

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Стенніка Олексія Юрійовича**
«Розробка та дослідження диференційних кондуктометричних комірок Джонса
із розрахунковою константою»,
яка подана на здобуття ступеня доктора філософії за галуззю знань
15 «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю
152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

Актуальність роботи

Підвищення точності та метрологічної надійності кондуктометричних вимірювань безпосередньо пов'язане з удосконаленням конструкцій первинних кондуктометричних комірок, конструкція яких забезпечує мінімізацію методичних похибок, зумовлених нерівномірністю електричного поля, геометричними відхиленнями та поляризаційними явищами. Вирішення зазначених проблем має важливе значення для розвитку еталонної бази електролітичної провідності рідин і забезпечення єдності кондуктометричних вимірювань. Саме вирішенню цього актуального науково-прикладного завдання присвячена дисертаційна робота Стенніка О.Ю., у якій розв'язано важливу науково-прикладну проблему у сфері метрологічного забезпечення вимірювань електролітичної провідності рідин. Отримані результати спрямовані на вдосконалення наукових засад відтворення одиниці електролітичної провідності та подальший розвиток сучасної еталонної кондуктометрії. Отримані в роботі результати досліджень спрямовані на вдосконалення наукових засад відтворення одиниці електролітичної провідності, що є одним із ключових напрямів розвитку сучасної еталонної кондуктометрії.

Актуальність дисертаційної роботи підтверджується її виконанням у межах фундаментальної науково-дослідної роботи Інституту електродинаміки НАН України «Розвиток наукових основ підвищення точності кондуктометричних вимірювань з еталонними двоелектродними комірками» (шифр «ДИПОЛЬ-2», № ДР 0119U001281), а також науково-технічного проєкту «Розробка та дослідження кондуктометричної диференційної комірки Джонса для державного еталона одиниці електролітичної провідності рідин», виконаного за результатами конкурсу проєктів НАН України.

Нові науково-обґрунтовані теоретичні та практичні результати

Наукова новизна роботи полягає у комплексному розвитку теоретичних основ реалізації первинних диференційних кондуктометричних комірок та методів їх практичної реалізації. Найбільш вагомими результатами дослідження є:

- 1) фізичні та комп'ютерні моделі стовпів рідини диференційної кондуктометричної комірки Джонса зі змінною центральною подовжувальною трубкою, що дало змогу оцінити вплив геометричних відхилень її конструкції на результати вимірювань.;
- 2) фізичні, математичні та комп'ютерні моделі первинної диференційної кондуктометричної комірки, використання яких забезпечило коригування результатів вимірювання її опору за наявності нерівномірного розподілу густини струму в стовпі рідини, зумовленого отворами в бічній поверхні комірки або її електродах;
- 3) диференційний метод вимірювання електролітичної провідності удосконалений шляхом введення додаткового вимірювання для контролю поляризаційного імпедансу, що забезпечило підвищення точності результатів вимірювань;
- 4) методика вибору робочої частоти вимірювання, удосконалена шляхом аналізу характерних частот імпедансного спектра, що забезпечує врахування особливостей імпедансних характеристик об'єкта вимірювання та підвищує достовірність результатів вимірювань.

У дисертаційній роботі всі запропоновані теоретичні положення підтверджено результатами комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень, що свідчить про належний рівень обґрунтованості отриманих наукових результатів.

Практичне значення роботи полягає у створенні двох конструкцій первинних диференційних комірок Джонса, розробленні методик визначення їх констант та оцінювання невизначеності, створенні програмного забезпечення для автоматизації вимірювань і впровадженні результатів досліджень у ДП «Укрметртестстандарт». Важливим результатом є проходження міжнародних звірень, які дозволили підтвердити калібрувальні та вимірювальні можливості України, що свідчить про високу практичну значущість одержаних в роботі результатів.

Обґрунтованість та достовірність результатів

Отримані в дисертації результати є достатньо обґрунтованими та переконливими. Для вирішення поставлених задач автор використав сучасний математичний апарат, метод кінцевих елементів, методи комп'ютерного моделювання, електрохімічної імпедансної спектроскопії, статистичної обробки експериментальних даних та оцінювання невизначеності вимірювань.

Достовірність результатів підтверджується їх експериментальною перевіркою, відповідністю отриманих даних теоретичним моделям, а також успішною апробацією під час міжнародних дослідних та ключових звірень CCQM-P228 і EURAMET.QM-K170.

Аналіз структури та змісту дисертації

Дисертація викладена на 235 сторінках і складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі повною мірою обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, наведено відомості про наукову новизну, практичне значення та апробацію результатів.

Перший розділ має оглядовий характер і містить критичний аналіз сучасного стану еталонної кондуктометрії, існуючих конструкцій кондуктометричних комірок та методів відтворення одиниці електролітичної провідності.

Другий розділ присвячено математичному та комп'ютерному моделюванню процесів розподілу густини струму в диференційних комірках. Одержані результати дозволили кількісно оцінити вплив конструктивних особливостей комірок на їх метрологічні характеристики.

У третьому розділі викладено результати дослідження імпедансних характеристик комірок, запропоновано новий спосіб контролю поляризаційного імпедансу та обґрунтовано критерії вибору оптимальної робочої частоти.

Четвертий розділ містить результати експериментальних досліджень, перевірку адекватності запропонованих моделей та апробацію розроблених методів у міжнародних звіреннях.

