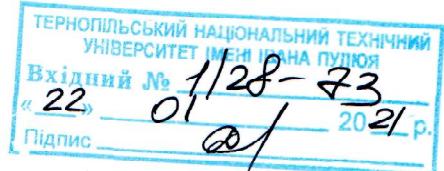


# ВІДГУК



офіційного опонента  
на дисертаційну роботу **Дозорської Оксани Федорівни** на тему:  
**„Математична модель та методи опрацювання біосигналів для задачі компенсації порушені комунікативної функції людини”**,  
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні  
методи

## *Актуальність теми дисертаційної роботи*

В роботі розглядається задача компенсації порушені комунікативної функції, яка в повній мірі може бути реалізована при повноцінному функціонуванні мовних відділів центральної нервової системи, дихальної системи і органів голосового апарату, останні безпосередньо реалізують цю функцію. Однак спостерігається зростання кількості людей із обмеженою або втраченою комунікативною функцією, зокрема через порушення роботи цих трьох систем або травми. Тому, задача пошуку способів відновлення комунікативної функції, як найважливішого засобу спілкування людей, є актуальною для медицини.

Актуальним є розроблення ефективних технічних засобів компенсації чи відновлення комунікативної функції із використанням опосередкованих методів, що ґрунтуються на відборі та опрацюванні біосигналів, які виникають в процесі реалізації цієї функції. Такі технічні засоби дадуть можливість проведення ефективної реабілітації комунікативної функції і в тих випадках, коли відновити функціонування окремих органів голосового апарату неможливо. В області біомедичної інженерії існує ряд опосередкованих способів, що можуть бути використані для задачі відновлення комунікативної функції мови. Перспективним є використання способу, що ґрунтується на паралельному відборі та опрацюванні групи біосигналів, зокрема електроенцефалографічних (ЕЕГ) та електроміографічних (ЕМГ), в структурі яких буде міститись інформація про роботу усіх органів, що задіюються в процесі реалізації комунікативної функції мови. Методи опрацювання визначатимуть алгоритми функціонування програмного забезпечення технічних засобів відновлення комунікативної функції. При цьому, відсутні методи опрацювання таких паралельно зареєстрованих біосигналів для задачі компенсації порушені комунікативної функції людини.

Наведені аргументи визначають актуальність обґрунтування вибору математичної моделі та розроблення методів опрацювання біосигналів із можливістю їх наступного втілення у автоматизованих технічних засобах для компенсації порушені комунікативної функції людини.

## *Наукова новизна, обґрунтованість і достовірність наукових висновків і рекомендацій*

*Наукова новизна* отриманих результатів у роботі полягає у наступному:

1. Уперше обґрунтовано спосіб компенсації порушені комунікативної функції людини, що полягає у паралельному відборі і наступному опрацюванні ЕЕГ та ЕМГ сигналів для виявлення у їхній структурі ознак процесу мовлення, який на відміну від відомих способів дає можливість отримання достатньої кількості інформації для ідентифікації окремих фонем при намаганні пацієнтів реалізувати комунікативну функцію;

2. Уперше застосовано кусково стаціонарний випадковий процес як математичну модель паралельно зареєстрованих ЕЕГ та ЕМГ сигналів, яка на відміну від відомих моделей враховує зміни значень параметрів таких сигналів в процесі реалізації комунікативної функції людини та має засоби визначення часових моментів появи цих змін;

3. Розроблено методи опрацювання ЕЕГ та ЕМГ сигналів, що ґрунтуються на використанні методів спектрально-кореляційного аналізу та ковзного вікна, які на відміну від відомих дають можливість виявлення часових моментів появи змін у структурі таких сигналів, котрі викликані реалізацією комунікативної функції людини;

4. Уперше застосовано усереднені оцінки розподілу спектральної густини потужності вибірок з паралельно зареєстрованих ЕЕГ та ЕМГ сигналів, які уможливлені для встановлення часових моментів початку та закінчення процесу реалізації комунікативної функції, а також наявності ознак окремих фонем та їх наступної ідентифікації.

