

## ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Антонюк Олени Олександрівни  
«Вдосконалення методів та засобів імпедансометрії для дослідження тканин  
організму людини»,

представлену до захисту на здобуття

наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю  
05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

На шляху до переходу знань і застосувань в Медицину 4.0, коли смартфон можна буде обладнати нескладним hardware і software додатком, що зніматиме медичні показники користувача і з використанням хмарних технологій оброблення вимірювальної інформації діагностуватиме, з'єднуватиме з лікарем, саме метрологічна складова цього процесу є **актуальною** науковою темою і з успіхом розвинута дисертантом.

Метою роботи «Вдосконалення методів та засобів імпедансометрії для дослідження тканин організму людини» є вдосконалення метрологічного забезпечення методу імпедансометрії стосовно біологічного об'єкта вимірювання.

Не лише тематика актуальна і передова в метрології, але й на часі предмет дослідження, як «стандартизація методів, засобів і параметрів аналізу імітансу тканин організму людини», бо уніфікація режимів роботи ЗВТ і схем підєднання (С.6) є складовою процесу стандартизації, також є удосконалення методів і засобів вимірювальної техніки.

Основні результати роботи дають підстави саме для удосконалення метрологічного забезпечення, підтвердженням чого є пункт 2 наукової новизни щодо отримання аналітичного виразу методичної похибки вимірювання.

Загальне враження від роботи вирізняє цілеспрямований підхід до опрацювання саме метрологічного аспекту широкої проблематики якості оцінювання стану людського організму.

Серед здобутків автора – розроблення підґрунтя та пропозиції одного із способів уніфікації параметрів біоімітансних об'єктів; аналіз та дослідження 16 патентів на винахід з різних країн; подання заявок на два власних патенти на корисну модель.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел та п'яти додатків.

У першому розділі автором методично і обґрунтовано подано класифікацію параметрів застосування імітансометрії для медичних об'єктів. В основу аналізу побудов електричних схем заміщення для моделювання вимірювальних кіл покладено модель Фріке-Морзе (С.24).

Наведено приклад роботи в цій галузі стосовно моделювання систематичної похибки для методу імпедансної томографії. Визначено завданням роботи зосередитися на оцінюванні методу електричного імпедансу та метод імпедансної спектрометрії як найпоширеніших.

Аналіз, виконаний у першому розділі, є підставою для вибору напрямку й умов досліджень, а отже, і їх результатів. Перший розділ написаний ґрунтовно і ґрамотно і має важливе методичне значення в даній роботі.

У другому розділі автором деталізовано та глибоко висвітлено особливості формування схем заміщення та форми електродів для отримання параметрів імітансу тканин організму людини. На цій підставі запропоновано власний варіант чотириелектродного сенсора з охоронним електродом з можливістю його перемикання для виключення неінформативних складових залежно від цілей дослідження.

У підсумку виділено напрям опрацювання вимірювального перетворювача за методом прямого перетворення «імітанс-напруга».

Усі формули, як і в наступних розділах, подані з посиланнями на джерела, за винятком самотійно виведених і застосованих.

У третьому розділі виділено обґрунтування методу знаходження значень елементів схем заміщення біологічних об'єктів у широкому частотному діапазоні. Запропоновано і застосовано способи сумісного та сукупного вимірювання, а також розраховано значення елементів схем заміщення за результатами вимірювання складових імітансу на двох фіксованих частотах. Отримано аналітичні вирази похибок вимірювання RC-параметрів та їх моделювання за частотою.

Четвертий розділ є практичним запровадженням розроблених методів покращання метрологічних характеристик для побудови засобів вимірювання параметрів імітансу.

Встановлено, що кращими для технічної реалізації є перетворювачі, які забезпечують використання одного джерела напруги, змінюючи по-різному під'єднання досліджуваного об'єкта та зразкового елемента. Розглянуті способи вимірювання параметрів імітансу дозволяють здійснювати ідентифікацію об'єктів біологічної природи за зміною їхніх електричних параметрів у частотному діапазоні. У разі, якщо виміряти одну із складових на фіксованій частоті, а іншу розрахувати за вимірним значенням фазового кута сигналів на цій же частоті, то можна усунути різницю в розрядності АЦП. Інструментальна похибка вимірювання фази у даному разі визначатиметься формувачами часового інтервалу, пропорційного фазовому зміщенню. Реалізація такого способу дає змогу розширити частотний діапазон вимірювання двох складових та забезпечити необхідні для окремих об'єктів режими вимірювання щодо частоти тестового сигналу.

**Достовірність** наукових результатів даної роботи забезпечується комплексними теоретичними та експериментальними дослідженнями методів аналізу методичної похибки, використанням апробованого лабораторного обладнання, збіжністю результатів оцінювання похибки за розробленою математичною моделлю та їх узгодженням з експериментальними даними, отриманими при дослідженні іншими методами.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у подальшому розвитку метрологічного забезпечення методів і засобів імітансометрії.

