

### МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ПРОЯВІВ ІШЕМІЧНОЇ ХВОРОБИ СЕРЦЯ ДЛЯ МЕДИЧНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ СТАНУ ПАЦІЄНТА

**В. Г. Дозорський, В. В. Фалендиш, Л. Є. Дедів, Ю. Б. Паляниця**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001, Україна. E-mail: dozorskyu@mail.ru

Виходячи з даних Всесвітньої організації охорони здоров'я показано актуальність задачі розроблення ефективних методів виявлення ішемічної хвороби серця, як однієї з основних причин смертності від захворювань серцево-судинної системи. Розглянуто поширені сьогодні методи виявлення проявів ішемічної хвороби серця, які ґрунтуються на аналізі часової та енергетичної структури електрокардіосигналу при поданні його як детермінованого (методи морфологічного та гармонічного аналізу) і стаціонарного випадкового процесу (спектрально-кореляційного аналізу). Встановлено недоліки таких методів та на основі цього розроблено метод опрацювання електрокардіосигналу виходячи з його математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу. Розроблений метод ґрунтується на застосуванні та відповідній модифікації синфазного методу опрацювання. Метод дає змогу виділити нові в області медичного контролю стану пацієнта інформативні ознаки, що ними є оцінки стаціонарних компонент, за допомогою яких можна виявляти прояви ішемічної хвороби серця людини на ранніх етапах їх виникнення.

**Ключові слова:** ішемічна хвороба серця, електрокардіосигнал, синфазний метод.

### МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ПРОЯВЛЕНИЙ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА

**В.Г. Дозорский, В.В. Фалендыш, Л.Е. Дедив, Ю.Б. Паляница**

Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя  
ул. Руська, 56, г. Тернополь, 46001, Украина. E-mail: dozorskyu@mail.ru

Исходя из данных Всемирной организации здравоохранения показана актуальность задачи разработки эффективных методов выявления ишемической болезни сердца, как одной из основных причин смертности от заболеваний сердечно-сосудистой системы. Рассмотрены распространенные сегодня методы обнаружения проявлений ишемической болезни сердца, основанные на анализе временной и энергетической структуры электрокардиосигнала при представлении его как детерминированного (методы морфологического и гармонического анализа) и стационарного случайного процесса (спектрально-корреляционного анализа). Установлены недостатки таких методов и на основе этого разработан метод обработки электрокардиосигнала исходя из его математической модели в виде периодически коррелированного случайного процесса. Разработанный метод основан на применении и соответствующей модификации синфазного метода обработки. Метод позволяет выделить новые в области медицинского контроля состояния пациента информативные признаки, которыми являются оценки стационарных компонент, с помощью которых можно выявлять проявления ишемической болезни сердца человека на ранних этапах их возникновения.

**Ключевые слова:** ишемическая болезнь сердца, электрокардиосигнал, синфазный метод.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (2011 р.), ішемічна хвороба серця (ІХС) набуває значного поширення порівняно з іншими причинами смертності від захворювань в Україні. Тому важливим завданням сучасної медицини є завчасна діагностика проявів ІХС на ранніх етапах їх виникнення та розвитку.

Поширені в медицині пристрої виявлення ІХС для вирішення поставленого завдання використовують алгоритми опрацювання електрокардіосигналу (ЕКС), які ґрунтуються на аналізі його часової структури. Зокрема, опрацювання ЕКС проводиться на сегменті ST, оскільки на цьому сегменті найбільш сильно проявляється ІХС, а саме у вигляді нехарактерного для окремої реалізації ЕКС різкого збільшення або зменшення амплітуди сегменту, виникнення злomu, чи додаткових піків. Процес такого прояву захворювання ілюструє рис. 1, на якому наведено вигляд одного кардіокомплексу ЕКС і показано спосіб прояву ІХС, що полягає у зміні кута нахилу сегмента ST відносно ізолінії, можливість зміни амплітуди цього сегмента або виникнення додаткового злomu або піка в точці «i».

У випадку застосування описаного методу опра-

цювання ЕКС інформація, що зосереджена в інших точках сегмента фактично ігнорується.