**Ступінь обґрунтованості** наукових положень, висновків і рекомендацій визначається їх відповідністю сучасному стану математичного моделювання, підтверджується:

- коректним застосуванням математичної моделі паралельно зареєстрованих ЕЕГ та ЕМГ сигналів у вигляді кусково стаціонарного випадкового процесу для забезпечення можливості виявлення в структурі таких біосигналів ознак процесу мовлення та можливості реалізації обґрунтованого способу компенсації порушені комунікативної функції людини;

- коректним застосуванням методів спектрально-кореляційного аналізу при розробленні методів опрацювання ЕЕГ та ЕМГ сигналів для виявлення інформативних ознак структурних елементів мови при верифікації математичної моделі та розробленні алгоритмів функціонування технічної системи компенсації порушені комунікативної функції людини.

Ефективність використаного підходу підтверджена апробаціями на наукових конференціях та впровадженнями, про що свідчать відповідні акти.

**Достовірність** одержаних в дисертації результатів і висновків забезпечується коректністю використання математичного апарату стаціонарних випадкових процесів щодо задачі обґрунтування математичної моделі та розроблення методів статистичного опрацювання паралельно зареєстрованих ЕЕГ та ЕМГ сигналів з використанням основних положень теорії ймовірностей, математичної статистики, математичного моделювання. Адекватність математичної моделі ЕЕГ та ЕМГ сигналів у вигляді кусково стаціонарного випадкового процесу підтверджена ґрунтовним аналізом фізіологічних процесів, які відбуваються при реалізації комунікативної функції та результатами

проведених експериментальних дослідень. Шляхом застосування критерію Фішера встановлено, що використовуючи інформативні ознаки у вигляді усереднених оцінок розподілів спектральної густини потужності вибірок з ЕЕГ сигналів можна з високою достовірністю прийнятого рішення 0,99 виявляти часові інтервали намагання пацієнтами реалізувати комунікативну функцію, а використовуючи інформативні ознаки вибірок ЕМГ сигналів у вигляді усереднених оцінок розподілів спектральної густини потужності на інтервалі існування частоти основного тону можна виявляти часові моменти присутності ознак основного тону в структурі таких сигналів.

### ***Огляд змісту роботи***

Дисертаційна робота складається із переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та чотирьох додатків.

Загальний обсяг дисертації становить 170 сторінок, список використаних джерел містить 125 найменувань. У додатках наведені акти впровадження результатів досліджень дисертаційної роботи.

У вступі висвітлено актуальність теми та вибір напрямку наукових досліджень, сформульовано мету досліджень, їх об'єкт, предмет та поставлено і сформульовано задачі дослідження, охарактеризовано наукову новизну, практичне значення а також апробацію та опублікування результатів проведених досліджень.

У першому розділі наведено огляд літературних джерел за темою дисертації та обґрунтовано актуальність задачі компенсації порушені комунікативної функції людини. Для цього запропоновано спосіб, що полягає у відборі та опрацюванні групи біосигналів, а саме ЕЕГ та ЕМГ, в структурі яких міститься інформація про намагання пацієнтом реалізувати комунікативну функцію.

У другому розділі обґрунтовано вибір математичної моделі паралельно зареєстрованих ЕЕГ та ЕМГ сигналів у вигляді кусково стаціонарного випадкового процесу та на основі її розроблено методи статистичного опрацювання таких біосигналів, що полягають у застосуванні методів спектрально-кореляційного аналізу стаціонарних випадкових процесів та методу ковзного вікна. Розроблені методи включають в себе два етапи – підготовчий та основний. Шляхом застосування розроблених методів до опрацювання ЕЕГ та ЕМГ сигналів запропоновано проводити виділення часових інтервалів, які відповідають намаганню пацієнта щось сказати, а також виділення в межах цих інтервалів ділянок, які містять ознаки присутності основного тону, що є характерним для голосних і приголосних вокалізованих звуків.

