



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи

**Національного технічного
університету України**

**“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”**

к.філос.н., проф.

Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

“ 20 ” 03 2024 р.

ВИТЯГ

**з протоколу № 17 від 13 березня 2024 р. розширеного засідання
кафедри електронної інженерії
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри електронної інженерії:

1. зав. кафедри електронної інженерії, д. т. н., професор Тимофєєв В. І.;
2. професор, д. т. н., доцент Прокопенко Ю. В.;
3. доцент, к. т. н., доцент Витязь О. О.;
4. доцент, к. т. н., доцент Вунтесмері Ю. В.;
5. доцент, к. т. н., доцент Іванушкіна Н. Г.;
6. доцент, к. т. н., доцент Казміренко В. А.;
7. доцент, к. т. н., доцент Ніколов М. О.;
8. доцент, к. т. н., доцент Попов А. О.;
9. доцент, к. т. н., доцент Шуляк О. П.;
10. доцент, к. т. н., доцент Іванько К. О.;
11. доцент, к. т. н., доцент Карплюк Є. С.;
12. доцент, к. т. н., доцент Саурова Т. А.;
13. доцент, к. т. н., доцент Голубєва І. П.;
14. доцент, к. т. н., доцент Порєва Г. С.
15. доцент, к. т. н. Семеновська О. В.;
16. асистент, к.т.н. Савін К. Г.;
17. асистент, к.т.н. Чернов А. С.;
18. асистент, Московко А. О.;
19. аспірант Шпотак М. О.;
20. аспірант Макарчук С. І.;
21. аспірант Мушта С. А.;
22. аспірант Басараб М. Р.;
23. аспірант Мневєць А. В.;

- з кафедри мікроелектроніки:

- 24. професор, д. т. н., доцент Татарчук Д. Д.;
- 25. асистент, доктор філософії Шевлякова Г.В.;

- з відділу сенсорних пристроїв, систем та технологій безконтактної діагностики, інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України:

- 26. г.н.с., д. т. н., с.н.с. Будник М. М.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри електронної інженерії Шпотака Михайла Олександровича за матеріалами дисертаційної роботи “Моделювання та аналіз позаклітинних потенціалів серцевих клітин”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка. Освітньо-наукова програма Мікро- та наносистемна техніка.

Тему дисертаційної роботи “Моделювання та аналіз позаклітинних потенціалів серцевих клітин” затверджено на засіданні Вченої ради факультету електроніки Національного Технічного Університету України “Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського” (протокол № 10.2020-1 від “26” жовтня 2020 року).

Науковим керівником затверджено к.т.н., доцент, Іванушкіна Н.Г.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

- доцент, к. т. н., доцент *Витязь О. О.*;
- професор, д. т. н., доцент *Татарчук Д. Д.*;
- г.н.с., д. т. н., с.н.с. *Будник М. М.*;
- доцент, к. т. н., доцент *Попов А. О.*;
- зав. кафедри електронної інженерії, д. т. н., професор *Тимофєєв В.І.*

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

- доцент, к. т. н., доцент *Попов А. О.*;
- доцент, к. т. н., доцент *Ніколов М. О.*;
- професор, д. т. н., доцент *Прокопенко Ю. В.*;
- професор, д. т. н., доцент *Татарчук Д. Д.*;
- г.н.с., д. т. н., с.н.с. *Будник М. М.*

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

Актуальність розробки методів моделювання та обробки позаклітинних потенціалів серцевих клітин зумовлена потребою у вирішенні проблеми автоматизації досліджень та вдосконалення інформаційно-алгоритмічного забезпечення мікроелектродних систем для оцінки кардіотоксичності лікувальних препаратів.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Напрямок досліджень пов'язаний з науковою тематикою і темами навчального процесу кафедри електронної інженерії факультету електроніки Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”. Дослідження виконувалися в рамках держбюджетної теми 2216-р №0119U100628 “Біотелеметрична система централізованої багатопараметричної експрес-діагностики та персонального моніторингу функціонального стану людини” 01.01.2019-31.12.2020, у якій автор брав участь у постановці задачі досліджень, розробки методів обробки сигналів електричної активності серцевих клітин.

