

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Береки Владислава Олеговича** «Електрофізичні процеси при обробці води в краплинно-плівковому стані імпульсним бар'єрним розрядом», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 14 – Електрична інженерія за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Актуальність дослідження полягає у нагальній необхідності подальшого розвитку теорії електрофізичних процесів, спричинених імпульсними наносекундними бар'єрними розрядами у гетерогенних водо-повітряних сумішах атмосферного тиску у напрямку розроблення їхніх моделей, оптимізації перехідних електромагнітних процесів у них, визначення умов найбільшої енергоефективності деструкції стійких органічних забруднювачів, розчинених у стічних, модельних і природних водах та створенні на цій основі високоефективного електротехнологічного обладнання для їх реалізації.

Підсилення антропогенного впливу на навколишнє середовище призводить до збільшення номенклатури і концентрації стійких до деструкції та видалення традиційними методами високомолекулярних забруднювачів у природних водах. Тому загальносвітовою тенденцією є розроблення, дослідження і підвищення ефективності нових електрофізичних методів оброблення вод, оснований на розвинених процесах окислення або, як їх ще називають, на плазмохімічних процесах. Серед усіх відомих натепер процесів таких типів найбільшу енергоефективність мають технології, основані на імпульсних бар'єрних та коронних розрядах. Однак їхня складність, недостатня вивченість та відсутність високопродуктивного електротехнологічного обладнання стають на заваді впровадженню таких технологій в промислових масштабах. Вирішенню цієї актуальної науково-прикладної задачі присвячена чинна дисертаційна робота.

Актуальність дисертаційної роботи підтверджується також зв'язком з НДР «Розвиток теорії електрофізичних процесів в імпульсних системах електромагнітної обробки електропровідних середовищ («Бар'єр-2»)» № ДР 0117U007714, в межах якої вона виконувалась, а автор був одним із її виконавців. Робота виконувалась в Інституті електродинаміки НАН України відповідно до планів Держбюджетних НДР, затверджених Президією НАН України.

Нові науково обгрунтовані теоретичні та практичні результати проведених здобувачем досліджень полягають у наступному:

– експериментально визначено умови існування та отримано на практиці квазіоднорідні плазмові утворення у гетерогенних водо-повітряних сумішах, спричинені імпульсними наносекундними бар'єрними розрядами, що підвищує енергоефективність деструкції стійких органічних забруднень у модельних водах за допомогою високоактивних хімічних радикалів, які генеруються у таких процесах;

– створено модель, за якою розраховано розподіл напруженості електричного поля у гетерогенній водо-повітряній суміші між покритими водною плівкою плоскими електродами, який підтверджує істотне зростання напруженості між краплями та дозволяє визначити їх оптимальний з точки зору енергоефективності процесу розмір, який у розглянутих умовах становить від 0,8 до 1,2 мм, що підтверджується експериментом;

– в ході експериментів обгрунтовано оптимальні для найвищої енергоефективності розкладання метиленової сині у водному розчині значення тривалості як розрядних імпульсів, так і їх фронтів, а також частоти їх повторення і відстані між плоскими електродами та доцільність наявності на катоді водної плівки;

– науково обгрунтовано та експериментально доведено можливість побудови камер бар'єрного розряду у гетерогенних водо-повітряних сумішах за модульним принципом. Показано, що при цьому для узгодження вихідної ємності генератора імпульсів та сумарної ємності паралельно з'єднаних електродних систем необхідно щоб вони співвідносилися як 2,6 до 1;

– розроблено комп'ютерну модель, яка дозволяє розраховувати перехідні процеси у вихідній ланці генератора імпульсів, навантаженням якого є камера імпульсного бар'єрного розряду у гетерогенних водо-повітряних сумішах;

– удосконалено генератор високовольтних наносекундних імпульсів для режимів роботи з камерою бар'єрного розряду шляхом встановлення шунтуючого магнітного ключа у його вихідному каскаді, що дозволило утилізувати енергію, яка була накопичена у ємності бар'єру під час прямого імпульсу струму, стабілізувати початкові умови для наступного розрядного імпульсу, підвищити ефективність передачі енергії конденсатора у навантаження та розширити частотний діапазон усталеної роботи системи.

Оцінка структури і змісту роботи, її завершеності та оформлення. Дисертація Береки В.О. є завершеною кваліфікаційною науковою працею, яка викладена на 155-и сторінках машинописного тексту. Вона складається зі вступу, 4-х розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатку. Обсяг основного тексту дисертації складає 146 сторінок друкованого тексту. Робота ілюстрована 3-ма таблицями та 57-ю рисунками. Список використаних джерел містить 75 найменувань, з яких 22 – кирилицею, а 53 – англійською мовою.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, розкрито сутність і стан науково-технічної проблеми, що досліджується, відображено зв'язок роботи з науковими програмами та планами НДР Інституту електродинаміки НАН України, сформульовано мету і основні задачі досліджень, наукову новизну роботи і практичне значення отриманих результатів, описано методи, які були використані у дослідженнях, зазначено особистий внесок здобувача, наведено дані щодо апробації роботи та публікації її результатів у наукових виданнях.