Третій розділ роботи пов'язаний з плануванням та проведенням експериментів з відбору ЕЕГ та ЕМГ сигналів для наступної верифікації обґрунтованої математичної моделі та розроблених методів опрацювання ЕЕГ та ЕМГ сигналів.

Для відбору ЕЕГ сигналів автором використано електроенцефалографічний комплекс Нейроком. Для відбору ЕМГ сигналів автором розроблено та фізично реалізовано блок відбору біопотенціалів із розширеною смugoю пропускання. На основі попереднього опрацювання відібраних ЕЕГ та ЕМГ сигналів автором проведено обґрунтування вибору

схеми накладання електродів для вібору таких біосигналів. Також у розділі отримано розрахункові формули для обчислення статистик ЕЕГ та ЕМГ сигналів і розроблено блок-схеми опрацювання таких сигналів на підготовчому етапі розроблених методів опрацювання.

У четвертому розділі наведено результати опрацювання ЕЕГ та ЕМГ сигналів розробленими методами та проведено оцінювання отриманих результатів. Так, автором показано, що значення варіації усереднених оцінок розподілу спектральної густини потужності, що обчислені з ЕЕГ сигналу в межах трансляцій ковзного вікна, є чутливими до проявів ознак намагання реалізації пацієнтами комунікативної функції (намагання щось сказати). А значення усереднених оцінок розподілу спектральної густини потужності на інтервалі існування частоти основного тону, обчислені з ЕМГ сигналу в межах трансляцій ковзного вікна, є чутливими та інформативними ознаками наявності проявів основного тону в структурі таких сигналів.

Шляхом застосування критерію Фішера до аналізу отриманих результатів автором показано, що за значеннями усереднених оцінок розподілу спектральної густини потужності, які обчислені з ЕЕГ сигналу, можна з високою достовірністю (0,99) встановлювати часові інтервали намагання пацієнтів щось сказати, а за значеннями усереднених оцінок розподілу спектральної густини потужності на інтервалі існування частоти основного тону, що обчислені з ЕМГ сигналів, можна виявляти часові моменти присутності ознак основного тону.

Також автором запропоновано спосіб технічної реалізації системи компенсації порушені комунікативної функції людини.

Список використаних джерел відображає найбільш значущі наукові роботи, пов'язані з тематикою дисертації.

### ***Практична цінність і значення дисертаційної роботи***

Запропоновані методи статистичного опрацювання паралельно зареєстрованих ЕЕГ та ЕМГ сигналів, які розроблені в дисертаційній роботі, доведено до комп'ютерної реалізації. Розроблено пакет прикладних програм у середовищі Matlab для виявлення інформативних ознак елементів мови в структурі ЕЕГ та ЕМГ сигналів.

Матеріали дисертаційної роботи Дозорської О.Ф. використовуються в науково-виробничому експериментальному СМП «Медап» (м. Тернопіль) та в ТзОВ «Медичний центр ВІТАМІН» (м. Тернопіль).

Враховуючи основні положення дисертаційної роботи та особистий внесок в публікаціях, що належать автору, за темою дисертації можна зробити висновок, що дисертація Дозорської О.Ф. «Математична модель та методи опрацювання біосигналів для задачі компенсації порушені комунікативної функції людини» є самостійною та завершеною науковою працею, що вносить істотний вклад у розвиток систем реабілітації функції мовлення людини та компенсації втраченої здатності розмовляти. Всі результати та висновки є науково обґрунтованими та експериментально підтвердженими.

### ***Повнота викладення результатів у опублікованих матеріалах***

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 18 наукових працях: з них у 6 статтях наукових фахових видань України з технічних наук, 2

статті в міжнародних періодичних виданнях, 1 стаття у інтернет-виданні та 9 публікацій у матеріалах Міжнародних та Всеукраїнських наукових та науково-технічних конференцій. Особистий внесок здобувача у спільніх публікаціях відображені в дисертації і авторефераті. Основні наукові результати, які викладені в спільніх публікаціях, отримані дисертантом самостійно.

Рівень та кількість публікацій відповідають вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій в Україні.