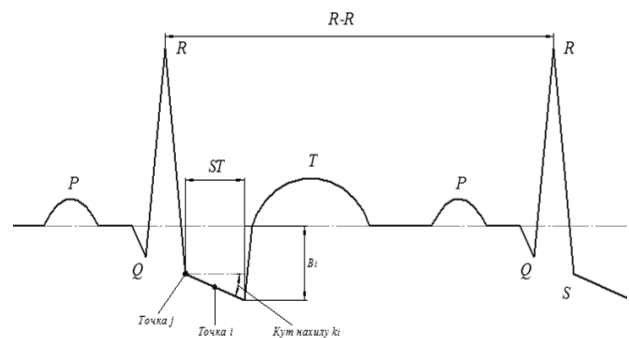


Рисунок 1 – Приклад зміни  $i$ -того кардіокомплексу (сегмент ST) при ішемії міокарда

Рішення про наявність або відсутність епізоду ішемії приймається за результатами спостереження сигналу на сегменті ST поточного кардіокомплексу або сигналу, усередненого на короткому інтервалі часу. Однак епізод ішемії розвивається протягом кількох десятків секунд. Тому значна частина інформації не тільки про наявність епізоду ішемії а і про

його перебіг (за умови наявності) в процесі опрацювання практично втрачається. Тому важливим є розроблення нових більш ефективних методів опрацювання ЕКС для задач виявлення ІХС.

Поширені методи опрацювання ЕКС для виділення інформативних характеристик, що є індикаторами проявів ІХС, пов'язані з дослідженням часової структури та характеристик амплітудних спектрів ЕКС (методи гармонічного аналізу) [1–3]. У цьому випадку за математичну модель приймається періодична функція чи суміш їх. У випадку ймовірнісного підходу до моделювання ЕКС відомою є стаціонарна модель, що визначає методи спектрально-кореляційного аналізу. При цьому, інформативними ознаками сигналу є його ймовірнісні характеристики та розподіли (ймовірностей значень випадкової величини, спектральної густини потужності тощо). Проте стаціонарна модель не має засобів опису коливань у часі, якими є ЕКС, відповідно методи спектрально-кореляційного аналізу не дають можливості оцінювання фазово-часових характеристик сигналу з метою виявлення моменту прояву змін у структурі ЕКС, оскільки стаціонарним такий сигнал буде лише в стані медичної норми і на коротких інтервалах часу, тому що за своєю природою ЕКС є сигналом нестационарного типу.

У роботі [4] розглянуто можливість діагностування захворювань серця зокрема з результатами опрацювання фонокардіосигналу (ФКС), але для задач виявлення проявів ІХС такий метод дає обмежені можливості, оскільки сам ФКС добре відображує роботу серця з сторони біомеханіки, а відомості про процеси збудження та розслаблення окремих його відділів в ньому виражені погано.

У праці [5] обґрунтовано модель ЕКС у вигляді періодично корельованого випадкового процесу (ПКВП), яка буде адекватною і задачі виявлення проявів ІХС. Така модель є природною моделлю сигналів, що мають ритмічну структуру, та має засоби зведення нестационарних сигналів до стаціонарних не відкидаючи нестационарність а враховуючи її, із наступним застосуванням методів спектрально-кореляційного аналізу теорії стаціонарних процесів.

Мета роботи – на основі математичної моделі ЕКС як ПКВП розробити метод, який дасть змогу визначити нові інформативні ознаки такого класу сигналів для задач виявлення проявів ІХС на ранніх етапах виникнення та розвитку цього захворювання.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Математична модель у вигляді ПКВП визначає загальні методи статистичного опрацювання ЕКС – синфазний і компонентний.

Розглянемо детальніше синфазний метод опрацювання. Цей метод виходить з того, що відліки значень ЕКС через період корельованості при різному виборі початку відліку (початкової фази)  $t_0 \in [0, T]$  утворюють стаціонарну ергодичну векторну випадкову послідовність  $\{\xi(t_0), t_0 \in [0, T]\}$ , де позначено  $\xi(t_0) \equiv \{\xi(t_0 + kT), k \in Z\}$ .

Співфазні відліки сигналу, тобто значення процесу  $\xi(t_0 + kT), k \in Z$ , в силу означення даного

класу процесів володіють одною і тою ж статистикою другого порядку, так само як відліки сигналу – одною і тою ж повною статистикою [6].

