

**Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя**

**Глемба Василь Миколайович**

*УДК 612.143:616-073.173*

**МЕТОДИ ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ ІМПЕДАНСНОЇ  
ПЛЕТИЗМОГРАФІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ**

8.05090204 – Біотехнічні та медичні апарати та системи

Автореферат дипломної роботи магістра

Тернопіль – 2017

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У медицині значення артеріального тиску лікарі використовують як один із початкових параметрів діагностики стану пацієнта, зокрема, для попередження ризиків появи та розвитку серцево-судинних захворювань. Відповідно актуальною медичною задачею є розроблення нових або удосконалення відомих методів визначення артеріального тиску.

В медичній практиці використовуються прямі та непрямі методи вимірювання артеріального тиску, зокрема перевага віддається непрямим методам, що характеризуються неінвазивністю. Серед цих методів виділяють оклюзійні та неоклюзійні, що відповідно характеризуються наявністю та відсутністю додаткової компресійної манжети, тиск в якій урівноважує артеріальний тиск. При цьому перевага віддається неоклюзійним методам, оскільки вони є більш комфортними для пацієнтів, однак мають меншу точність та є чутливі до впливів зовнішніх завад і артефактів. Серед оклюзійних методів перспективним є метод, що ґрунтується на відборі та опрацюванні сигналів імпульсної плетизмографії. Цей метод характеризується високою чутливістю та стійкістю до впливів артефактів, зокрема рухових. Самі ж сигнали імпульсної плетизмографії характеризують степінь кровонаповнення судин та містять у своїй структурі інформацію про поточне значення артеріального тиску.

Однак, для визначення артеріального тиску необхідно обґрунтувати або розробити новий метод опрацювання сигналів імпульсної плетизмографії, який давав би можливість виділення інформативних ознак, що були б індикаторами значення артеріального тиску. Сказане вище і визначає актуальність теми дослідження.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження* є методи опрацювання сигналів імпульсної плетизмографії для задачі неінвазивного вимірювання артеріального тиску. Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналітичний огляд літературних джерел за тематикою дослідження;
2. Провести порівняльний аналіз відомих методів вимірювання артеріального тиску, принципів функціонування сучасних автоматизованих систем вимірювання артеріального тиску та впливи на процес вимірювання фізіологічних завад та артефактів і обґрунтувати метод визначення артеріального тиску за сигналами імпульсної плетизмографії;
3. Провести аналіз природи сигналів імпульсної плетизмографії з метою виявлення в них ознак проявів артеріального тиску; Обґрунтувати метод визначення значення артеріального тиску за сигналами імпульсної плетизмографії;
4. Провести аналіз математичних моделей та методів опрацювання сигналів імпульсної плетизмографії;
5. Обґрунтувати вибір методу опрацювання сигналів імпульсної плетизмографії при визначенні артеріального тиску;
6. Провести експериментальний відбір та опрацювання сигналів імпульсної плетизмографії обґрунтованим методом.

*Об'єкт дослідження:* процес опрацювання сигналів імпедансної плетизмографії для визначення артеріального тиску.

*Предмет дослідження:* метод опрацювання сигналів імпедансної плетизмографії для визначення артеріального тиску.

*Методи дослідження* побудовано на базі теорії детермінованих та стаціонарних випадкових процесів, зокрема подання сигналів імпедансної плетизмографії у вигляді адитивної суміші періодичного процесу та стаціонарного випадкового процесу. Для програмної реалізації алгоритмів опрацювання використано пакет прикладних програм MATLAB.

Наукова новизна отриманих результатів. Розроблено метод опрацювання сигналів імпедансної плетизмографії на базі моделі у вигляді адитивної суміші періодичного процесу та стаціонарного випадкового процесу. Застосовано методи спектрально-кореляційного аналізу сигналів імпедансної плетизмографії для визначення артеріального тиску.

Апробація результатів дисертації. Окремі результати роботи заплановано апробувати на Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (м. Тернопіль, 2016 р.).

**Структура та обсяг.** Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 126 сторінках, списку використаних джерел з 35 назв на 4 сторінках, додатків на 10 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 135 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** шляхом аналізу та порівняння відомих методів визначення артеріального тиску 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 конференціях і семінарах.

У **першому розділі** «Методи вимірювання артеріального тиску людини» проаналізовано стан проблеми визначення артеріального тиску.