П'ятий розділ присвячено питанням конструювання комірок, визначенню їх геометричних параметрів, розрахунку констант та оцінюванню невизначеності.

Матеріал викладено послідовно, логічно та технічно грамотно. Структура дисертації відповідає поставленій меті, а отримані результати достатньо аргументовані.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Стенніка О.Ю. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка». Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність

особистого внеску здобувача у науковий напрям метрологічного забезпечення вимірювальної техніки.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Стенніка Олексія Юрійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Повнота опублікування результатів

Основні результати дисертації належним чином оприлюднені у наукових публікаціях автора. За темою роботи опубліковано 12 наукових праць, з яких 4 статті входять до видань, що індексуються міжнародною наукометричною базою Scopus. Отримано патент України на корисну модель. Результати досліджень доповідалися на міжнародних конференціях та наукових семінарах.

Зауваження до дисертації

Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу загалом, вважаю за доцільне висловити окремі зауваження:

1. У третьому розділі дисертаційної роботи автором наведено результати експериментальних досліджень метрологічних характеристик розроблених кондуктометричних комірок, проте у роботі недостатньо уваги приділено аналізу впливу температурних факторів на стабільність константи комірки в умовах тривалої експлуатації та змінних температурних режимів. Крім того, доцільно було б розширити аналітичні дослідження в другому розділі щодо довготривалої стабільності геометричних параметрів вимірювальних комірок, можливих процесів їх деградації та впливу цих факторів на точність вимірювання питомої електричної провідності з плином часу. Такий аналіз дозволив би повніше оцінити метрологічну надійність запропонованих технічних рішень під час довготривалого практичного застосування в якості еталону.

2. На сторінках 103-143 дисертаційної роботи наведено результати експериментальних досліджень, виконаних із використанням вимірювальних систем, оснащених рідинним та повітряним термостатами. Водночас у роботі практично відсутній порівняльний аналіз їх метрологічних і експлуатаційних характеристик. Зокрема, не наведено кількісного зіставлення досягнутої температурної стабільності, часу виходу на стаціонарний режим, просторової однорідності температурного поля, а також не розглянуто характерні переваги, недоліки та обмеження застосування кожної із систем. Подання такого порівняння дозволило б більш повно обґрунтувати вибір вимірювальної системи залежно від умов проведення калібрування та підвищило б практичну цінність отриманих результатів.

3. У другому розділі дисертаційної роботи автором для чисельного моделювання процесів у кондуктометричних комірках використано програмний пакет COMSOL Multiphysics, проте вибір саме цього програмного середовища належним чином не обґрунтовано. У роботі відсутнє порівняння можливостей COMSOL з іншими сучасними програмними комплексами, що застосовуються для моделювання фізичних полів (ANSYS Maxwell, Elmer FEM, FEMM тощо). Крім того, не наведено аналізу збіжності чисельного розв'язку, впливу густини скінченно-елементної сітки на результати моделювання, а також оцінки обчислювальних витрат і часу виконання розрахунків. Подання такої інформації дозволило б повніше оцінити достовірність отриманих результатів, ефективність запропонованих моделей та перспективи їх практичного використання при розв'язанні метрологічних задач.

4. Важливою перевагою дисертаційної роботи є те, що розроблена кондуктометрична комірка була використана під час міжнародних звірень національних еталонів питомої електричної провідності, що підтверджує її практичну придатність та високий метрологічний рівень. Разом з тим, доцільно було б доповнити роботу техніко-економічним аналізом

результатів її впровадження, зокрема оцінкою переваг використання запропонованої конструкції порівняно з комірками традиційного або існуючого виконання щодо зменшення витрат на проведення калібрувань або/чи підтримання одиниці електролітичної провідності рідини або/чи підвищення ефективності міжнародних звірень або/чи скорочення часу підготовки вимірювань або/чи інших практичних показників. Такий аналіз дозволив би більш повно обґрунтувати доцільність широкого впровадження розробленої комірки в метрологічну практику.

5. У дисертаційній роботі виявлено окремі неточності в оформленні бібліографічних посилань. Так, на стор. 10 та 233 наведено опис охоронного документа: «Кондуктометрична диференційна комірка із розрахунковою константою : а. с. 154166 Україна...», хоча документ № 154166 є патентом України на корисну модель, а не авторським свідоцтвом. Використання позначення «а. с.» є некоректним і не відповідає статусу зазначеного охоронного документа. Очевидно, що зазначена неточність є технічною помилкою або наслідком механічного використання шаблону бібліографічного опису.

6. У тексті дисертаційної роботи зустрічаються стилістичні та граматичні помилки.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок

Дисертаційна робота Стенніка Олексія Юрійовича «Розробка та дослідження диференційних кондуктометричних комірок Джонса із розрахунковою константою» є завершеним науковим дослідженням, у якому отримано нові науково обґрунтовані результати, що мають істотне значення для розвитку метрології та інформаційно-вимірювальної техніки, зокрема еталонної кондуктометрії.

За рівнем актуальності, наукової новизни, практичної значущості та повнотою оприлюднення результатів дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44.

Вважаю, що Стеннік Олексій Юрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування».

Рецензент:

завідувач відділу
теоретичної електротехніки та
діагностики електротехнічного обладнання
Інституту електродинаміки
Національної академії наук України,
д.т.н., професор

Підпис засвідчую

Вчений секретар
Інституту електродинаміки НАН України



Євген ЗАЙЦЕВ

Марина ГУТОРОВА