У **першому** розділі наведено класифікацію електророзрядних технологій оброблення води та їх порівняння за енергоефективністю. Проаналізовано їх переваги і недоліки та сформульовано програму подальших досліджень.

У **другому** розділі досліджено електрофізичні особливості імпульсного бар'єрного розряду у гетерогенних водо-повітряних сумішах. У програмному пакеті Finite Element Method Magnetics створено модель такого середовища між плоскими електродами, поверхня яких покрита водною плівкою та розраховано розподіл напруженості електричного поля в її елементах. Розраховано локальне підвищення напруженості поля на поверхні крапель, визначено їхні оптимальні розміри та параметри середовища і поля у ньому для найбільшої енергоефективності процесу оброблення водних розчинів.

У **третьому** розділі досліджено енергоефективність трьох типів електродних систем, для обробки модельного розчину метиленової сині у воді імпульсним бар'єрним розрядом та визначено вплив на неї параметрів руху води. Показано, що найбільші значення енергетичного виходу Y_{50} при розкладанні забруднювача на 50% склали близько 270 г/кВт·год. для установки з плоско-паралельною системою електродів, що значно перевищує показники, описані у літературі. Показано перспективу масштабування експериментального комплексу у напрямі збільшення його продуктивності шляхом застосування модульного принципу.

У **четвертому** розділі розроблено параметричну модель вихідного кола генератора наносекундних високовольтних імпульсів, навантаженням якого є камера імпульсного бар'єрного розряду з плоскими електродами. За цією моделлю розраховано перехідні електромагнітні процеси у системі при різних початкових умовах та досліджено їхню енергоефективність. Обґрунтовано критерій узгодженості вихідного кола генератора з розрядною камерою. Удосконалено генератор високовольтних наносекундних імпульсів для режимів роботи з камерою бар'єрного розряду шляхом розрахунку та встановлення шунтуючого магнітного ключа у його вихідному каскаді.

Загалом дисертація оформлена належним чином у відповідності з Вимогами до оформлення дисертацій, затвердженими Наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. зі змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки України № 759 від 31.05.2019 р. Однак, у підписах до рис. 4.5, рис. 4.10 – рис. 4.13 допущено помилки.

Методи дослідження базуються на теорії електричних розрядів у газах атмосферного тиску, експериментальних методах дослідження, теорії електричних кіл і електромагнітного поля, чисельних методах моделювання електричних полів та методах фотометрії.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень дисертації підтверджується використанням загальноприйнятих методів досліджень, відсутністю протиріч між отриманими результатами та основними положеннями теорій чинної наукової парадигми у галузі

електрофізики, використанням стандартизованих методик вимірювання і відповідного вимірювального обладнання, що пройшло необхідні перевірки та узгодженістю його полоси пропускання з характерним частотним спектром сигналів, що досліджувалися.

Публікації за темою дисертації. Основний зміст дисертаційної роботи Береки В.О. та наукова новизна отриманих результатів досить повно висвітлені у 8-ми публікаціях у наукових фахових виданнях, 5 з яких у виданнях, що індексуються наукометричною базою SCOPUS та 1 у закордонному науковому виданні.

Згідно вимог «Порядку присудження наукового ступеня доктора філософії ...», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р., цього достатньо для дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися і були схвалені на наступних міжнародних науково-технічних конференціях: IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems, (23–25 вересня 2019 р., Кременчук, Україна) та на XVII Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми сучасної електротехніки 2022» (м. Київ, 2022), а також на наукових семінарах відділу №7 Інституту електродинаміки НАНУ (м. Київ, 2018–2022 рр.). З огляду на це, апробація результатів дисертаційної роботи є достатньою.

Відомості про дотримання академічної доброчесності. У дисертації та наукових публікаціях Береки В.О. відсутні порушення академічної доброчесності. Елементів плагіату, фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі не виявлено. Використані результати, ідеї і тексти інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим нормам. Дисертація Береки В.О. є актуальною завершеною кваліфікаційною науковою працею, виконаною особисто здобувачем. Вона характеризується єдністю змісту, логічністю і лаконічністю викладення, має встановлену вимогами структуру і містить нові наукові положення, що мають значення для теорії електричних розрядів у гетерогенних водо-повітряних сумішах атмосферного тиску та електротехнологічних комплексів, що їх реалізують. Робота не містить плагіату, фальсифікації чи фабрикації тексту.

Вважаю, що дисертація Береки В.О. відповідає науковій спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, вимогам «Порядку присудження наукового ступеня доктора філософії ...», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р., вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. з подальшими змінами, а її автор Берека Владислав Олегович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії.

Рецензент

провідний науковий співробітник відділу теоретичної електротехніки та діагностики електротехнічного обладнання Інституту електродинаміки НАН України, доктор технічних наук, с.н.с.



С.М. Захарченко

Підпис С.М. Захарченка засвідчую.

начальник відділу кадрів ІЕД НАН України



Л.В. Кривопляс

«13» квітня 2023 р.