Проведено аналіз методів вимірювання артеріального тиску, зокрема неоклюзійних та оклюзійних. Встановлено, що перспективним є використання неоклюзійних методів, оскільки вони є більш комфортними для пацієнтів. Однак вони є більш складними в плані апаратної реалізації та потребують розроблення нових методологічних підходів до задачі вимірювання артеріального тиску. Тому для подальших досліджень використано оклюзійні методи.

Проаналізовано принцип функціонування сучасних автоматизованих систем вимірювання артеріального тиску та вплив фізіологічних завад, що призводять до похибок вимірювання. Встановлено, що реографічні та плетизмографічні методи є більш стійкими до впливів артефактів, зокрема рухових.

Проведено порівняльний аналіз методів вимірювання артеріального тиску та обґрунтовано доцільність застосування оклюзійного методу, що ґрунтується на відборі та опрацюванні сигналів імпедансної плетизмографії.

У **другому розділі** «Застосування методу імпедансної плетизмографії при визначенні артеріального тиску» проведено аналіз застосування методу ІПГ при

визначенні артеріального тиску, зокрема проаналізовано генезис сигналів ІПГ, їх основні морфологічні параметри.

Розглянуто методи відбору та попереднього опрацювання сигналів ІПГ та порівняння їх із методом звичайної реографії. Встановлено переваги методу ІПГ при оцінюванні гемодинаміки організму людини та окремих його структур.

Запропоновано оклюзійний метод визначення значення артеріального тиску за сигналами ІПГ.

**У третьому розділі** «Математичне моделювання та методи опрацювання сигналів імпедансної плетизмографії та методи їхнього опрацювання» Проведено аналіз математичних моделей та методів опрацювання сигналів імпедансної плетизмографії, зокрема застосування детерміністського та імовірнісного підходу щодо вибору математичної моделі сигналів ІПГ. В першому випадку сигнал ІПГ розглядається як періодичний, майже- або полі періодичний процес, перехідний процес. При цьому застосовуються методи гармонічного аналізу до оцінювання значення артеріального тиску. Однак такий підхід не враховує випадкової складової, що є результатом впливу внутрішніх та зовнішніх факторів. В другому випадку сигнал ІПГ розглядається як стаціонарний випадковий процес. При цьому застосовуються методи спектрально-кореляційного аналізу.

Проведено аналіз спектральних характеристик сигналів ІПГ, на основі чого зроблено висновки, що сигнал містить коливну структуру, параметри якої можуть бути використані для оцінювання значення АТ. Відповідно математична модель у вигляді стаціонарного випадкового процесу не підходить для опису сигналів ІПГ, оскільки не має засобів опису їх коливної структури.

Обґрунтовано математичну модель сигналу ІПГ у вигляді адитивної суміші стаціонарного випадкового процесу та періодичного процесу. На основі цього обґрунтовано застосування методів спектрально-кореляційного аналізу до опрацювання сигналів ІПГ з метою оцінювання значення АТ.

**У четвертому розділі** «Проведення експериментальних досліджень» проведено відбір сигналів імпедансної плетизмографії з використанням реографа Р4-02. Відбір проводився на частоті 100 кГц, що відповідає режиму імпедансної плетизмографії. Контроль тиску в манжеті проводився з допомогою портативного цифрового вимірювача тиску та сфігмоманометра.

Проведено опрацювання відібраних сигналів із застосуванням засобу програмного забезпечення MATLAB. Для опрацювання використано методи спектрально-кореляційного аналізу. Встановлено, що інформація про значення тиску крові може бути виділена із оцінок взаємнокореляційних функцій зареєстрованого і опорного сигналу при співставленні їх із кривою, що характеризує зміну тиску у манжеті.

**У п'ятому розділі** «Спеціальна частина» описано метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень при роботі із реографічними системами 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 38102,6 грн., а кількісна оцінка

науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,673 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» розглянуто безпеку людини при експлуатації плетизмографа PDT-111/p для коректної роботи персоналу установи де використовується представлений метод дослідження пацієнта. Встановлено порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, електромагнітного забруднення довкілля, його вплив на людину та захист від впливу електромагнітних полів.

У додатках наведено тексти програм, розроблені для опрацювання сигналів імпедансної плетизмографії в середовищі Matlab.

