

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

КМЕТЬ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 519.216:612.16

**МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛУ ПЛОДУ В УТРОБІ
МАТЕРІ У СУМІШІ ІЗ ЗАВАДАМИ**

163 «Біомедична інженерія»

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль
2018

Роботу виконано на кафедрі біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: доктор технічних наук, професор,
Яворський Богдан Іванович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук, старший викладач
Стрембіцький Михайло Олексійович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 22 лютого 2018р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-507.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми роботи. В ході спостереження за протіканням вагітності, особливо, ускладненої, виникає необхідність в реєстрації електрокардіосигналу (ЕКС) плоду і в моніторинзі характеристик його серцевого ритму. В основному, інвазивні технології, які використовуються на сьогодні, забезпечують хорошу якість реєстрованого ЕКС і високу достовірність отримуваних характеристик серцевого ритму, але вимагають накладення одного з електродів на голівку плоду, і тому можуть застосовуватися тільки в ході пологів. Для раннього ж діагнозу впродовж вагітності, який забезпечує своєчасність і ефективність відповідного лікарського втручання, найбільш відповідними є неінвазивні технології, базовані на використанні ЕКС плоду, зареєстрованого на поверхні тіла матері.

Хоча перші вдалі досліди в цьому напрямі були проведені вже більше сорока років тому, проте до останнього часу не було запропоновано надійних технологій і недорогої техніки, що дають можливість отримувати стійкі і достовірні результати. Проблема полягає в тому, що зареєстровані на поверхні тіла матері сигнали є сумішшю материнського ЕКС, значно нижчого (в 10 - 100 разів) по рівню ЕКС плоду і численних завад - мережевої завади, материнського електроміосигналу, дихальної складової, електродних артефактів і шумів реєструючої апаратури.

У результаті огляду праць, присвячених проблемі виділення ЕКС плоду із суміші встановлено, що сучасні методи та засоби ідентифікації математичних моделей ЕКС плоду, будуються без єдиної методології. Для вирішення цієї проблеми дослідники застосовують ряд методів: адаптивна фільтрація [Zarzoso V., Millet-Roig J., Nandi A.K.], сліпе розділення сигналів [Lathauwer L.De, Moor B.De, Vandewalle J.], метод незалежних компонент [Vrins F., Lee J.A., Verleysen M.], сингулярна декомпозиція [Lathauwer L.De, Moor B.De, Vandewalle J.], проективне розшарування [Kotas M.], вейвлет-перетворення [Vigneron V., Paraschiv-Ionescu A., Azancot A., Azzerboni B, Foresta F., Mammone N., Morabito F.C.].

Тому побудова нового методу на базі адекватної математичної моделі, який би дав змогу виявляти ЕКС плоду у суміші з ЕКС матері та завадою з високою достовірністю прийнятого рішення, на сьогодні є досить актуальною задачею.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розроблення методу виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами.

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналіз відомих методів виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами для обґрунтування напряму наукового дослідження.
2. Обґрунтувати вибір математичної моделі електрокардіосигналу плоду в утробі матері для розв'язання задачі їх виявлення у суміші із завадами.
3. Розробити метод виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами на основі обґрунтованої математичної моделі
4. Розробити програмне забезпечення для виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами
5. Провести експериментальні дослідження над реалізаціями електрокардіосигналів плоду в утробі матері у суміші із завадами

Об'єкт дослідження: процес виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами.

Предмет дослідження: математична електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами.

Методи дослідження. Для програмної реалізації методу виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами використано засобами енергетичну теорію стохастичних сигналів, теорію випадкових процесів та пакет прикладних програм MATLAB.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше на базі математичної моделі електрокардіосигналу плоду в утробі матері у вигляді періодично корельованого випадкового процесу та синфазного аналізу розроблено метод його ефективного виявлення у суміші із сигналом матері та завадою.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що розроблена комп'ютерна програма для кардіодіагностичних комплексів дає змогу провести процедуру виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами

Апробація. Викладені в дипломній роботі результати доповідалися і обговорювалися на XX науковій конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана (м. Тернопіль, 2017р.).

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 150 сторінках, списку використаних джерел з _ назв на 4 сторінках, додатків на 32 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 186 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі шляхом аналізу відомих методів виявлення електрокардіосигналів плоду в утробі матері у суміші із завадами обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференції.

