

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Кудіна Дмитра Вікторовича
на тему «Низькотемпературні нерівноважні плазмохімічні
процеси у безбар'єрному газовому розряді атмосферного тиску у
повітрі з домішкою вуглеводнів»,
яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-
математичних наук за спеціальністю 01.04.08 – фізика плазми

Актуальність теми дисертації. Дисертація Кудіна Д. В. присвячена актуальним питанням дослідження плазмохімічних процесів у газовому розряді атмосферного тиску. Плазмохімічні системи, побудовані на використанні газових розрядів атмосферного тиску, використовуються в системах генерації озону та очищення викидів промислових підприємств. На відміну від широко розповсюджених плазмохімічних систем з діелектричним бар'єром у розрядному проміжку, безбар'єрні плазмохімічні системи є більш надійними, оскільки ймовірні переходи режиму горіння розряду у фазу іскрового пробою не викликають руйнацію плазмохімічного реактора. Плазмохімічні системи контролю складу повітря мають кілька суттєвих переваг над виключно фільтраційно-сорбційними, це і час експлуатації, і надійність, і відсутність необхідності утилізувати використані фільтри. В дисертації досліджується як вплив вуглеводневих сполук на електродинамічні параметри розряду, так і продукти плазмохімічних реакцій. Вплив продуктів плазмохімічних реакцій на електродинамічні параметри розряду є важливим для створення стабільно працюючих плазмохімічних систем. Визначення складу продуктів плазмохімічних реакцій є необхідним для визначення ефективності плазмохімічної обробки повітря. Підтримка трьох проєктів Українського Наукового Технологічного Центру, які були виконані на замовлення двох різних приватних американських компаній, підкреслюють високу економічну доцільність та актуальність цієї роботи.

Структура та зміст роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, де обговорюється актуальність, зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами, наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, вказується особистий внесок здобувача в наукових працях, чотирьох розділів, загальних

висновків, додатків, списку використаних джерел – 180 робіт. Загальний обсяг становить 170 сторінок. Основний текст – 119.

У першому розділі проведений огляд літературних джерел, проаналізовано особливості використання газових розрядів у низькотемпературних плазмохімічних системах, різні типи електродних систем і впливи параметрів повітря (волога, температура, тип забруднювача) на ефективність плазмохімічного очищення. Описано використані експериментальні стенди для дослідження складу продуктів плазмохімічних реакцій. Ідентифіковано проміжні продукти плазмохімічних реакцій для окиснення домішок спиртів у повітрі. Показано залежність ступеню конверсії модельних вуглеводнів від потужності, яка вноситься у розряд.

У другому розділі досліджується вплив домішки на електродинамічні параметри розряду. Теоретично показано, що додавання домішки газу, що має значний переріз прилипання, до повітря призводить до зміни балансу розмноження електронів та зміщення напруги запалювання розряду. Експериментально встановлено зменшення амплітуди струму розряду для однакових значень амплітуди імпульсу напруги горіння розряду при додаванні до повітря домішки вуглеводів, що містять у своєму складі галогени. Так порівняння осцилограм імпульсів струму і напруги для розряду в умовах потоку лабораторного повітря і потоку повітря з домішкою вуглеводнів, показало значну зміну амплітуди струмового імпульсу для домішки дихлоретану в повітрі (амплітуда зменшується), для домішки циклогексану і етанолу (амплітуда збільшується) без зміни форми. Зростання амплітуди імпульсу струму при додаванні до повітря вуглеводню, що не містять галогени, пов'язано з низькими енергіями іонізації вуглеводнів.

У третьому розділі описано розроблену теоретичну модель кінетики взаємодії озону та алканів для різних співвідношень початкових концентрацій. Показано, що кінетика окиснення етилену в абсолютній більшості співвідношень початкових концентрацій відповідає кінетиці першого порядку. В загальному випадку урахування плазмохімічного реактору, як центру плазмохімічних реакцій розкладання, дає відповідно такий самий характер залежності. Продемонстровано, що при одноразовому проходженні повітря з домішкою вуглеводнів через плазмохімічний реактор неможливо досягти повного окиснення вуглеводнів, оскільки для прямих реакцій окиснення існують зворотні. Таким чином характер залежності

концентрації вуглеводню при обробці у плазмохімічному реакторі є кінетикою першого порядку із встановленням рівноважної концентрації на більш низькому рівні.

У четвертому розділі описано результати експериментальних досліджень обробки повітря з домішкою етилену, що, як інжектуюється, так і наробляється плодоовочевою продукцією, у напівпромислових прототипах плазмохімічних систем. Показано високу ефективність використання безбар'єрного газового розряду для окиснення домішки етилену у повітрі (зниження концентрації у 10 та більше разів). Продемонстровано відсутність відмінності при окисненні, як хімічно чистого етилену, так і етилену, що генеруються овочами та фруктами. Показано вплив продуктів плазмохімічних реакцій на цілу низку фруктів та овочів.

