

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

ОЛІЙНИК ОКСАНА ІВАНІВНА

УДК 519.218:616.12

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПУЛЬСОВОЇ ХВИЛІ ДЛЯ
КОМПЛЕКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ АМПЛІТУДИ І ЧАСОВИХ
ХАРАКТЕРИСТИК**

8.05090204 «Біомедичні та медичні апарати та системи»

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль
2017

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
Яворський Богдан Іванович
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Рецензент: кандидат технічних наук, в.о. зав. кафедри РТ
Дунець Василь Любомирович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Захист відбудеться 23 лютого 2017 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28ч, навчальний корпус №9, ауд. 507

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми роботи. За статистичними даними Міністерства охорони здоров'я України на першому місці за кількістю смертельних випадків стоять захворювання серцево-судинної системи (65,2%). Спостерігається також зростання кількості смертей серед дітей шкільного віку при фізичному навантаженні до 2,3%, серед яких 2,1% - припадає на приховані захворювання серцево-судинної системи. Таку високу смертність лікарі пов'язують із пасивним способом життя, погіршенням екології та неправильним харчуванням. Важливу роль в зменшенні смертельних випадків від прихованих вад серцево-судинної системи відіграє їх своєчасна діагностика.

З метою запобігання смертності при фізичному навантаженні використовують скринінгові методики, які дають можливість судити про стан серцево-судинної системи із використанням однотипних, стандартних та дозованих фізичних навантажень. Оцінка фотоплетизмографічного сигналу при фізичних навантаженнях дозволяє встановити адаптивні можливості організму та приховані субкомпенсовані вади серцево-судинної системи. Доцільність побудови математичної моделі фотоплетизмографічного сигналу, обґрунтована труднощами розробки алгоритмів при опрацюванні експериментальних даних.

Виділяють дві групи математичних моделей фотоплетизмографічного сигналу: детерміновані та стохастичні. До детермінованих математичних моделей відносять клас періодичних (С. Марков, О. Шевчук) та майже періодичних (К. Станчук, О. Семенець, М. Ельхатіб) функцій, а також детерміновані функції, що описують фотоплетизмографічний сигнал при одному серцевому скороченні (В. Логвинов). Серед стохастичних моделей виділяють модель у вигляді вектора випадкових величин (А. Десова, О. Разин), а також модель у вигляді адитивної суміші стаціонарного випадкового процесу та детермінованої періодичної функції. Детерміновані моделі не враховують неповторності та варіативності сигналів біологічного походження, стохастичні ж моделі не дають змогу описати коливання в часі, що є суттєвим при дослідженні фазо-часової структури сигналу з метою виявлення змін у стані серцево-судинної системи при фізичному навантаженні та потребують опрацювання значного об'єму вхідних даних для забезпечення достовірності результату моделювання.

Наведені аргументи вказують на актуальність обґрунтування математичної моделі фотоплетизмографічного сигналу та розроблення методу опрацювання сигналу, який дозволить підвищити інформативність оцінювання функціонального стану організму при фізичному навантаженні.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження є математичне моделювання фотоплетизмографічного сигналу для оцінювання амплітуди і часових характеристик при фізичному навантаженні.*

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести огляд відомих математичних моделей фотоплетизмографічного сигналу та методів їх опрацювання у кардіодіагностичних системах для обґрунтування напрямку наукового дослідження.

2. Обґрунтувати вибір математичної моделі фотоплетизмографічного сигналу,

для розв'язання задач своєчасного виявлення змін у функціонуванні серцево-судинної системи при фізичному навантаженні.

3. Побудувати математичну модель фотоплетизмографічного сигналу, яка враховує у своїй структурі властивості періодичності та випадковості сигналу.

4. Розробити метод опрацювання та комп'ютерного імітаційного моделювання фотоплетизмографічного сигналу при фізичному навантаженні на основі обґрунтованої математичної моделі.

5. Розробити програмне забезпечення для імітаційного моделювання та обробки експериментальних даних фотоплетизмографічного сигналу.

Об'єкт дослідження: процес опрацювання результатів математичного моделювання фотоплетизмографічного сигналу при фізичному навантаженні.