Уперше запропоновано метод локалізації вимірювальної ділянки тканин організму людини за п'ятиелектродною схемою під'єднання сенсора із змінною відстанню між потенціальними електродами.

Розвинуто для параметрів елементів схем заміщення тканин організму людини аналітичні вирази методичних похибок вимірювання за вибраною частотою та за крайових умов для складових імпедансу та адмітансу.

При математичному моделюванні параметрів двохелектродного сенсора вперше встановлено пропорційність частоти екстремального значення реактансу до параметрів приелектродного імпедансу.

Автором розроблено структуру нового вимірювального перетворювача для засобів діагностування біологічних об'єктів з інваріантністю до неінформативних імпедансів схеми під'єднання.

Таким чином, *наукова новизна* роботи ґрунтується на науковому підході до розроблення і впровадження методів і засобів покращання метрологічного забезпечення імітансних засобів вимірювань.

До роботи можна зробити такі **зауваження**:

1. На визначення автором об'єкта і предмета досліджень вплинули особливості медичного сприйняття людського організму. Об'єктом є явище в метрології, а саме процес отримання і метрологічного оцінювання параметрів вимірюваного імпедансу для даної галузі застосування.
2. Предмет дослідження за наведеними результатами сприймається як «стандартизація методів, засобів і параметрів аналізу імітансу тканин організму людини», бо уніфікація режимів роботи ЗВТ і схем під'єднання (С.6) є складовою процесу стандартизації, а не «дослідження тканин організму людини», що передбачає необхідність певних медичних висновків, бо «створення методу дослідження» вже відбулося, а є удосконалення методів і засобів вимірювальної техніки.

3. Останній пункт завдання в роботі не завершений встановленням певного частотного діапазону для організму людини.
4. На С.20 помилка у позначенні префіксових порядків наведеної класифікації частотних діапазонів, які доцільніше було б навести у степеневих показниках.
5. На рис. 3.10 а (С.89) масштаб частотного діапазону графіка значень методичних похибок вибраний не інформативний.
6. Автором у тексті дисертації не винесені у перелік аббревіатури; допущені окремі граматичні, орфографічні помилки та зустрічаються технічні помилки тексту (С.128 п. 19 автори «Kyle U.G., Bosaeus I., De Lorenzo A.D., Deurenberg P., Elia M., Gómez J.M., Heitmann B.L., Kent-Smith L., Melchior J.C., Pirlich M., Scharfetter H., Schols A.M., Pichard C.»).
7. Результати роботи (п.п. 4, 7, 8 Висновків) доцільно було б використати шляхом розроблення проекту стандарту в національну нормативну базу, заснованого на моделі оцінювання методичних похибок та способах побудови уніфікованих перетворювачів.

**Вказані зауваження не применшують значення роботи, як закінченого наукового дослідження у галузі розроблення і впровадження методів і засобів покращання метрологічного забезпечення імітансних засобів вимірювань.**

За результатами виконаної роботи автором опубліковано 20 наукових праць, із яких чотири у фахових виданнях, що відповідають вимогам АК України, з них два входять у міжнародні накометричні бази. Результати роботи також доповідалися на відомих наукових конференціях. Поданий разом з дисертацією автореферат написаний у відповідності з вимогами АК України і за змістом ідентичний дисертаційній роботі.

Результати дисертації мають **практичне значення** для проведення стандартизації методу біоімпедансної діагностики на підставі отримання питомих значень імпедансу тканин різного виду завдяки реалізації запропонованого способу вимірювання складових імпедансу.

Це дозволить провести стандартизацію умов вимірювань та є підставою для наступних сертифікаційних заходів. Дані розробки можуть бути застосовані і для розвитку метрологічного забезпечення інших застосувань методу імітансометрії.

**З наукової точки зору** ці результати розвивають методологію оцінювання методичної похибки та відповідності вимірювальних перетворювачів для визначення інформативних показників об'єктів різної фізіологічної природи.

**Висновки щодо відповідності дисертації вимогам Міністерства освіти і науки України.** Не зважаючи на ряд вказаних зауважень, дисертація Антонюк Олени Олександрівни є завершеною науковою працею, в якій отримані нові наукові та практичні результати, що є базовим напрацюванням для розвитку метрологічного забезпечення імпедансометрії стосовно біологічних об'єктів вимірювань, а застосування запропонованих рішень також дозволить підвищити якість засобів вимірювань медичного призначення та оперативність дослідження тканин організму людини.

Підсумовуючи вищесказане, вважаю, що за **своїм змістом, актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю** дисертаційна робота Антонюк Олени Олександрівни повністю відповідає вимогам МОН України згідно з п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Офіційний опонент

Головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, к.т.н., доцент



Рудик Юрій Іванович

Підпис засвідчую:

Вчений секретар

Львівського державного університету

безпеки життєдіяльності

д.с.-г.н., проф.

14.12.2016



А.Д. Кузик