Тому за умови ергодичності послідовності  $\xi$ , справедливими будуть наступні статистики [6]:

– математичне сподівання

$$m^N(t_0) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \xi(t_0 + kT), \quad (1)$$

– кореляційна функція

$$b^N(t_0, u) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \xi(t_0 + u + kT) \xi(t_0 + kT). \quad (2)$$

Важливим етапом опрацювання сигналу синфазним методом є знаходження значення періоду корельованості сигналу. У випадку ЕКС, період корельованості повинен співпадати з періодом серцевих скорочень і бути оберненим до частоти серцевих скорочень (ЧСС). Однак такою оберненою до ЧСС величиною є тривалість R-R інтервалу. Тому за початкове наближення значення періоду корельованості вибрано величину R-R інтервалу.

Простим методом знаходження величини R-R інтервалу є автокореляційний. Початкова оцінка інтервалу визначається місцезнаходженням максимального значення автокореляції в межах визначеного інтервалу. Початкова оцінка R-R інтервалу визначається часовою відстанню між максимальними по амплітуді значеннями оцінок автокореляційної функції в межах визначеного інтервалу. Значення періоду корельованості  $T$  визначається шляхом усереднення проміжних значень інтервалів  $T_n$ , які знайдені за автокореляційною функцією (рис. 2).

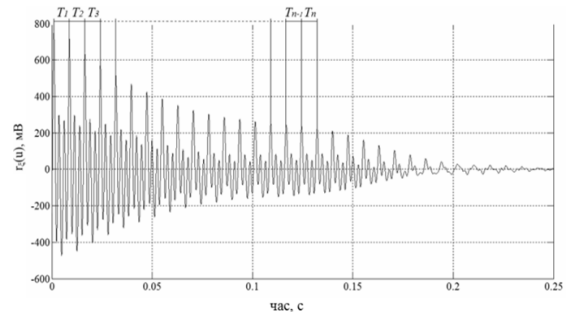


Рисунок 2 – Знаходження періоду повторюваності довільного сигналу, що носить коливну структуру, за оцінками його автокореляційної функції

Синфазний метод опрацювання було реалізовано в середовищі Matlab. На основі розробленого програмного забезпечення було проведено опрацювання вибірок з ЕКС пацієнта, що знаходиться в стані медичної норми (рис. 3).

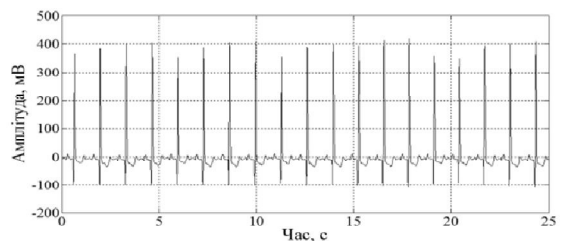


Рисунок 3 – Вибірка з реалізації електрокардіосигналу для стану норми

Із реалізацій ЕКС (рис. 3) визначено оцінки стаціонарних компонент, що наведені на рис. 4. З рисунка видно, що “в профіль” оцінки стаціонарних компонент ніби повторюють за формою вигляд одного кардіокомплексу ЕКС, і це логічно, беручи до уваги спосіб формування стаціонарних компонент. Однак з цього рисунка видно і невелику мінливість амплітудних значень компонент та мінливість часової структури ЕКС. Ці факти додатково підтверджують нестационарність ЕКС. Однак на коротких проміжках часу (близько 10 періодів) ЕКС в стані норми може вважатись стаціонарним процесом. Цей факт ілюструє рис. 5, на якому часова та амплітудна мінливості є невеликими.