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розв'язано актуальну наукову задачу обґрунтування методу опрацювання сигналів імпедансної плетизмографії для визначення артеріального тиску.

При цьому отримано такі результати:

1. Проведено аналітичний огляд літературних джерел за тематикою дослідження та встановлено актуальність наукового дослідження.

2. На основі порівняльного аналізу відомих методів вимірювання артеріального тиску, принципів функціонування сучасних автоматизованих систем вимірювання артеріального тиску та впливів на процес вимірювання фізіологічних завад і артефактів обґрунтовано метод визначення артеріального тиску за сигналами імпедансної плетизмографії, який має ширші можливості використання, зокрема у новонароджених, дітей, людей із значними опіками та іншими станами, що унеможливають застосування поширених сьогодні неоклюзійних та оклюзійних методів. Також запропонований метод є стійким до рухових артефактів.

3. На основі проведеного аналізу природи сигналів імпедансної плетизмографії встановлено, що в змінах часових параметрів хвиль сигналів такого роду відображаються прояви поточного значення артеріального тиску.

4. Проведено аналіз спектральних характеристик сигналів імпедансної плетизмографії, на основі чого зроблено висновки, що сигнал містить коливну структуру, параметри якої можуть бути використані для оцінювання значення артеріального тиску. Обґрунтовано математичну модель сигналу імпедансної плетизмографії у вигляді суміші стаціонарного випадкового процесу та періодичного процесу. На основі цього обґрунтовано застосування методів спектрально-кореляційного аналізу до опрацювання сигналів імпедансної плетизмографії з метою оцінювання значення артеріального тиску.

5. Проведено експериментальний відбір сигналів імпедансної плетизмографії з використанням реографа P4-02 та проведено опрацювання відібраних сигналів із

застосуванням засобу програмного забезпечення MATLAB. Для опрацювання використано методи спектрально-кореляційного аналізу. Встановлено, що інформація про значення тиску крові може бути виділена із оцінок взаємнокореляційних функцій зареєстрованого і опорного сигналу при співставленні їх із кривою, що характеризує зміну тиску у манжеті.

## ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Глемба В. М. Перспективи диференційованого використання музикотерапії з метою покращення розумової діяльності та психологічного стану студентів / Глемба В. М. // Матеріали ІХ Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 20-21 квітня 2016 року — Т. : ТНТУ, 2016 — Том 1. — С. 231-232. — (Секція: Радіоелектронні біотехнічні системи).

## АНОТАЦІЯ

Глемба В.М. Методи опрацювання сигналів імпедансної плетизмографії для визначення артеріального тиску. – Рукопис.

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

Дипломну роботу магістра присвячено питанням обґрунтування методу визначення артеріального тиску шляхом відбору та опрацювання сигналів імпедансної плетизмографії. Проаналізовано можливість використання неоклюзійного та оклюзійного методів визначення артеріального тиску за сигналами імпедансної плетизмографії. Встановлено, що більш стійким до проявів артефактів та зовнішніх завад є оклюзійний метод. Проведено математичне моделювання сигналів імпедансної плетизмографії. Обґрунтовано метод опрацювання таких сигналів, що ґрунтується на поданні сигналів імпедансної плетизмографії як стаціонарного випадкового процесу.

Ключові слова: біосигнал, імпедансна плетизмографія, стаціонарний випадковий процес, спектральний аналіз, кореляційний аналіз.

## SUMMARY

Glemba V.M. The methods of impedance pletyzmografy signals processing for the arterial pressure determining. - Manuscript.

Master's thesis, specializing 8.05090204. – Biomedical and technical apparatus and systems, Ivan Pul'uj Ternopil State Technical University, Ternopil, 2017.

Master's thesis is devoted to the questions of grounding the method for arterial pressure determining by impedance pletyzmografy signals processing. The possibility of using of nonocclusion and occlusion methods for arterial pressure determining by impedance pletyzmografy signals processing is analyzed. That the more resistant to external influences of artifacts and noise are occlusive method is established. The mathematical modeling of impedance pletyzmografy signals is done. The method of processing of such signals based on the presenting of impedance pletyzmografy signals as a stationary random process is grounded.

Keywords: biosignals, impedance pletyzmografy, stationary random processes, spectral analysis, correlation analysis.