

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

**АНДРУС СТЕПАН ІГОРОВИЧ**

УДК 612.17:519.688

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ 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,  
професор кафедри біотехнічних систем  
**Ткачук Роман Андрійович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

**Рецензент:** кандидат технічних наук,  
завідувач кафедри радіотехнічних систем  
**Дунець Василь Любомирович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 28 грудня 2018 р. о 10<sup>00</sup> 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.** Серцебиття плоду матері є базовим показником стану здоров'я і правильного розвитку майбутньої дитини. Тому основною медичною задачею кардіологів як в Україні так і в усьому світі є спостереження за роботою серця плоду впродовж усієї вагітності з метою виявлення розвитку патологічного стану серцево-судинної системи плоду.

Для оцінювання стану серцевої діяльності плода використовують такі діагностичні методи як ультразвукове дослідження та ехокардіографію, які через свою інвазивність є небезпечними для розвитку плоду.

Електрокардіографія є неінвазивним діагностичним методом, що дає змогу зареєструвати електричну активність роботи серця плоду на поверхні тіла матері у вигляді електрокардіосигналу (ЕКС).

Проблема виявлення ЕКС плоду полягає в тому, що зареєстровані на поверхні тіла матері сигнали є сумішшю ЕКС матері та завад (завади електромережі, дихальна складова, артефакти та власні шуми технічних засобів (кардіодіагностичні системи)).

У відомих технічних засобах для виявлення ЕКС плоду застосовують такі методи як сліпе розділення сигналів [Lathauwer L.De, Moor B.De, Vandewalle J.], адаптивна фільтрація [Millet-Roig J., Zarzoso V., Nandi A.K.], метод незалежних компонент [Vrins F., Lee J.A., Verleysen M.], сингулярна декомпозиція [Lathauwer L.De, Moor B.De, Vandewalle J.], проєктивне розшарування [Kotas M.], вейвлет-перетворення [Vigneron V., Paraschiv-Ionescu A., Azancot A., Azzerboni B, Foresta F., Mammone N.].

Відомі методи виявлення ЕКС у технічних засобах побудовано без урахування зв'язків між параметрами досліджуваного плоду, математичною моделлю та методами, що вказує на некоректність роботи алгоритмів роботи виявлення у технічних засобах.

Тому розроблення методу та засобів на базі адекватної математичної моделі, яка описує параметри досліджуваного плоду для задачі виявлення ЕКС плоду в утробі матері на фоні завад є актуальною науковою задачею в галузі біомедичної інженерії.

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

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести огляд відомих методів та засобів виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами з метою обґрунтування напряму наукового дослідження.

2. Обґрунтувати структуру 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 алгоритмічне та 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:** методи та засоби виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами

**Методи дослідження:** цифрова обробка сигналів, енергетична теорія стохастичних сигналів, пакет прикладних програм Matlab.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

Вперше на базі математичного забезпечення, а саме математичної моделі електрокардіосигналу плоду в утробі матері у вигляді періодично корельованого випадкового процесу та компонентного методу аналізу, розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення виявлення його у суміші із сигналом матері та завадою для технічних засобів (кардіодіагностичних систем).

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у тому, що розроблене програмне забезпечення для технічних засобів (кардіодіагностичних систем) дає змогу провести процедуру виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами

**Апробація.** Викладені в роботі результати доповідалися і обговорювалися на Міжнародній студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“ (м. Тернопіль, 2018р.).

**Структура та обсяг.** Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 116 сторінках, списку використаних джерел 169 назв на 17 сторінках, додатків на 10 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 143 сторінок.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У вступі шляхом аналізу відомих методів та засобів виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері сформовано актуальність роботи, 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 конференціях.

У першому розділі «Огляд відомих методів виявлення електрокардіосигналів плоду в утробі матері» проведено 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, проєктивне 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.

У другому розділі «Математична модель електрокардіосигналу плоду» обґрунтовано застосування періодичного корельованого випадкового процесу щодо опису електрокардіосигналу плоду за результатами кореляційного, статистичного та спектрального аналізів, що уможливило процедуру розроблення методу виявлення

його виявлення у суміші із завадами.

Обґрунтована математичної моделі електрокардіосигналу плоду дає змогу врахувати у своїй структурі властивості періодичності та випадковості, що важливим при розв'язанні задачі виявлення ЕКС плоду в утробі матері

**У третьому розділі «Метод виявлення електрокардіосигналу плоду»** розроблено метод виявлення електрокардіосигналу плоду на базі компонентного методу аналізу в рамках обґрунтованої математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу.

Розроблено алгоритм виявлення електрокардіосигналу для розроблення на його основі програмного забезпечення для технічних засобів (кардіодіагностичних систем).

**У четвертому розділі «Результати виявлення електрокардіосигналу плоду»** розроблено програмне забезпечення виявлення в середовищі Matlab та наведено результати його роботи при виявленні ЕКС плоду в утробі матері на фоні завад.