3. Наукова новизна отриманих результатів

1. На основі теорії поля та схемотехнічної моделі клітинної мембрани розроблено метод реконструкції потенціалів серцевих клітин з позаклітинних потенціалів, що дозволяє визначати додаткові характеристики електричної активності кардіоміоцитів для оцінювання кардіотоксичності лікарських препаратів в мікроелектродних системах.

2. Розроблено методіку визначення синхронних та асинхронних потенціалів дії популяцій клітин для мультиелектродних систем, особливістю якої є можливість використання позаклітинних потенціалів з різних електродів для перевірки синхронності електричної активності кардіоміоцитів.

3. Вдосконалено модель паралельних провідностей серцевих клітин синоатріального вузла людини шляхом узагальнення основних іонних струмів, що скорочує кількість параметрів моделі, але зберігає складність морфології потенціалів дії.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи

1. На основі запропонованого методу реконструкції розроблено програмне забезпечення, що дозволяє відновлювати потенціали дії кардіоміоцитів з позаклітинних потенціалів, записаних мікроелектродними системами у відповідності з параметрами модельного або лабораторного експерименту.

2. Запропонований метод аналізу та обробки позаклітинних потенціалів дає змогу підвищити відношення амплітуди сигналу до шуму та проводити оцінку ризику кардіотоксичності препаратів в мікроелектродних системах.

3. Вдосконалена модель паралельних провідностей серцевих клітин синоатріального вузла людини на основі загальних струмів K, Na та Ca дозволяє за рахунок зменшення кількості диференціальних рівнянь спростити процес ідентифікації параметрів та моделювання електричної активності популяцій клітин для досліджень з реконструкції потенціалів дії в мікроелектродних системах.

4. Вдосконалено алгоритм класифікації позаклітинних потенціалів за групами ризику кардіотоксичності та концентраціями препарату, який дозволяє розширювати набір тренувальних даних за допомогою використання ознак реконструйованих потенціалів дії для машинного навчання.

5. Розроблено комплекс програм обробки, аналізу та класифікації сигналів електричної активності кардіоміоцитів, що розширює інформаційно-алгоритмічне забезпечення мікроелектродних систем для автоматизованого оцінювання кардіотоксичності серцевих препаратів.

5. Апробація/використання результатів дисертації

Результати досліджень, що включені в дисертацію, доповідалися на IV Міжнародній науково-практичній конференції “АВТОМАТИЗАЦІЯ, ЕЛЕКТРОНІКА, ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ПРАКТИКА” у 2022 р. у м. Харкові та на 41-й Міжнародній науково-технічній конференції IEEE “ELECTRONICS AND NANOTECHNOLOGY” (“Електроніка і нанотехнології”) (ELNANO-2022) у м. Києві.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Шпотака Михайла Олександровича визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача

За результатами досліджень опубліковано 6 наукових публікацій, у тому числі:

- 4 статей у наукових фахових виданнях України за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка

в т. ч. 3 статей, у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;

- 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексована у базі даних Scopus із зазначенням квартилю видання Q3;

- 2 статей у періодичному науковому виданні, проіндексованих у базі даних Web of Science;

- 1 стаття у періодичному науковому виданні;

- 2 тез виступів на наукових конференціях.

[1] N. G. Ivanushkina, K. O. Ivanko, **M. O. Shpotak**, і Y. V. Prokopenko, “Solving the Inverse Problem of Relationship Between Action Potentials and Field Potentials in Cardiac Cells”, *Visnyk NTUU KPI Serii A - Radiotekhnika Radioaparatabuduvannia*, вип. 85, с. 53–59, Чер 2021, doi: 10.20535/RADAP.2021.85.53-59.

(Стаття у періодичному науковому фаховому виданні категорії А, проіндексованому у базі даних Web of Science)

Особистий внесок здобувача: математичне моделювання реконструкції потенціалів дії з позаклітинних потенціалів, розробка комплексного методу знешумлення позаклітинних потенціалів, порівняння ефективності знешумлення позаклітинних потенціалів методами власних підпросторів та за допомогою вейвлет-перетворення.

