

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу
Шпотака Михайла Олександровича

на тему «МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ
ПОЗАКЛІТИННИХ ПОТЕНЦІАЛІВ СЕРЦЕВИХ КЛІТИН»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань Автоматизація та приладобудування

за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка

Актуальність теми дисертації.

Одним із сучасних підходів дослідження біологічних об'єктів, як на клітинному рівні так й на тканинному, є використання технології «лабораторія-на-чипі» («lab-on-a-chip», «microfluidic chip», «organ-on-a-chip»). Відповідні методики передбачають культивування клітин в мікрооб'ємах чипу. Однак для оцінки функціонального стану клітин необхідно розроблювати специфічні методи їх вимірювання. Саме цьому напрямку й присвячена дисертаційна робота – розробці методики оцінки електричної активності кардіоміоцитів, що культивуються у пристроях «lab-on-a-chip». Дослідження, що проведені у роботі, є майже на піці сучасного розвитку відповідного напрямку, тому тему та зміст дисертаційної роботи слід вважати актуальними.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Математичні моделі, що описують виникнення та розповсюдження електричних потенціалів на поверхні клітин є багатопараметричними. Під час проведення безпосередніх біофізичних вимірювань точна неруйнівна ідентифікація цих параметрів, ймовірно, неможлива. Вдосконалення математичних моделей шляхом вилучення або об'єднання несуттєвих компонентів, розробка технологій вимірювання електричних сигналів клітин та

ідентифікація параметрів моделі є достатньо вагомими науковими задачами. Положення, що зазначенні в науковій повизні дисертаційної роботи *Шпотака М. О.*, безпосередньо відображають основні результати досліджень і їх можна вважати обґрунтованими.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі електронної інженерії КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках навчання в аспірантурі КПІ ім. Ігоря Сікорського під керівництвом наукового керівника к.т.н., доцента Іванушкіної Н. Г. та в рамках держбюджетної НДР №0119U100628 «Біотелеметрична система централізованої багатопараметричної експрес-діагностики та персонального моніторингу функціонального стану людини» 01.01.2019-31.12.2020 під керівництвом наукового керівника другого розділу НДР к.т.н., доцента Іванушкіної Н. Г.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання вдосконалення методичного та алгоритмічного забезпечення мікроелектродних систем на основі розробки методу реконструкції потенціалів дії з аналізу позаклітинних потенціалів серцевих клітин виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача *Шпотака М. О.* повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 153 – *Мікро- та наносистемна техніка* та напряму досліджень відповідно до освітньої програми *Мікро- та наносистемна техніка*.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям біомедичної електроніки, а точніше, моделювання біоелектричних процесів.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота *Шпотака М. О.* 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.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Стиль мовлення є чіткий, коректний, зрозумілий і відповідає вимогам, що висуваються до наукових праць.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатку. Загальний обсяг дисертації 116 сторінок.

У *вступі* розкривається суть наукових та прикладних проблем, щодо вимірювання та оцінки основних параметрів електричної активності кардіоміоцитів, в тому числі, які культивуються в пристроях «lab-on-a-chip». Саме з цього логічно випливають мета та задачі дисертаційної роботи.

У *першому* розділі на достатньому рівні розкриті відомі положення й проблеми, які виникають під час дослідження функціонального стану клітин, зокрема, їх електричної активності в умовах «lab-on-a-chip». Наведені теоретичні положення більш детально обумовлюють задачі дисертаційної роботи та окреслюють підходи до досягнення мети.

У *другому* розділі представлена розробка автора щодо модифікації математичної моделі виникнення потенціалу дії на мембрані клітини та результати моделювання позаклітинних потенціалів.

У *третьому* розділі наведено розроблений математичний метод реконструкції потенціалу дії клітини на основі результатів виміру позаклітинних потенціалів зі збереженням основних складових фаз корисного сигналу. Розглядаються випадки синхронних та асинхронних потенціалів дії; наведено методику ідентифікації відстані між клітинами, що утворюють позаклітинний потенціал у точці виміру.

У *четвертому* розділі представлено інженерні підходи щодо фільтрації вимірних сигналів; класифікації кардіотоксичності препаратів диметилсульфоксиду (DMSO) та Sotalol на основі методу машинного навчання k-сусідів. Наведені напрацювання мають вагомий прикладний цінність при оцінці

функціонального стану кардіоміоцитів, які були культивовані в умовах «lab-on-a-chip».

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 4 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; з яких 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексована у базі даних Scopus із зазначенням квартилю видання Q3 відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank та 2 статті у періодичному науковому виданні, проіндексовані у базі даних Web of Science.

Також результати дисертації були апробовані на 2 міжнародних наукових фахових конференціях, матеріали однієї з яких опубліковані у вигляді статті у Scopus-виданні.

Наукові публікації автора відповідають вимогам, що висуваються до наукових публікацій; матеріали викладені чітко й послідовно; відображають основні положення дисертаційної роботи. Авторський внесок до цих публікацій, зазначений у дисертаційній роботі є адекватним.

Таким чином, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Було б доцільно більш конкретно підкреслити у висновках та науковій новизні, на скільки саме (числом) й завдяки яким припущенням вдалося зменшити кількість диференціальних рівнянь математичної моделі.
2. Було б доцільно навести, як змінюється похибка машинного навчання при використанні метода «k-сусідів» при виборі кількості сусідів.
3. В тексті дисертаційної роботи не зазначені в повному обсязі всі вихідні умови моделювання, а робляться посилання на публікації автора. Це

дещо ускладнює аналіз положень дисертаційної роботи при першому ознайомленні з неї.

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 про дисертаційну роботу.


Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії *Шпотака Михайла Олександровича* на тему «*Моделювання та аналіз позаклітинних потенціалів серцевих клітин*» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань *Автоматизація та приладобудування*. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 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 р. № 44.

Здобувач Шпотак Михайло Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка.

Рецензент:

Доцент кафедри електронної інженерії Національного технічного університету України «Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського», к.т.н, с.н.с.




«29» кв. Гне