У першому розділі «Огляд відомих методів виявлення електрокардіосигналів плоду в утробі матері» проаналізовано наукові праці різних авторів, присвячені досліджуваній проблематиці.

Аналіз наукових праць, які присвячені проблемам виявлення електрокардіосигналу плоду у суміші електрокардіосигналу матері дав змогу встановити, що відомі методи (адаптивна фільтрація, сліпе розділення сигналів, метод незалежних компонент, сингулярна декомпозиція, проективне розшарування, вейвлет-перетворення, спектральний та кореляційний аналіз) та засоби виявлення побудовані на базі не адекватних математичних моделей із застосуванням евристичного підходу без дотримання єдиної методології. Все це відображається на якості діагностики функціонального стану серцево-судинної системи плоду.

Підвищити ефективність діагностики стану серцево-судинної системи плоду допоможе методологія, яка об'єднає всі методи виявлення електрокардіосигналу у суміші електрокардіосигналу матері із завадами. За допомогою такої методології

можна провести оптимізацію процесу виявлення з гарантованою достовірністю. Це дасть можливість виявляти ранні зміни у функціонуванні серцево-судинної системи, зокрема гіпоксію і тим самим запобігати появі асфіксії.

У другому розділі «Математична модель електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами» наведено шляхи удосконалення методів математичного моделювання суміші електрокардіосигналів матері та плоду (рис.1) уможливили використання відомих детермінованих і стохастичних моделей до розв'язання задач структурної та параметричної ідентифікації моделі електрокардіосигналу плоду.

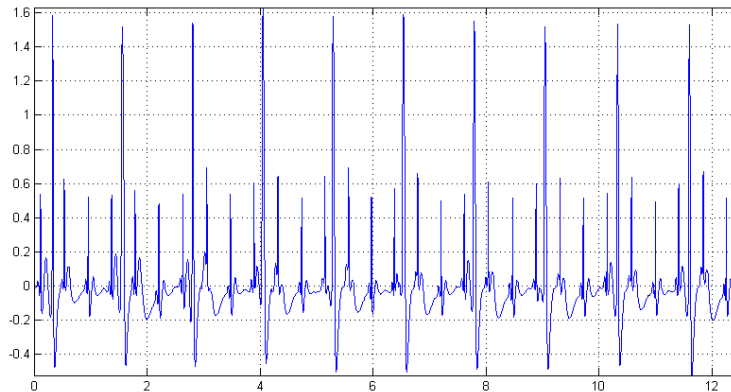


Рис.1. Реалізація електрокардіосигналу плоду та матері (вісь абсцис – час (сек), вісь ординат – амплітуда (мВ))

Подання суміші електрокардіосигналу плоду та матері (рис.1) через періодично корельований випадковий процес обґрунтовує застосовність до неї відомих методів статистичного аналізу (синфазного, компонентного) для обчислення статистичних оцінок їхніх ймовірнісних характеристик як показників достовірного виявлення сигналу плоду у суміш.

У третьому розділі «Метод виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами» розроблено метод статистичного аналізу електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами в рамках обґрунтованої його математичної моделі із застосуванням синфазного методу.

Вирази оцінок електрокардіосигналу плоду в утробі матері як періодично корельованого випадкового процесу у вигляді кореляційних компонент дають змогу у своїй структурі відобразити притаманні сигналу властивості випадковості (не стаціонарності) та періодичності, що є адекватним для реальних сигналів

У четвертому розділі «Результати експериментального дослідження виявлення електрокардіосигналу в утробі матері у суміші із завадами» на базі обґрунтованої математичної моделі та синфазного методу аналізу суміші електрокардіосигналу проведено експериментальні дослідження й отримано його інформативні оцінки. Метод синфазного аналізу суміші електрокардіосигналів та завади реалізовано у вигляді програмного забезпечення із використанням інструментальної підтримки системи MATLAB.

Кореляційні компоненти (рис.2) як оцінки, які обчислено за допомогою синфазного методу аналізу, кількісно відображають факт присутності

електрокардіосигналу плоду у суміші із сигналами матері та завади типу білого шуму.