### ***Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації та автореферату***

Дисертаційна робота написана на належному мовностилістичному рівні, застосована наукова термінологія є загальновизнаною, стиль викладу результатів теоретичних та практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття і використання іншими дослідниками. Автореферат повністю відповідає змісту дисертації, написаний грамотно, державною мовою з використанням сучасної української наукової термінології. Оформлення дисертаційної роботи і автореферату відповідає встановленим вимогам МОН України, що висуваються до кандидатських дисертацій, у тому числі п. 11 "Порядку присудження наукових ступенів".

### ***По дисертаційній роботі варто відзначити наступні зауваження:***

1. В Розділі 2 дисертації (пункт 2.2) багато уваги приділено аналізу можливостей, що їх дає подання електроенцефалографічних та електроміографічних сигналів у вигляді періодичного та майже періодичного процесу, тоді як усі типи біосигналів є радше випадковими процесами.

2. Основою можливості встановлення часових інтервалів, коли людина намагається щось сказати, є припущення, що зміниться активність мовних центрів головного мозку. Відповідно запропоновано проводити відбір та опрацювання електроенцефалографічних сигналів у відведеннях, які розміщені поблизу цих центрів. Однак, аналізуючи наведені в пункті 3.2 результати відбору електроенцефалографічних сигналів у 16-ти відведеннях можна візуально помітити зміни активності мозкових структур і поблизу деяких інших відведень.

3. В роботі запропоновано метод опрацювання електроміографічних сигналів для виявлення в їхній структурі ознак основного тону. При цьому, варто було б провести обґрунтування інформативних ознак та процедури ідентифікації окремих фонем.

4. Наведений дисертантом в роботі підхід потенційно придатний для розпізнавання голосних звуків в найбільшій мірі, але чи придатний він для глухих/губних звуків?

5. В роботі наявне обґрунтування вибору ширини ковзного вікна, однак немає обґрунтування інтервалу перекриття. До кінця незрозуміло, яка форма вікна застосовується - найімовірніше прямокутна, що вносить спотворення в наступні етапи, зокрема "... оцінювання розподілу спектральної густини потужності ЕМГ сигналу ...".

6. Дисертантом в назві Розділу 3 використано термін "Планування експерименту" в своєму розумінні, однак цей термін в науковій літературі має дещо інший смисл.

Однак, вказані недоліки не знижують наукової та практичної цінності роботи і не впливають на її загальну позитивну оцінку.

### **Загальна оцінка роботи**

Дисертація Дозорської О.Ф. «Математична модель та методи опрацювання біосигналів для задачі компенсації порушені комунікативної функції людини» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати: поставлена і вирішена актуальна наукова задача математичного моделювання паралельно зареєстрованих ЕЕГ та ЕМГ сигналів для задачі компенсації порушені комунікативної функції людини.

Робота у достатній мірі проілюстрована рисунками, графіками, таблицями. Оформлена акуратно, у відповідності із вимогами, які ставляться до дисертаційних робіт.

Основні матеріали дисертації достатньо повно опубліковані у наукових виданнях, що відповідають її фаху. Зміст автoreферату ідентичний до основних положень дисертації і у повній мірі відображає її.

Автoreферат дисертації достатньо повно розкриває її зміст.

Дисертаційна робота містить нові науково-обґрунтовані результати, які є важливими на сучасному етапі математичного моделювання біомедичних сигналів та процесів, і цілком відповідає вимогам паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

За актуальністю розглянутої проблеми, обсягом проведених досліджень, їх науковим рівнем та практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота відповідає вимогам "Порядку присудження наукових ступенів" (зокрема п. 9, 11, 12 щодо кандидатських дисертацій), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами), а її автор Дозорська Оксана Федорівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи.

Завідувач кафедри економіко-математичного моделювання та інформаційних технологій Національного університету «Острозька академія»,  
доктор технічних наук, професор



А.П. Власюк

Підпис Власюка /Сандро Г. Г.  
надзвірниско інспектор  
з кафедр в Університеті

