

**Ministry of Education
and Science of Ukraine
Odesa Polytechnic National University
Institute of Medical Engineering**

**Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Одеська політехніка»
Інститут медичної інженерії**

MODERN TECHNOLOGIES OF BIOMEDICAL ENGINEERING

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**PROCEEDINGS OF THE 4th INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
MAY 07-09, 2025**

**МАТЕРІАЛИ ІV МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
07-09 ТРАВНЯ 2025 РОКУ**

*Under the general editorship of
I. Prokhorovich, N. Manicheva*

*За загальною редакцією
І. В. Прокоповича, Н. В. Манічевої*

**Odesa, Ukraine / Одеса, Україна
“Astroprint” / «Астропринт»
2025**

Under auspice of the
Social Organization “All Ukrainian Society of Biomedical Engineers and Technologists”
За сприяння
Громадської організації «Всеукраїнська асоціація біомедичних інженерів і технологів»

**CONFERENCE
ORGANIZING COMMITTEE:**

Oborskyi H. (Ukraine) – Organizing Committee Chairman
Prokopovych I. (Ukraine) – Organizing Committee
Deputy Chairman
Titova N. (Ukraine) – Organizing Committee
Deputy Chairman
Manicheva N. (Ukraine) – Organizing Committee
Deputy Chairman

**INTERNATIONAL
PROGRAM COMMITTEE:**

<i>Avrunin O.</i> (Ukraine)	<i>Shlykov V.</i> (Ukraine)
<i>Azarkhov O.</i> (Ukraine)	<i>Storchun E.</i> (Ukraine)
<i>Diadiura K.</i> (Ukraine)	<i>Suchkov H.</i> (Ukraine)
<i>Filatova A.</i> (Ukraine)	<i>Sukhodub L.</i> (Ukraine)
<i>Galkin A.</i> (Ukraine)	<i>Sydorenko I.</i> (Ukraine)
<i>Khudetskyi I.</i> (Ukraine)	<i>Timchuk S.</i> (Ukraine)
<i>Kovalenko O.</i> (Ukraine)	<i>Vassilenko V.</i> (Portugal)
<i>Levashenko V.</i> (Slovakia)	<i>Vysotska O.</i> (Ukraine)
<i>Liashenko A.</i> (Ukraine)	<i>Wójcik W.</i> (Poland)
<i>Mamyrbayev O.</i> (Kazakhstan)	<i>Yavorska E.</i> (Ukraine)
<i>Maksymenko V.</i> (Ukraine)	<i>Yavorskyi B.</i> (Ukraine)
<i>Pavlov S.</i> (Ukraine)	<i>Zaitseva E.</i> (Slovakia)

Recommended for publication by Scientific Council Institute
of Medical Engineering of the
Odesa Polytechnic National University,
minutes No. 10, April 30, 2025

*The authors are responsible for the uniqueness of the text of the
materials and compliance with the requirements of academic integrity*

Free online access to printed materials at:

https://drive.google.com/file/d/1wqcp2ax_Qy9aRLK9v71kthoGZTc4vr_5/view?usp=drive_link

**ОРГКОМІТЕТ
КОНФЕРЕНЦІЇ:**

Оборський Г.О. (Україна) – голова оргкомітету
Прокопович І.В. (Україна) – заступник
голови оргкомітету
Тітова Н.В. (Україна) □ заступник
голови оргкомітету
Манічева Н.В. (Україна) – заступник
голови оргкомітету

**МІЖНАРОДНИЙ
ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ:**

<i>Аврунін О.Г.</i> (Україна)	<i>Максименко В.Б.</i> (Україна)
<i>Азархов О.Ю.</i> (Україна)	<i>Павлов С.В.</i> (Україна)
<i>Вассіленко В.</i> (Португалія)	<i>Сідоренко І.І.</i> (Україна)
<i>Висоцька О.В.</i> (Україна)	<i>Сторчун Є.В.</i> (Україна)
<i>Вуйцік В.</i> (Польща)	<i>Суходуб Л.Ф.</i> (Україна)
<i>Галкін О.Ю.</i> (Україна)	<i>Сучков Г.М.</i> (Україна)
<i>Дядюра К.О.</i> (Україна)	<i>Тимчик С.В.</i> (Україна)
<i>Зайцева О.</i> (Словаччина)	<i>Філатова Г.Є.</i> (Україна)
<i>Коваленко О.С.</i> (Україна)	<i>Худецький І.Ю.</i> (Україна)
<i>Левашенко В.</i> (Словаччина)	<i>Шликов В.В.</i> (Україна)
<i>Ляшенко А.В.</i> (Україна)	<i>Яворська С.Б.</i> (Україна)
<i>Мамірбаєв О.</i> (Казакстан)	<i>Яворський Б.І.</i> (Україна)

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту медичної
інженерії Національного університету
«Одеська політехніка»,
протокол № 10 від 30 квітня 2025 року