[2] Н. Г. Іванушкіна, К. О. Іванько, **М. О. Шпотак**, і Ю. В. Прокопенко, “Реконструкція потенціалів дії серцевих клітин з позаклітинних потенціалів поля”, *Вісті вузів. Радіоелектроніка*, вип. 65, вип. 7, с. 420–432, Лип 2022, doi: 10.20535/S0021347022090047.

(Стаття у періодичному науковому фаховому виданні категорії А, проіндексованому у базі даних Scopus та віднесеному до 3 квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank)

Особистий внесок здобувача: математичне моделювання реконструкції потенціалів дії з позаклітинних потенціалів для популяцій клітин, проведення статистичного аналізу реконструйованих потенціалів дії.

[3] M. O. Shpotak, N. G. Ivanushkina, K. O. Ivanko, і Y. V. Prokopenko, “Estimation of Multiple Cardiac Cells’ Action Potentials From Extracellular Field

Potentials”, *Visnyk NTUU KPI Serii A - Radiotekhnika Radioaparotobuduvannia*, вип. 93, с. 70–77, Вер 2023, doi: 10.20535/RADAP.2023.93.70-77.

(Стаття у періодичному науковому фаховому виданні категорії А, проідексованому у базі даних Web of Science)

Особистий внесок здобувача: математичне моделювання реконструкції потенціалів дії з позаклітинних потенціалів для популяцій клітин, проведення статистичного аналізу реконструйованих потенціалів дії.

[4] М. О. Shpotak і N. G. Ivanushkina, “Application of k-Nearest Neighbors Method for Drug Concentration and Cardiotoxicity Classification Using Extracellular Field Potentials and Reconstructed Action Potentials of Cardiac Cells”, *Microsystems, Electronics and Acoustics*, вип. 29, вип. 1, 2024, doi: 10.20535/2523-4455.me.295601.

(Стаття у періодичному науковому фаховому виданні категорії Б)

Особистий внесок здобувача: розробка підходу до класифікації позаклітинних потенціалів за концентраціями та групами ризику кардіотосичності препаратів, математичне моделювання, обробка даних та статистичний аналіз результатів класифікації.

Праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

[5] М. Shpotak, N. Ivanushkina, K. Ivanko, і Y. Prokopenko, “A Model for Simulation of Human Sinoatrial Node Action Potential”, в *2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*, Київ, Ukraine: IEEE, Жов 2022, с. 422–425. doi: 10.1109/ELNANO54667.2022.9927001.

Особистий внесок здобувача: вдосконалення моделі паралельних провідностей САВ серця людини, математичне моделювання, порівняння морфології ПД різних моделей.

[6] М. О. Шпотак, Н. Г. Іванушкіна, і Ю. В. Прокопенко, «Реконструкція потенціалів дії серцевих клітин з позаклітинних потенціалів у системах з мікроелектродними решітками», в *Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції “Автоматизація, електроніка, інформаційно-вимірвальні технології: освіта, наука, практика”*, Харків, Україна: НТУ “ХП”, Лис 2022, с. 64–65. [Online]. Доступний у: <https://zenodo.org/records/7750728>

Особистий внесок здобувача: розробка методики реконструкції груп синхронних та асинхронних ПД, математичне моделювання.

Якість та кількість публікацій відповідають “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”.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Шпотака Михайла Олександровича “Моделювання та аналіз позаклітинних потенціалів серцевих клітин”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред’являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського Мікро- та наносистемна техніка.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу “Моделювання та аналіз позаклітинних потенціалів серцевих клітин”, подану Шпотаком Михайлом Олександровичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

доктор технічних наук, професор, професор кафедри радіоінженерії Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” **Шарпан Олег Борисович;**

Члени:

Рецензенти:

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри електронної інженерії Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” **Ніколов Микола Олександрович;**

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електронної інженерії Національного технічного університету України “Київський

політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Попов Антон Олександрович;

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, головний науковий співробітник відділу сенсорних пристроїв, систем та технологій безконтактної діагностики Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України **Будник Микола Миколайович;**

кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії Інституту магнетизму НАН України та МОН України **Мамілов Сергій Олександрович.**

Головуючий на засіданні,
завідуючий кафедри
електронної інженерії



Володимир ТИМОФЄЄВ

Вчений секретар кафедри
електронної інженерії



Тетяна САУРОВА