

## АМПЛІТУДНО-ЧАСОВИЙ МЕТОД ДЕТЕКТУВАННЯ ХАРАКТЕРНИХ ТОЧОК СИГНАЛУ ПУЛЬСОВОЇ ХВИЛІ

В даний час велику увагу дослідників привертає проблема розробки методів діагностики стану здоров'я людини, що дозволяють просто, з високою швидкістю та інформативністю, виявити наявність ознак патологій. Цим властивостям відповідає метод діагностики за пульсом, який вважається дуже швидким і безпосереднім вісником захворювань людини, оскільки за сучасними уявленнями серцево-судинної системи, крім виконання гідродинамічних функцій, відводиться роль узгоджувальної ланки у взаєминах механізмів регуляції інформації з морфологічними структурами організму.

Останнім часом істотно зростає зацікавленість розвитком методів діагностики з використанням пульсових сигналів. Діагностична значимість характеристик пульсового сигналу променевої артерії, яка підтверджена багатолітнім досвідом східної медицини, створює передумови для виявлення інформативних ознак цього сигналу методами сучасних інструментальних і інформаційних технологій. Однак «витягання» інформації з пульсового сигналу сучасними технічними засобами не тривіально і пов'язане з чималими труднощами – створенням датчиків пульсу, розробкою адекватних методів аналізу сигналу та інтерпретацією отриманих даних. Ці труднощі обумовлюють істотні обмеження у використанні характеристик пульсового сигналу в діагностичних цілях.

Можливості пульсової діагностики обумовлені тим, що сигнал периферичного пульсу, зокрема променевої артерії, містить в собі інформацію про багато фізіологічних процесів, що протікають в організмі, і, в першу чергу, в серцево-судинній системі. У пульсовому сигналі променевої артерії знаходять своє віддзеркалення як процеси вищих рівнів регуляції, так і багато гемодинамічних показників серцево-судинної системи, зокрема внутрішньосудинний тиск, напруга артеріальної стінки, хвильові процеси в артеріальній системі, переміщення мас крові, її в'язкість, інтерференція хвиль в судинах тощо. Всі ці процеси в тому або іншому ступені впливають на форму пульсової хвилі та її ритмічну структуру. Зміна ритмів, що виходить за межі норми, або поява їх там, де вони раніше не виявлялися, пов'язана з хворобою. Розуміння механізмів фізіологічних ритмів вимагає об'єднання математичного та фізіологічного підходів. При цьому особливий інтерес становить питання можливості отримання біомедицинської інформації за допомогою комп'ютерних технологій на основі часових систем.

Мета даної роботи – дослідження діагностичної значимості часових параметрів пульсового сигналу променевої артерії при певних захворюваннях та виділення характерних точок пульсограми. Характерними особливостями діагностики стану організму за пульсом є швидкість, висока інформативність, простота та індивідуальний підхід до пацієнта. З її допомогою одночасно досліджується дванадцять внутрішніх органів, а також проводиться оцінка функціонального стану людини в цілому. При цьому можлива як інтегральна, так і диференціальна, з систем внутрішніх органів, діагностика захворювання. Таким чином, пульсова діагностика, будучи адаптованою до сучасного рівня технічних засобів, могла б стати необхідним додатковим інструментом для практичної медицини, і тому проблема її об'єктивізації та автоматизації є актуальною.

В роботі обговорюються проблеми математичного моделювання та обробки пульсової хвилі. Зазначається відсутність адекватної математичної моделі, яка описує її поширення в артерії. Це підтверджується відсутністю медичних діагностичних систем, побудованих на їх основі.

Далі розглядається концепція Г.М. Поедінцева про рух крові в режимі підвищеної плинності, на базі якої розроблено математичний метод діагностики стану серцево-судинної системи, що являє сукупність неінвазивних способів визначення об'ємних і швидкісних гемодинамічних параметрів. Вказується на можливість перенесення даної моделі з області серця і гирла аорти на променеву артерію внаслідок загальної залежності різного виду механокардіограм і кривих пульсу від фаз серцевого циклу.

Проведено порівняння фазових (часових) і контурних (амплітудних) методів аналізу пульсограм.

Спосіб виділення характерних точок пульсової хвилі заснований на чисельному диференціюванні пульсового сигналу методом регуляції А.Н. Тихонова. Вклад у розвиток пульсодіагностики зроблено російськими вченими Бороноєвим Віталієм Васильовичем, Трубочовим Едуардом Анциферовичем, Лебединцевою Іриною Віталіївною. Враховуючи, що пульсовий сигнал являє собою результат накладання періодичного і ряду випадкових процесів, обумовлених впливом різних фізіологічних та апаратурних факторів, у проведених чисельних розрахунках як вихідна була обрана функція:

$$u_{\delta}(x) = b_0/2 + \sin(x) + \chi(x), \quad (1)$$

де  $\chi(x)$  – випадкова функція з нормальним законом розподілу, нульовим середнім і дисперсії  $\sigma^2$ ,  $b_0/2$  – рівень ізотопії.

З урахуванням виділених позначень, завдання відновлення першої та другої похідних експериментально записаного сигналу  $u_{\delta}(x)$  представлено у вигляді рівняння:

$$\int_a^b K(x, s) z(s) ds = u_\delta(x). \quad (2)$$

У випадку відновлення першої та другої похідних  $z(x) = u'(x)$  ядро має вигляд:

$$K(x, s) = \begin{cases} b - x, & \text{при } a \leq s \leq x \leq b \\ b - s, & \text{при } s > x \end{cases} \quad (3)$$

а у випадку знаходження другої похідної:

$$z(x) = u''(x),$$

$$K(x, s) = \begin{cases} x - s, & \text{при } a \leq s \leq x; \\ 0, & \text{при } x < s \leq b \end{cases} \quad (4)$$

Чисельні розрахунки, що наведені в роботах Б.З. Гармаєва і В.В. Бороноєва показали, що для вхідного сигналу, описаного (1) при ізоляції  $b_0/2 = 0$  і величиною середьоквадратичного відхилення  $\sigma = 0,04$  – типовий рівень похибки екстремуму, перша і друга похідні будуть визначатися з похибкою, в обох випадках не перевищуючи значення 0,01.

Тому, продовжуючи роботи згаданих вище вчених, спосіб виділення характерних точок пульсової хвилі, заснований на чисельному диференціюванні пульсового сигналу методом регуляції А.Н. Тихонова, може отримати подальше удосконалення та бути використаний при розробці експрес-діагностики стану серцево-судинної системи.