*Автори несуть відповідальність за унікальність тексту
матеріалів та відповідність вимогам академічної доброчесності*

Комп'ютерна версія опублікованих матеріалів за адресою:

https://drive.google.com/file/d/1wqcp2ax_Qy9aRLK9v71kthoGZTc4vr_5/view?usp=drive_link

М 78 **Modern** technologies of biomedical engineering : proceedings of the 4th international scientific and technical conference (May 07–09, 2025, Odesa, Ukraine) = Сучасні технології біомедичної інженерії : матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції (07–09 травня 2025 р., м. Одеса, Україна) / Under the gen. ed. of I. Prokopovych, N. Manicheva ; Ministry of Education and Science of Ukraine ; Odesa Polytechnic National University ; Institute of Medical Engineering. — Odesa : Astroprint, 2025. — 306 с.

ISBN 978-617-8515-53-9

The collected volume of scientific reports presented at the international scientific and technical conference is a scientific and practical publication that contains scientific articles by students, graduate students, candidates and doctors of sciences, teachers, researchers, scientists and practitioners from Europe, Ukraine and from neighboring countries, and beyond. The topics of reports are very diverse and cover many topical problems of modern fundamental sciences related to biomedical engineering. Based on the relevance of the topics and the high level of the presented reports, the conference materials should be recommended to the relevant organizations of the countries for use and implementation of research results in the field of biomedical engineering and informatics.

UDC 615.47:616-89

Збірник наукових доповідей міжнародної науково-технічної конференції є науково-практичним виданням, яке містить наукові статті студентів, аспірантів, кандидатів та докторів наук, викладачів, науковців та практиків з різних країн та регіонів України. Тематика доповідей дуже різноманітна та охоплює багато актуальних проблем сучасних фундаментальних наук, пов'язаних з біомедичною інженерією. Виходячи з актуальності тематик і високий рівень представлених доповідей, матеріали конференції доцільно рекомендувати відповідним організаціям для використання та впровадження результатів досліджень в практичну та наукову діяльність.

УДК 615.47:616-89

ISBN 978-617-8515-53-9

© Odesa Polytechnic National University, Institute of Medical Engineering, 2025
© Social Organization “All Ukrainian Society of Biomedical Engineers and Technologists”, 2025

Костянтин ЗАБРОДІН, аспірант

Олександр ГЕЛЕТКА, канд. мед. наук

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна, e-mail: kostiantyn.zabrodin@nure.ua

МЕТОДИ АВТОМАТИЧНОГО РОЗСТАВЛЕННЯ МІТОК ПОТЕНЦІАЛІВ РУХОВИХ ОДИНИЦЬ, ЗАПИСАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ КОНЦЕНТРИЧНОГО ГОЛКОВОГО ЕЛЕКТРОДА

Анотація. У роботі розглядаються основні методи визначення тривалості потенціалу рухової одиниці (ПРО) в електроміографії. Аналізуються різні алгоритми, такі як метод Турку 1, метод Турку 2, метод Столберга та метод Нандедкара, які використовуються для визначення меж ПРО. Описані переваги та недоліки кожного підходу, а також їхня практична застосовність у клінічній та науковій електроміографії.

Ключові слова: охорона здоров'я, медичні інформаційні технології, штучний інтелект, вейвлет-перетворення, діагностика нейрому'язових захворювань потенціал рухової одиниці, електроміографія, алгоритми аналізу, метод Турку, метод Столберга, метод Нандедкара

Загальновідомо, що до основних діагностично важливих параметрів ПРО відносять довжину та амплітуду потенціалу рухової одиниці. Амплітуду визначити достатньо легко - це різниця між мінімальною позитивною та максимальною негативною точками, проте щодо вимірювання довжини ПРО існує декілька підходів [1].

При автоматичному визначенні тривалості ПРО рекомендовано наступний комп'ютерний алгоритм: початком відхилення потенціалу від нульової лінії вважається негативне зміщення на 20 мкВ на ділянці в 0,6 мс; критерієм закінчення ПРО є повернення до нульової лінії із позитивним відхиленням не більше 4 мкВ на ділянці в 1,6 мс (R.G.Lee and D.E.White, 1973) [1]. Але нестабільність ізолінії за рахунок наявності шумів погіршує умови визначення початку та закінчення ПРО. Усереднення 3-5 потенціалів однієї ПРО під час реєстрації дозволяє знизити шуми та “вирівняти” умовну ізолінію. Даний алгоритм є рекомендованим але надто чутливим до умов реєстрації ПРО тому також використовуються інші алгоритми [2].