Предмет дослідження: математична модель фотоплетизмографічного сигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань використовувалися: енергетична теорія стохастичних сигналів, математичне моделювання, комп'ютерне імітаційне моделювання, статистичні методи, експеримент.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше, на основі обґрунтованої математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу розроблено метод опрацювання фотоплетизмографічного сигналу при фізичному навантаженні, за рахунок чого проведено оцінку амплітуди і часових характеристик сигналу з врахуванням стохастичних та періодичних властивостей сигналу, про що свідчить порівняння результатів комп'ютерного імітаційного моделювання з емпіричними даними.

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблено програмне забезпечення для опрацювання фотоплетизмографічного сигналу на основі математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались на V Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 17 – 18 листопада 2016 р.

Структура роботи. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 136 сторінках, списку використаних джерел з 67 назв на 7 сторінках, додатків на 10 сторінках, загальний обсяг роботи становить 153 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** 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 дипломної роботи на науково-технічній конференції.

У **першому розділі** «Фотоплетизмографічні методи оцінки стану серцево-судинної системи» проведено аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами, які присвячені досліджуваній проблематиці.

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що математичні моделі фотоплетизмографічного сигналу можна розділити на дві групи – детерміновані та стохастичні. Детерміновані моделі фотоплетизмографічного сигналу не враховують стохастичну природу сигналів біологічного походження, тому актуальним є використання стохастичної математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, яка враховує періодичність та випадкову складову. У розділі розглянуто методи опрацювання фотоплетизмографічного сигналу, а саме: графічний, аналітичний та якісний методи. Враховуючи механізм породження та проходження фотоплетизмографічного сигналу, проаналізовано його характеристики та на їх базі обґрунтовано вимоги до математичної моделі.

У другому розділі «Обґрунтування математичної моделі фотоплетизмографічного сигналу при фізичному навантаженні» на основі результатів проведеного аналізу фотоплетизмографічного сигналу з використанням статистичних методів встановлено, що адекватна математична модель сигналу повинна носити статистичний характер та задовольняти вимоги періодичності та випадковості. Такі вимоги задовольняє модель у вигляді періодично корельованого випадкового процесу.

У третьому розділі «Методи статистичного опрацювання фотоплетизмографічного сигналу при фізичному навантаженні» розроблено алгоритм опрацювання фотоплетизмографічного сигналу для виділення та оцінки його амплітудних та часових характеристик. При проведенні аналізу характеристик математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу та синфазного методу опрацювання було розширено можливості статистичної оцінки стану серцево-судинної системи, шляхом введення кореляційних компонент.

У четвертому розділі «Результати експериментальних досліджень, їх верифікація та валідація» наведено результати опрацювання фотоплетизмографічного сигналу на базі математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу. Розроблено алгоритм для комп'ютерного імітаційного моделювання фотоплетизмографічного сигналу при фізичному навантаженні. З метою верифікації математичної моделі, розроблено метод опрацювання фотоплетизмографічного сигналу та способу визначення часу відновлення за амплітудними та часовими характеристиками сигналу. Проведено валідацію методу опрацювання фотоплетизмографічного сигналу на базі експериментальних даних.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень при реєстрації фотоплетизмографічного сигналу та описано методику перевірки фото плетизмографа.

В шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 44156,73грн., а кількісна оцінка науково-технічної ефективності науково-дослідної роботи, яка здійснювалася експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначалася як середньоарифметичне, складає 0,695 від максимального числа 1. Рекомендації по результатах виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» висвітлено питання правильної організації робочого місця, освітлення, мікроклімату на робочому місці дослідника. Розглянуто охорону праці при використанні електрообладнання для уникнення небезпечних та надзвичайних ситуацій. Розглянуто питання пожежної та електробезпеки, а також дії, які необхідно виконати при ураженні електричним струмом та надання першої допомоги при таких ураженнях.

У восьмому розділі «Екологія» проаналізовано охорону навколишнього середовища при виготовленні друкованих плат, зокрема розглянуто інженерно-технічний та правовий підхід до організації охорони довкілля. Розглянуто технічні аспекти захисту навколишнього середовища при виготовленні друкованих плат та правове регулювання такого виробництва, відповідно до сучасних екологічних тенденцій. Також у розділі описано екологічні ризики, методи їх оцінки та управління ними.