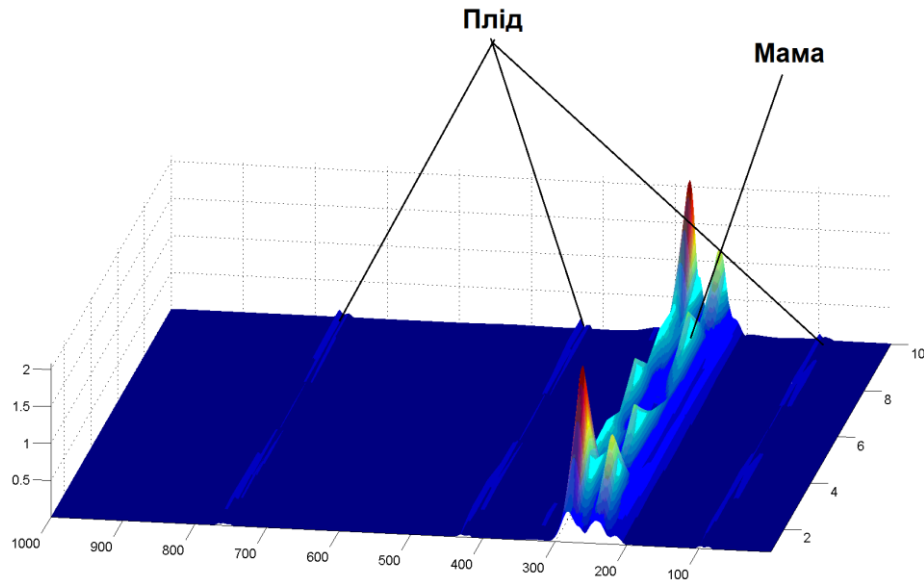


Рис.2. Кореляційні компоненти суміші ЕКС плоду та матері (вісь абсцис – зсув, вісь ординат – номер компоненти, вісь аплікват – потужність(мВ²))

На рис.2 видно, що складові ЕКС плоду зосереджено на трьох діапазонах зсуву 750-770, 420-440, 85-105, а складові матері – 200-300, що кількісно розділяє складові між собою і тим самим дає змогу встановити факт присутності сигналів плоду в утробі матері, що є важливим для прогностичної діагностики.

Як критерій більш детального оцінювання параметрів кореляційних компонент ЕКС (рис.2) застосовано оцінку їх усереднення по компонентах згідно виразу (1).

$$M_k \left\{ \hat{B}_k(u) \right\} = \frac{1}{N_k} \sum_{k=1}^{N_k} \hat{B}_k(u), \quad u = \overline{1, N_u}, \quad k = \overline{1, N_k}. \quad (1)$$

де k – номер оцінки кореляційної компоненти ЕКС; u – зсув;
 N_u – кількість зсувів; N_k – кількість компонент.

Результати усереднених кореляційних компонент зображено на рис.3.

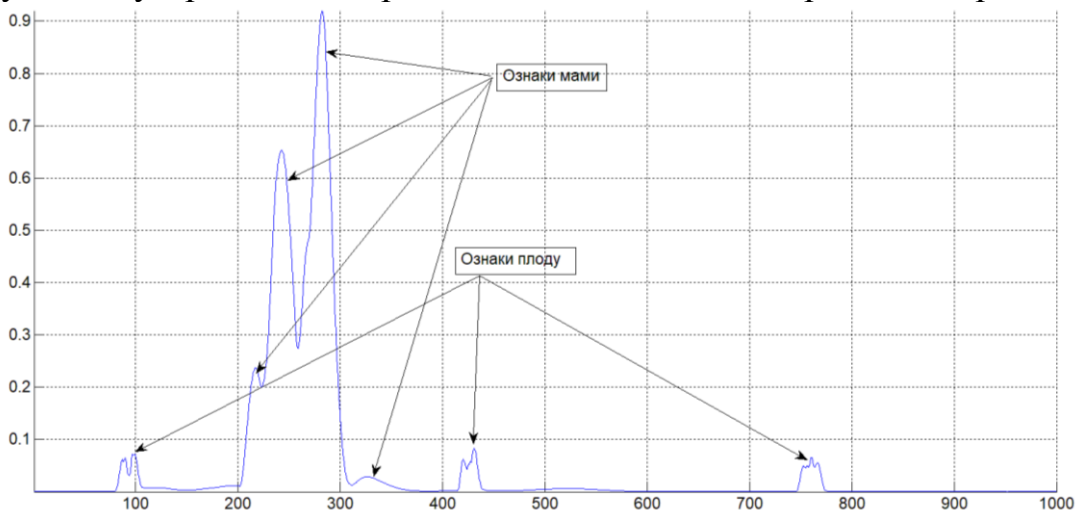


Рис.3. Усередненні кореляційні компоненти ЕКС плоду та матері (вісь абсцис – номер зсуву, вісь ординат – потужність (мВ²))

