

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Антоненка Євгенія Олександровича “Система імпедансної спектроскопії біологічних рідин і суспензій”, подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем.

Актуальність обраної теми дисертації, її зв’язок із державними науковими програмами, пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки.

Метод імпедансної спектроскопії є дуже важливим для дослідження електрофізичних властивостей матеріалів. Серед апаратних засобів його імплементації останнім часом все більшої важливості набувають такі, що дозволяють здійснювати експрес-аналізи структури речовин. З огляду на обґрунтовані здобувачем критерії до частотного діапазону, необхідного для проведення аналізу речовин, така апаратура (і якої, наразі, не існує в портативних мобільних реалізаціях) має функціонувати в діапазонах 1 Гц – 100 МГц та 35 МГц – 4,4 ГГц. Таким чином, розробка інструментальних засобів для ширококутної діелектрометрії й аналізу результатів безсумнівно є актуальною задачею.

Науковий пошук здобувача тісно пов’язаний з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки, затвердженими Законом України «Про внесення змін до статті 3 Закону України "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки" від 29 січня 2021 року, зокрема, п. 3.5 – науки про життя, нові технології профілактики та лікування найпоширеніших захворювань; та п. 3.6 – нові речовини і матеріали. Також тема дисертаційного дослідження Антоненка Є. О. напряму пов’язана з Основними науковими напрямами та найважливішими проблемами фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних, суспільних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2019-2023 роки, затвердженими Постановою Президії НАН України № 30 від 30.01.2019 року, зокрема, в таких пунктах з розділу 1. Фізико-технічні і математичні науки:

- 1.2.9.3. Розроблення нових інформаційних технологій на основі вимірювань електричних, магнітних і оптичних сигналів та їх просторово-часовий аналіз;
- 1.2.9.4. Розроблення комп’ютерних засобів та систем експрес-діагностики стану біологічних об’єктів;
- 1.4.1. Фундаментальні взаємодії та мікроскопічна будова речовини;
- 1.4.2.9. Сенсорні системи та сенсорні технології;
- 1.4.6.4. Мікрохвильова та терагерцова спектроскопія і техніка.

Ступінь обґрунтованості наукових результатів, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.

1. Представлені в дисертації удосконалені апаратні рішення розробленої системи імпедансної спектроскопії досить повно описані автором, науково обґрунтовані, експериментально перевірені.

2. Дисертант грамотно застосував математичні методи для створення та розрахунку модулів вимірювального комплексу.

3. Обґрунтованим можна вважати розроблений здобувачем алгоритм стиснення одновимірних даних.

Перелічені вище нові результати добре обґрунтовані за рахунок використання фундаментальних принципів фізики та достатнього обсягу експериментальних досліджень, які підтвердили принципи, що були висунуті теоретично. Результати роботи широко апробовані у фахових наукових журналах, на вітчизняних та міжнародних конференціях і симпозиумах.

Достовірність і новизна отриманих результатів, повнота їх викладу в опублікованих роботах.

Отримані автором дисертаційного дослідження результати є новими, а їх достовірність спирається на базових фізичних закономірностях, методах математики і сучасних радіофізичних підходах. Основні публікації автора включають 7 статей в спеціалізованих фахових наукових виданнях. Серед цих видань українські професійні видання — «Радіофізика та електроніка», «Прикладна радіоелектроніка» і зарубіжні фахові видання — «Eastern-European Journal of Enterprise Technologies», «Telecommunications and Radio Engineering». З них два видання індексуються наукометричною базою даних Scopus. За тематикою дисертації автором отримано 2 патенти України на винахід. Результати дисертаційної роботи Антоненка Є.О. повністю відображені в публікаціях автора. Найбільш важливі з отриманих результатів наступні:

1. Вперше на основі методу трьох амплітуд розроблено широкосмуговий амплітудно-фазовий детектор з частотним діапазоном від 1 Гц до 100 МГц і чутливістю -70 дБ. Даний детектор є складовим елементом розробленої системи імпедансної спектроскопії.

2. Розроблено метод оцінки ступеня агломерації наночастинок у розчиннику за даними електричного імпедансу. Підтверджено ефективність непрямого методу реального часу для вимірювання масової частки наночастинок заліза та платини у водних суспензіях. Удосконалено технологію та спосіб продукування наночастинок методом лазерної абляції, що дозволило суттєво знизити часові затрати на виробництво наночастинок.

3. За результатами практичного застосування апаратно-програмного комплексу та методу широкосмугової імпедансної спектроскопії вперше запропоновано експрес-метод з оцінки концентрації складових фармацевтичних препаратів (антибіотиків), зафіксовано та визначено кількісні показники щодобової зміни провідності молозива в процесі перетворення лактози у молочну кислоту, що доводить ефективність методу імпедансної спектроскопії для експрес-аналізу його нативності.