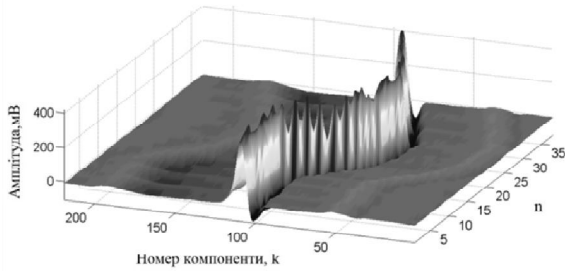


Рисунок 4 – Реалізації стаціонарних компонент, обчислені для вибірки з сигналу, що наведена на рис. 3

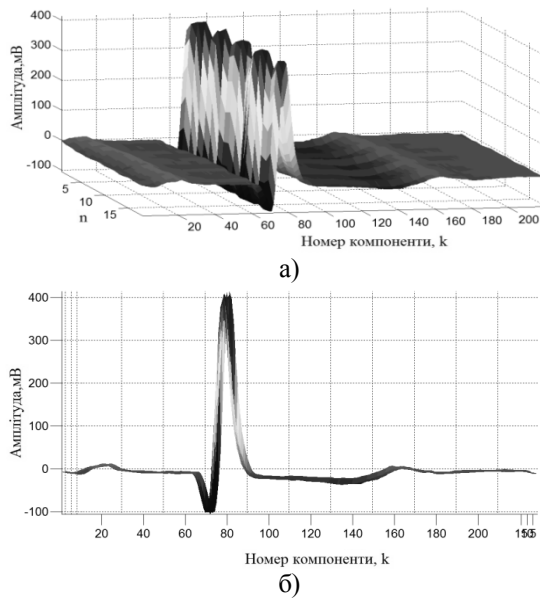


Рисунок 5 – Реалізації стаціонарних компонент, обчислені для сигналу, що зображений на рис. 3

Наступним етапом синфазного методу є обчислення оцінок кореляційних функцій (рис. 6) та кореляційних компонент (рис. 7).

Однак за оцінками кореляційних компонент важко оцінити зміни в сигналі, які проявляються стрибкоподібно на сегменті ST і є короткотривалими.

У роботі запропоновано встановити межі допустимої зміни ЕКС на сегменті ST для стану норми і оцінювати весь сигнал на можливість виходу амплітудних значень сегмента ST за ці межі. Відомо, що на коротких інтервалах часу в стані норми сигнал (ЕКС) може бути описаний стаціонарною моделлю,

тобто на сегменті ST він буде мати деяке математичне сподівання та відхилитися від нього на певну величину.

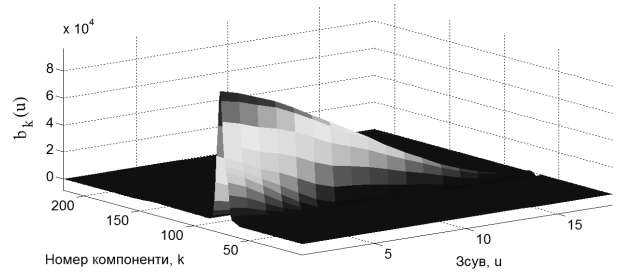


Рисунок 6 – Оцінки кореляційних функцій стаціонарних компонент, що наведені на рис. 5

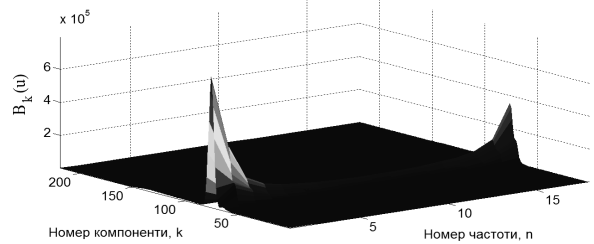


Рисунок 7 – Оцінки кореляційних компонент

Однак важко провести таке оцінювання в рамках стаціонарної моделі. Однак у випадку моделі у вигляді ПКВП на першому етапі опрацювання сигналу синфазним методом ми отримуємо стаціонарні компоненти (рисунком 5), що являють собою вибірки з сигналу, взяті через період корельованості. Кожна вибірка являтиме собою стаціонарну випадкову послідовність, для якої можна почислити оцінки математичного сподівання та дисперсії. Утворивши таким чином послідовність з математичних сподівань для кожної стаціонарної компоненти ми отримуємо ніби послідовність значень усередненого періоду. Вигляд цієї послідовності, обчисленої для стаціонарних компонент, що наведені на рисунку 5, зображено на рис. 8.