Усереднені оцінки (рис.3) дають змогу більш детально у порівнянні із неусередненими оцінками (рис.2) забезпечити процедуру достовірного виявлення ЕКС плоду у суміші із ЕКС матері за трьома піками кореляційних компонент.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень при реєстрації електрокардіосигналу та проведено обґрунтування вибору пакету Matlab як програмного забезпечення для розв'язання наукової задачі.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 40670,89 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,71 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проаналізовано вимоги охорони праці обслуговуючого медичного персоналу при роботі із стаціонарним електрокардіографом та описано стійкість роботи цехів та лабораторії по виготовленню електронної медичної апаратури (ЕМА), заходи захисту виробничого персоналу. Також проаналізовано організацію протипожежного захисту та проведення протипожежної профілактики у цехах по виготовленню друкованих плат ЕМА.

У восьмому розділі «Екологія» встановлено, що при проведенні виробничих процесів монтажу і складання електрокардіографа системи застосовано технологічні методи і засоби, які створюють мінімальний вплив на навколишнє середовище

У додатках наведено тексти програм, розроблені для ПК (ОС Windows 7,8,10).

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розв'язано актуальну наукову задачу розроблення методу виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами.

При цьому отримано такі результати:

1. У результаті проведеного порівняльного аналізу відомих методів виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами сформульовано основні вимоги до математичної моделі та методу виявлення: забезпечення адекватності математичного опису до сигналів такої природи як нестационарних процесів та розроблення на його основі ефективного методу виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері.

2. Обґрунтовано використання математичної моделі електрокардіосигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, яка на відміну від відомих враховує як періодичний характер, так і стохастичність структури електрокардіосигналу плоду в утробі матері для розв'язання задачі їх виявлення у суміші із завадами.

3. Розроблено метод виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у

суміші із завадами на основі обґрунтованої математичної моделі та синфазного методу аналізу.

4. Розроблено програмне забезпечення в середовищі MATLAB для дослідження процесу виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами

5. Проведено експериментальні дослідження над реалізаціями електрокардіосигналів за результатами яких встановлено, що отримані кореляційні компоненти кількісно відображають факт присутності електрокардіосигналу плоду у суміші із сигналами матері та завадами.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Кметь О. О. Метод виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами / О. О. Кметь // Матеріали XX наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 травня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — С. 128–129. — (Імовірнісні моделі біофізичних сигналів і полів та обчислювальні методи і засоби їх ідентифікації, приладобудування).

АНОТАЦІЯ

Кметь Олександр Олександрович. Метод виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 163 – Біомедична інженерія, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

У дипломній роботі наведено результат дослідження методу виявлення електрокардіосигналів плоду в утробі матері у суміші із завадами. Задачу виявлення сформульовано з використанням адитивної моделі електрокардіосигналів матері, плоду та білого шуму. Досліджено властивості математичної моделі цього електрокардіосигналу. Розроблено та реалізовано програму із графічним інтерфейсом в середовищі програмування Matlab. Результат дослідження спрямований на використання при побудові методів виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері на фоні завад.

Ключові слова: електрокардіосигнал, завада, суміш, виявлення, достовірність, програмне забезпечення.

ANNOTATION

Kmet Oleksandr. Method of detecting the electrocardiosignal of the fetus in the mother's womb in admixture with noise. - Manuscript.

Thesis Master's degree 163 - Biomedical Engineering, Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2018.

In the thesis the results of the study of the method of detecting the electrocardiosignals of the fetus in the mother's womb in admixture with disturbances are given. The problem of detection is formulated using the additive model of

electrocardiosignal of mother, fetus and white noise. The properties of the mathematical model of this electrocardiosignal are investigated. A graphical user interface program developed and implemented in Matlab programming environment. The result of the study is aimed at using in the construction of methods for detecting the electrocardiosignal of the fetus in the mother's womb against the backdrop of obstruction.

Keywords: electrocardiosignal, noise, mixture, detection, reliability, software.