4. Розроблено пристрій на основі методу коаксіального резонатора та показано його ефективність для контролю та вимірювання електрофізичних параметрів рідин у потоці.

Практична значимість отриманих результатів.

Практична значимість дисертаційної роботи полягає в розробці методів і засобів проєктування та створення нових типів вимірювального обладнання

для дослідження й контролю електрофізичних властивостей суспензій, фармацевтичних препаратів, біологічних тканин і рідин та інших матеріалів.

Проведено моделювання й створено низку експериментальних зразків первинних перетворювачів – датчиків для вимірювання електрофізичних параметрів рідин: електрохімічні комірки, мікросмужковий та коаксіальний резонатори. Створений автором вимірювальний комплекс імпедансної спектроскопії застосовано для удосконалення й оптимізації технологічних процесів у різних сферах і галузях науки.

Цікавою особливістю роботи Антоненка Є. О. є її міждисциплінарний характер: в багатьох проведених автором експериментах вирішуються задачі, які знаходяться на стику суміжних наукових напрямків, наприклад, радіофізики та фізичної хімії (розділ 3.3 «Дослідження суспензій наночастинок металів», та інші).

Отримані результати експериментальних досліджень здобувача, особливо в якості експрес-методів, мають практичне застосування для вирішення наступних задач:

- контроль і вимірювання параметрів рідких фармацевтичних препаратів (оцінка концентрації складових, утворення комплексів, оцінка біологічної дії антибіотиків);
- вимірювання концентрації наночастинок металів у суспензіях;
- розробка методу контролю зони заморожування при проведенні кріохірургічних операцій;
- розробка методів стабілізації водних суспензій наночастинок (застосування у біомедицині, напівпровідниковій промисловості, космічній промисловості);
- дослідження й синтез нових композиційних матеріалів;
- контроль концентрації й ступеню очистки речовин (хімічна та харчова промисловість);
- синтез нелінійних діелектриків з наперед заданими електрофізичними властивостями (створення мініатюрних надширокосмугових антен і приладів НВЧ-діапазону).

Крім того, автором експериментально доведено практичну ефективність застосування створеного апаратно-програмного комплексу у таких біологічних дослідженнях, як вимірювання концентрації жиру у молозиві, для оцінки біологічного стану клітин, для оптимізації процесу продукування наночастинок методом лазерної абляції, для створення вбудованих систем контролю ступеню очистки складових медичних препаратів і хімічних сполук (вимірювання концентрації домішок у органічних розчинниках).

До **недоліків** роботи слід віднести наступне:

1. На жаль, у описі зв'язку роботи з науковими програмами, планами, темами не вказано державних або галузевих пріоритетів, а вказано тільки теми науково-дослідних робіт ХНУ ім. Каразіна.

2. Було б доцільно у другому розділі дисертаційної роботи сформулювати критерії не тільки для вибору частотного діапазону (як це зроблено в п. 2.1), а

взагалі для всіх технічних характеристик вимірювальної системи імпедансної спектроскопії.

3. На жаль у висновках до першого розділу не сформульовано постановки задачі.

4. Підписи на осях графіків 2.8, 2.9, 2.11, 3.5, 3.18 та інших виконані без дотримання ДСТУ.

5. У розділах 3 та 4 досліджуються більшою мірою рідини з іонним типом провідності. Доцільно було б узагальнити експериментальний досвід і розробити математичну модель для обчислення провідності та діелектричної проникності бінарних розчинів та суспензій.

Висновки про відповідність дисертації вимогам МОН України.

Перераховані недоліки не змінюють загального позитивної оцінки дисертації. Викликає повагу продемонстрована здобувачем наявність глибоких знань і компетенцій в суміжних областях науки і техніки: і фізики, і математики, і програмуванні, і в електроніці, схемотехніці, сенсориці, що як раз і відповідає паспорту спеціальності 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем. У дисертації виконано широкий спектр актуальних досліджень, отримані нові фізичні результати, що мають наукову і практичну значимість. У цілому дисертаційна робота Антоненка Є.О. «Система імпедансної спектроскопії біологічних рідин і суспензій» є завершеною науковою роботою. Отримані в дисертації результати є новими, науково обґрунтованими і широко апробованими. У роботі розв'язано актуальні задачі створення та удосконалення апаратурних засобів вимірювання імпедансу. Дисертаційна робота в цілому за отриманими результатами, за змістом і оформленням задовольняє вимогам МОН України, які пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор Антоненко Євгеній заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем.

Офіційний опонент,
завідувач відділу систем управління
Інституту транспортних систем і технологій "Трансмаг" НАН України
д.ф.-м.н., с.н.с.,
академік ТА України



С. В. Плаксін



Міжпис Плаксина С.В.

Зав. відділом кадрів Шевчук П.В. Шевченко І.

Відгук одержано 23 квітня 2021 р
Ученій секретар спецради