На підставі результатів аналізу ЕКС плоду, ЕКС матері та завади встановлено, що розроблений метод компонентного аналізу та розроблене на його основі алгоритм та програмне забезпечення дають змогу відстежити присутність ЕКС плоду на фоні ЕКС плоду та завади типу білого шуму. Цей факт вказує на ефективність виявлення розробленого методу.

Встановлено, що обчислені компонентним методом кореляційні оцінки електрокардіосигналу плоду в утробі матері при використанні моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу за своєю інформативністю є кращими ніж характеристики при використанні стаціонарної моделі оскільки кількісно відображають факт присутності сигналів плоду на фоні сигналів матері та завади.

**У п'ятому розділі «Спеціальна частина»** проаналізовано методику проведення медико-біологічного дослідження, зокрема процедуру реєстрації електрокардіосигналу плоду, та обґрунтовано вибір УДК напряму наукового дослідження.

**У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 45839,82 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,635 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»** сформульовано рекомендації по охорони праці з питань електробезпеки обслуговуючого персоналу при експлуатації електрокардіодіагностичної системи, буде забезпечено безпечні умови праці при її експлуатації і тим самим мінімізовано ризик ушкодження персоналу електричним струмом, а також описано способи оцінки умов праці на виробництві. Проаналізовано питання оцінки дії електромагнітного імпульсу під час виготовлення електронної медичної апаратури

та способи визначення режимів радіаційного захисту робітників і службовців в лабораторіях, цехах по виготовленню окремих деталей ЕМА.

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

У **додатках** наведено текст програмного забезпечення, яке розроблено для ПК (ОС Windows 7, 8, 10).

## **ВИСНОВКИ**

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

При цьому отримано такі результати:

1. У результаті проведеного порівняльного огляду та аналізу відомих методів та засобів виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами сформульовано основні вимоги до математичної моделі та методу виявлення: врахування зв'язків між досліджуваним об'єктом, математичною моделлю, методом виявлення, алгоритмічним та програмним забезпеченням технічного засобу (кардіодіагностичною системою) для методу виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами.

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

3. Розроблено метод виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами на базі обґрунтованої математичної моделі та компонентного методу аналізу для числення кореляційних компонент як чутливих індикаторів присутності сигналів плоду на сигналів матері та завод.

4. Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення в середовищі MATLAB як складову одиницю технічного засобу (кардіодіагностичних систем) для виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами. Проведено експериментальні дослідження над реалізаціями електрокардіосигналів плоду в утробі матері у суміші із завадами, які підтвердили істинність працездатності розробленого методу виявлення та розробленого на його базі алгоритмічного та програмного забезпечення.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Андрус С. І. Оптимальний метод виявлення біосигналів у суміші із завадами / Андрус С. І. // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 26-27 квітня 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 1. — С. 236–237. — (Біомедична інженерія).

## АНОТАЦІЯ

Андрус Степан Ігорович. Методи та засоби 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 розроблено методи та засоби виявлення електрокардіосигналів плоду в утробі матері у суміші із завадами на базі енергетичної теорії стохастичних сигналів. На базі теорії обґрунтовано структуру електрокардіосигналів у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, яка враховує у своїй структурі властивості періодичності (циклічність роботи серця) та випадковості (вплив внутрішніх та зовнішніх факторів).

На базі обґрунтованої математичної моделі електрокардіосигналу плоду розроблено метод його виявлення в утробі матері у суміші із завадами із використанням компонентного методу аналіз.

Розроблено засіб виявлення електрокардіосигналу плоду в утробі матері у суміші із завадами у вигляді програмного забезпечення із використанням пакету прикладних програм Matlab.

Ключові слова: електрокардіосигнал, утроб матері, завада, виявлення, математична модель, компонентний метод, програмне забезпечення, Matlab

## ANNOTATION

Andrus Stepan Ihorovych. The methods and means of detecting the fetus in the mother's womb electrocardiosignal in admixture with noise. - Manuscript.

Master's diplom work on specialty 163 - Biomedical Engineering, Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2018.

In the dissertation work methods and means of detection of fetal electrocardiogram signals in the mother's womb in combination with noise on the basis of the energy theory of stochastic signals are developed. Based on the theory, the structure of electrocardiosignals in the form of a periodically correlated random process, which takes into account the properties of periodicity (cyclicity of the heart) and randomness (the influence of internal and external factors) in its structure, is substantiated.

On the basis of the justified mathematical model of the fetal electrocardiogram, a method for its detection in the mother's womb in admixture with disturbances was developed using a component analysis method.

The device for detecting the electrocardiogram of a fetal mother in the womb with a mix of software malfunctions using the Matlab package is developed.

Keywords: electrocardiosignal, womb obstacle, noise, detection, mathematical model, component method, software, Matlab.