

## 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.

Плазмохімічні системи активно впроваджуються: як у системах очищення викидів промислових підприємств, так і у компактних системах контролю складу повітря. На відміну від традиційних плазмохімічних систем з діелектричним бар'єром у розрядному проміжку, безбар'єрні плазмохімічні системи є більш надійними, так як ймовірні іскрові пробої у розрядному проміжку не викликають руйнацію плазмохімічного реактора.

Таким чином, тема дисертаційної роботи Кудіна Д.В., що присвячена вивченню низькотемпературних нерівноважних плазмохімічних процесів у безбар'єрному газовому розряді атмосферного тиску у повітрі з домішкою вуглеводнів, є, безперечно, актуальною.

Актуальність дисертаційної роботи підтверджується її виконанням за темами договірних робіт відділу низькотемпературної нерівноважної плазмохімії Інститут Плазмової Електроніки та Нових Методів Прискорювання ННЦ ХФТІ та підтримкою грантів Українського Наукового Технологічного Центру, що були надані приватними компаніями.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, додатків, списку використаних джерел. Загальний обсяг основного тексту становить 170 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульована мета та завдання дослідження, визначені об'єкт і предмет дослідження, встановлені методи досліджень, висвітлена наукова новизна і

практичне значення одержаних результатів, наведено відомості про апробацію і наукові публікації.

У першому розділі проведений огляд літературних джерел, пов'язаних з науковим завданням дослідження. Проаналізовано особливості використання газових розрядів у низькотемпературних плазмохімічних системах та вплив початкового складу газу на ефективність ініціювання та проведення плазмохімічних реакцій. Показано залежність складу продуктів плазмохімічних реакцій від потужності, що вкладено у розряд.

У другому розділі досліджується вплив типу та хімічного складу домішки на електродинамічні параметри розряду у розрізі зміщення балансу процесів іонізації та прилипання. Теоретично продемонстровано, що додавання електровід'ємної домішки до повітря призводить до зміни балансу між явищами розмноження електронів та прилипання їм, як наслідок до зменшення струму розряду для однакових значень напруги горіння розряду. 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, що експериментально підтверджує теоретично отримані висновки.

У третьому розділі побудовано теоретичну модель кінетики реакцій окиснення етилену та розпаду озону в різних умовах. Встановлено, що кінетика окиснення етилену у етилен-озон-повітряних газових сумішах відповідає кінетиці першого або «псевдо» першого порядку. Показано, що урахування плазмохімічного реактору в загальному випадку дає також відповідний характер залежності, що підтверджується експериментальними даними. Показано, що згідно з теоретичною моделлю, внаслідок існування зворотних реакцій для реакцій окиснення можливо як окиснення домішок вуглеводнів у повітрі, так і напрацювання, і рівень вуглеводню у потоці повітря не може сягнути 0, при одноразовому проходженні повітря з домішкою вуглеводнів через плазмохімічний реактор.

У четвертому розділі описано експериментальні дослідження використання прототипів плазмохімічних систем для окиснення домішки етилену у повітрі і використання цього ефекту в технологіях зберігання плодово-овочевої продукції. Показано відповідність експериментальних даних теоретичним моделям. Продемонстровано високу ефективність використання безбар'єрного газового розряду для окиснення домішки етилену у повітрі.

У висновках сформульовані основні результати роботи.

Структура і обсяг дисертаційної роботи відповідає вимогам, що пред'являються до кандидатських дисертацій.

Матеріал дисертації викладений досить логічно та обґрунтовано. Кожен з чотирьох розділів має свою специфіку, котра у сукупності свідчить про цілісність та завершеність дисертаційної роботи. Автореферат дисертації ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні наукові положення, практичну значимість і висновки. Дисертаційна робота та автореферат оформлені у відповідності із встановленими вимогами.

Обґрунтованість результатів дисертаційної роботи обумовлена використанням комбінації аналітичних та чисельних методів обробки експериментальних даних, і порівнянням теоретичних розрахунків з експериментальними даними. Зміст основних положень дисертаційної роботи, що виносяться на захист, повно розкритий у відповідних розділах дисертації. Здобуті в дисертації наукові результати мають чітку фізичну інтерпретацію.

Дисертація містить цілу низку цікавих і практично важливих результатів, які здобуто вперше. Відзначу кілька з них.

Показано високу ефективність використання безбар'єрного розряду з різко неоднорідним розподілом електричного поля для окиснення домішок модельних летючих вуглеводнів у повітрі, що може сягати 99,9 %.

Продемонстровано, що при підвищенні рівня потужності, що вкладено у розряд, зростає концентрація кінцевих продуктів та зменшується концентрація проміжних, що висвітлює механізм постадійного окиснення вуглеводнів у низькотемпературній плазмі газового розряду.

Запропоновано теоретичну модель, яка описує концентрацію етилену та озону у герметичному об'ємі при роботі плазмохімічного реактора. Показано, що зміна концентрації етилену відповідає «кінетиці (псевдо) першого порядку», що узгоджується з експериментальними даними.

Результати дисертаційної роботи доповідались та були схвалені на двох Міжнародних та однієї Всеукраїнської науково-практичних конференціях-школах молодих вчених, двох Міжнародних семінарах, 1 науково-практичній конференції та семінарах. Основні положення й результати відображено в 7 наукових публікаціях, з яких 6 у виданнях, що входить до Міжнародних наукометричних баз. Серед статей, що опубліковані, немає тотожних за змістом.

Практична цінність проведеного в дисертації дослідження полягає в тому, що результати були використані для створення напівпромислової системи плазмохімічного контролю складу повітря для технологій підвищення строків зберігання плодоовочевої продукції.

#### **Зауваження по роботі.**

1. Огляд літератури включено, як субпідрозділ у розділ 1, більш коректним є його формування окремим підрозділом.

2. Останній абзац, що починається на стор. 37 співпадає з першим абзацом на стор. 75. В обох випадках це описання методики вимірювання електродинамічних параметрів розряду, але чи доречно таке повторення?

3. На рис. 2.10 показано осцилограми для різних напруг на первинній обмотці трансформатора, що формує імпульс високовольтної напруги, чи не більш коректним є приведення значень амплітуди?

4. Об'єднання системи з чотирьох рівнянь (3.7) у розділі 3 під одним номером.

5. Зауваження по оформленню дисертації:

– наведені в розділі 1 рис. 1.18 та рис. 1.15 мають позначення російською мовою;

– представлена схема озонолізу етилену в розділі 3 рис. 3.1 має позначення англійською мовою;

– в списку використаних джерел стор. 154 за номерами 171 та 172 приведено посилання на наукові бази на сторінках з французькою мовою.

Однак, вищезазначені недоліки та зауваження не впливають на загальний позитивний висновок щодо даної дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Д. В. Кудіна повністю відповідає усім вимогам, що висуваються до кандидатських дисертацій згідно з “Порядком присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року №567 (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 на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.08 – фізика плазми.

Офіційний опонент:

Доцент кафедри прикладної фізики та фізики плазми Навчально-наукового інституту «Фізико-технічний факультет» Харківського Національного Університету імені В.Н. Каразіна,  
старший науковий співробітник  
кандидат фізико-математичних наук

Костянтин СЕРЕДА.

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ  
Начальник відділу

кадрово-освітнього