Метод Турку 1. Згідно з цим алгоритмом, сигнал аналізується за наступними кроками:

1. Реєстрація сигналу та попередня обробка.
2. Знаходження максимального піку (визначається найбільше значення амплітуди моторної одиниці).
3. Встановлення порогового значення – обирається певний відсоток (зазвичай 20% від пікової амплітуди), що буде використовуватися для визначення початку та кінця ПРО.
4. Визначення початку та кінця ПРО (знаходиться перша та остання точка у сигналі, коли значення амплітуди перевищує встановлений поріг).
5. Обчислення тривалості ПРО (тривалість потенціалу рухової одиниці визначається як різниця між моментом завершення та моментом початку)

Метод Турку 2. Цей метод використовує похідну сигналу для більш точного визначення меж ПРО:

1. Реєстрація сигналу та попередня обробка.
2. Обчислення похідної сигналу (використовується перша похідна сигналу для оцінки швидкості зміни амплітуди, що дозволяє знайти точки найшвидшого зростання і спаду сигналу)
3. Визначення початку ПРО (початок ПРО визначається як перша точка, де градієнт сигналу перевищує певний поріг, цей поріг може бути адаптивним, наприклад, 5–10% від максимальної зміни амплітуди)
4. Визначення кінця ПРО (кінець ПРО – це точка, де градієнт сигналу починає зменшуватись до базового рівня, в цьому випадку використовується друга похідна або пошук стабілізації сигналу).
5. Обчислення тривалості ПРО

Метод Столберга. Найбільш використовуваний підхід у електроміографії для вимірювання тривалості потенціалу рухової одиниці. Він базується на аналізі форми хвилі ПРО і визначенні моментів, коли сигнал відхиляється від базового рівня та повертається до нього:

1. Реєстрація сигналу та попередня обробка.
2. Визначення базового рівня шуму (розраховується середньоквадратичне відхилення (СКВ) під час запису в спокої)
3. Визначення початку ПРО (мітка початку визначається як перша точка, коли сигнал перевищує базовий рівень на певний відсоток (зазвичай 2-3 стандартних відхилення шуму))
4. Визначення кінця ПРО (кінцева мітка визначається як остання точка, коли амплітуда ПРО повертається до рівня базової активності).

5. Обчислення тривалості ПРО

Метод Нандедкара. Використовує порогові значення, розраховані відносно максимальної амплітуди ПРО.

6. Реєстрація сигналу та попередня обробка.
7. Визначення максимальної амплітуди ПРО та порогових значень (зазвичай 2-5 % від максимальної амплітуди)
8. Визначення початку ПРО (перша мітка визначається як точка, коли сигнал піднімається вище порогового рівня)
9. Визначення кінця ПРО (мітка кінця визначається як перша точка, коли сигнал спускається нижче порогового рівня)
10. Обчислення тривалості ПРО

Кожен із цих методів має свої переваги та недоліки, що визначають їхню застосовність у клінічній та науковій електроміографії [3]. Турку 1 є найпростішим у реалізації, Турку 2 забезпечує кращу точність, метод Столберга є найбільш універсальним, а метод Нандедкара забезпечує стабільність результатів навіть при різних рівнях амплітуди [4].

На сьогодні, тривають активні дослідження в області вдосконалення методів аналізу ПРО, зокрема шляхом використання вейвлет-перетворення та штучного інтелекту [5]. Такі підходи дозволять автоматизувати аналіз ЕМГ-сигналів, підвищити точність діагностики нейром'язових захворювань та забезпечити більш ефективне використання електроміографії в клінічній практиці [6].

Література

1. Ignacio Rodríguez-Carreño, Luis Gila-Useros and Armando Malanda-Trigueros, Motor Unit Action Potential Duration: Measurement and Significance, стаття dx.doi.org/10.5772/50265.
2. Kimura Jun, *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle principles and practice* Oxford University Press, 2020p. – С. 313–327.
3. Аврунин О. Г. Автоматизированный анализ электрической активности мышц при диагностике экстрапирамидных гиперкинезов / О. Г. Аврунин, К. Г. Половенко. // *Технічна електродинаміка*. Тем. випуск. – 2012. – С. 188–193.
4. Селиванова К. Г. Компьютерное моделирование механизма генерации ЭМГ сигнала в норме и при различных нервно-мышечных заболеваниях / К. Г. Селиванова // *Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 18-й Международный молодежный форум, Том 1.: материалы конф.* – Х., 2014. – С. 160–161.
5. Аврунин О.Г. Моделирование процессов формирования интерференционного электромиографического сигнала / О.Г. Аврунин, А.А. Гелетка, К.Г. Селиванова // *Общегосударственный научно-производственный и информационный журнал «Энергосбережение, энергетика, энергоаудит»*. Специальный выпуск, 2013. – Том 2, № 8(14). – С. 128–133.
6. Селиванова К.Г. Теоретические аспекты для моделирования интерференционного электромиографического сигнала / К.Г. Селиванова // *Матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій»*, Одеса: ОНАХТ, 2013р. – С.44–45.