У висновках сформульовані основні результати роботи. В додатках приведені порівняльні таблиці ефективності використання різних типів газових розрядів для окиснення домішок вуглеводнів у повітрі.

Обґрунтованість наукових положень. Обґрунтованість результатів дисертаційної роботи забезпечено використанням при їх отриманні добре відомих та апробованих аналітичних та чисельних методів і їх порівнянням з експериментальними даними. Наукові положення і висновки дисертаційної роботи є достатньо і належним чином обґрунтованими. Одержані наукові результати мають чітку фізичну інтерпретацію.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 01.04.08 – фізика плазми.

Оцінка новизни та практичне значення результатів. Дисертаційна робота містить наукові результати, які отримані вперше. Виокремлю кілька з них.

Показано високу ефективність використання безбар'єрного розряду з різко неоднорідним розподілом електричного поля для окиснення домішок летких вуглеводнів у повітрі. Продемонстровано переваги такого типу газового розряду для плазмохімічного окиснення модельних домішок летких вуглеводнів.

Виявлено, що домішки циклогексану, етанолу, бензолу, бензальдегіду та інших вуглеводів у повітрі, що не містять галогенів, призводять до підвищення амплітуди імпульсів струму при незмінних значеннях амплітуди імпульсів високовольтної напруги, яка

прикладається до розрядного проміжку, а домішки галогенвмісних вуглеводнів – до зниження амплітуди імпульсів струму.

Показано, що зміна концентрації етилену при обробці повітря у безбар'єрному плазмохімічному реакторі відповідає кінетиці першого порядку, що узгоджується з теоретичною моделлю кінетики окиснення алкенів, яка описана у дисертаційній роботі.

Отримані наукові результати дозволили перейти до створення напівпромислових плазмохімічних систем контролю складу повітря для технологій транспортування та зберігання плодоовочевої продукції.

Також отримані наукові результати розробок і досліджень, виконаних в рамках дисертації, використовуються в теоретичних і експериментальних дослідженнях в Інституті плазмової електроніки та нових методів прискорювання ННЦ «ХФТІ».

Апробація роботи. За результатами роботи опубліковано 7 наукових робіт, з яких 6 – у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами (SCOPUS, Web of Science). Вони доповідались на міжнародних та всеукраїнських конференціях, наукових школах та семінарах. Наукові положення та висновки, що сформульовані в дисертації, з достатньою повнотою викладені в опублікованих роботах.

Зауваження до роботи.

1. Фізична причина зсуву максимуму амплітуди імпульсу струму відносно максимуму амплітуди імпульсу напруги живлення, використаного в дослідженнях розряду, у тексті дисертації детально не пояснена.

2. Причини впливу типу кінетики на загальну характеристику плазмохімічних процесів чітко не проаналізовані.

3. Фізична природа розбіжності у режимах горіння розряду для зіркоподібного та струнного електродів, на жаль, не сформульована.

4. Зауваження щодо оформлення дисертації:

- переважна більшість робіт, які розглянуті в огляді літератури видані більше 10 років тому;

- представлені в розділі 2 рис. 2.5, рис.2.8 та 2.15 частково мають позначення російською мовою;

- у назві першого розділу більш коректним виглядає використання терміну «летких», а не «летючих» вуглеводнів;

- у таблиці на стор. 69 використані терміни «двутільне» та «тритільне прилипання», які не є коректними.

Зроблені зауваження, проте, не впливають на загальну високу оцінку дисертаційної роботи Д. В. Кудіна.

Висновок. Робота виконана на високому науковому рівні, а стиль викладення в цілому відповідає прийнятому в науковій літературі. Дисертаційна робота Д. В. Кудіна «Низькотемпературні нерівноважні плазмохімічні процеси у безбар'єрному газовому розряді атмосферного тиску у повітрі з домішкою вуглеводнів» є завершеною науковою працею з актуальної наукової тематики, що містить наукову новизну та, безумовно, має практичну цінність.

Анотеза відповідає тексту дисертації, достатньо повно відображає її зміст, основні результати та висновки.

Дисертаційна робота Д. В. Кудіна відповідає усім вимогам, що висуваються до кандидатських дисертацій відповідно до "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 року (зі змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015, № 567 від 27.07.2016, № 943 від 20.11.2019, № 607 від 15.07.2020). Вважаю, що її автор, Кудін Дмитро Вікторович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.08 – фізика плазми.

Офіційний опонент:

професор кафедри фізичної електроніки

Київського національного університету

імені Тараса Шевченка,

доктор фізико-математичних наук, професор

Веклич А. М.