У додатках до дипломної роботи наведено текст програми у пакеті прикладних програм MATLAB 2009b для комп'ютерного імітаційного моделювання та опрацювання фотоплетизмографічного сигналу.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі магістра вирішено наукову задачу, яка полягає у розробці математичної моделі фотоплетизмографічного сигналу для оцінювання амплітуди і часових характеристик сигналу при фізичному навантаженні.

При цьому отримані такі наукові та практичні результати:

1. На основі проведеного аналітичного огляду літератури та аналізу відомих методів побудови математичних моделей фотоплетизмографічного сигналу та методів їх опрацювання у кардіодіагностичних системах обґрунтовано напрямок наукового дослідження.

2. Обґрунтовано вибір математичної моделі фотоплетизмографічного сигналу, що дозволяє розв'язання задач своєчасного виявлення змін у функціонуванні серцево-судинної системи при фізичному навантаженні.

3. Побудовано математичну модель фотоплетизмографічного сигналу, яка враховує у своїй структурі властивості періодичності та випадковості та розроблено метод опрацювання і комп'ютерного імітаційного моделювання фотоплетизмографічного сигналу при фізичному навантаженні на основі побудованої математичної моделі.

4. Розроблено програмне забезпечення для імітаційного моделювання та обробки експериментальних даних для фотоплетизмографічного сигналу в пакеті прикладних програм MATLAB 9b.

5. Проведено експериментальні дослідження фотоплетизмографічного сигналу для перевірки адекватності обґрунтованої математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу та здійснено перевірку способу опрацювання фотоплетизмографічного сигналу.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Олійник О.І. Імітаційна модель фотоплетизмографічного сигналу при фізичному навантаженні / В.Л. Дунець, О.І. Олійник О.І. // Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів “Актуальні задачі сучасних технологій”, 17-18 листопада 2016 року – Т.: ТНТУ, 2016 – Том 2. – С. 89.

АНОТАЦІЯ

Олійник О. І. Математичне моделювання пульсової хвилі для комплексного оцінювання амплітуди і часових характеристик. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 8.05090204 – Біотехнічні та медичні апарати та системи, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2017.

Дипломну роботу магістра присвячено математичному моделюванню фотоплетизмографічного сигналу для оцінювання амплітуди і часових характеристик сигналу, що забезпечить підвищення інформативності каріодіагностичних систем за рахунок врахування стохастичних складових сигналів. Вперше, на основі обґрунтованої математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу розроблено метод опрацювання фотоплетизмографічного сигналу при фізичному навантаженні, що дозволило провести оцінку амплітуди і часових характеристик сигналу, про що свідчить порівняння результатів комп'ютерного імітаційного моделювання з емпіричними даними. Розроблено програмне забезпечення для опрацювання фотоплетизмографічного сигналу на основі математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу. Метод опрацювання та імітаційне моделювання реалізовано у вигляді програми в пакеті прикладних програм MATLAB 2009b. Використовуючи розроблену програму, проведено аналіз фотоплетизмографічного сигналу на базі експериментальних даних.

Ключові слова: фотоплетизмографічний сигнал, амплітуда, період, математична модель, періодично корельований випадковий процес, імітаційна модель, програмне забезпечення.

ANNOTATION

Oliinyk O.I. Mathematical modeling of the pulse wave for the comprehensive evaluation of the amplitude and time. – Manuscript.

Thesis work of master's degree after speciality 8.05090204 are the Biotechnical and medical vehicles and systems, Ternopil national technical university of the name of Ivan Pylyu, Ternopil, 2017.

Master's thesis is devoted to mathematical modeling photoplethysmographic signal for the integrated assessment amplitude and time that provide more informative cardiological system by taking into account the stochastic component signals. For the first time, based on reasonable mathematical model in the form of periodically correlated random process the method processing photoplethysmographic signal during exercise, allowing to assess the amplitude and time of the signal, as evidenced by comparing the results of computer simulation modeling with empirical data. The software for processing

photoplethysmographic signal based on a mathematical model in the form of periodically correlated random process. The method of processing and simulation is implemented as a program application package MATLAB 2009b. Using the developed program photoplethysmographic signal analysis based on experimental data.

Key words: photoplethysmographic signal, amplitude, period, mathematical model, periodically correlated random process, simulation model, software.