій згідно Постанови КМУ №567 від 24.07.2013 року «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а її автор, **Філіпс Тобенна Чімдіаді**, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.04 – технологія продуктів органічного синтезу.

Професор кафедри  
технології органічних продуктів  
Національного університету  
«Львівська політехніка», д.т.н., професор

С. Р. Мельник

Підпис проф. Мельника С. Р. підтверджую  
Вчений секретар  
Національного університету  
«Львівська політехніка»



Р. Б. Брилинський