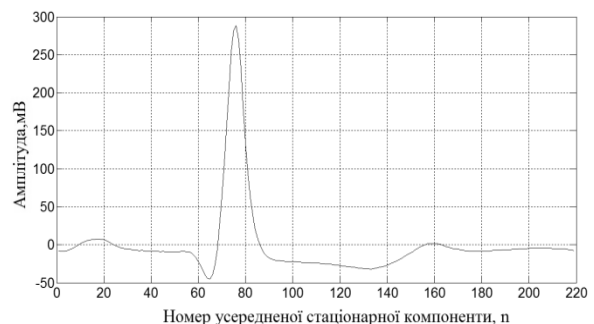


Рисунок 8 – Оцінки усереднених стаціонарних компонент, що наведені на рис. 3

На рис. 9 наведено почислені подібним чином оцінки максимального та мінімального відхилення значень кожної стаціонарної компоненти від її математичного сподівання.

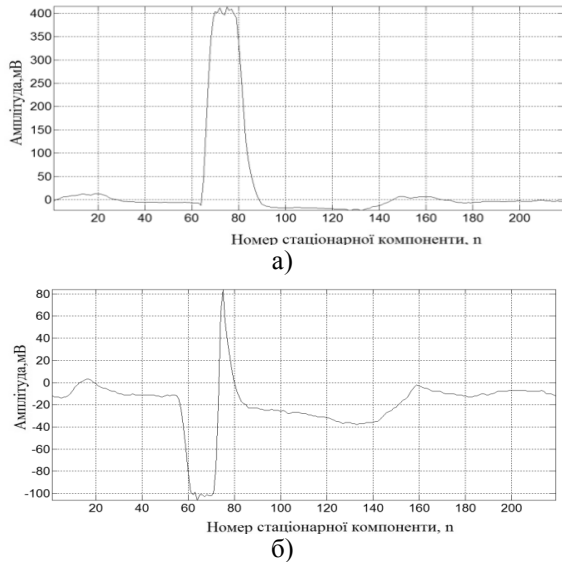


Рисунок 9 – Максимальні (а) та мінімальні (б) відхилення значень кожної стаціонарної компоненти від її математичного сподівання

Якщо тепер накласти графіки (рис. 8 і 9), то отримаємо графік, що відображає усереднене значення кожної стаціонарної компоненти а також межі максимального та мінімального відхилення значень компонент від цього усередненого значення – діапазон зміни сигналу для стану норми (рис. 10).

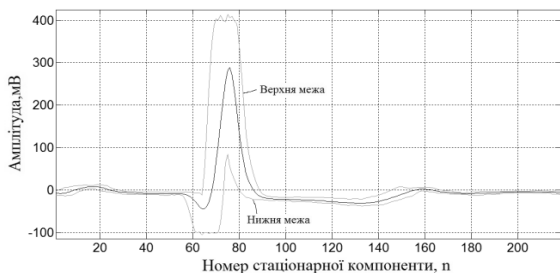


Рисунок 10 – Межі зміни оцінок стаціонарних компонент, відібраних з електрокардіосигналу, для стану норми

Алгоритм опрацювання ЕКС для автоматизованого прогнозування ІХС повинен передбачати наступні дії:

1. Формувати вибірку з ЕКС, об'ємом порядку 10 періодів (обґрунтовано вище по тексту);
2. Для цієї вибірки передбачати формування оцінок стаціонарних компонент;
3. Обчислити діапазон зміни значень оцінок стаціонарних компонент (максимальне і мінімальне відхилення від математичного сподівання);
4. Оцінювати сигнал ЕКС в межах встановленого діапазону зміщуючи вибірку з ЕКС на одне наступне значення. При попаданні цього наступного значення в встановлений діапазон повторити операції 1–3 для нової вибірки з ЕКС, формування якої проводиться через період корельованості, при цьому в оцінках стаціонарних компонент перше значення попередньої компоненти відкидається а враховується наступне.

Таким чином формується вікно, в межах якого ЕКС опрацьовується запропонованим методом, а саме вікно переміщається по ЕКС через період корельованості.

При появі відхилення амплітудного значення сегмента ST від стану норми, воно (це відхилення) буде проявлятися на стаціонарних компонентах, і відповідно виходити за межі встановленого діапазону.

Запропонований алгоритм дає можливість проводити опрацювання як усього кардіоциклу, так і окремо сегмента ST.

*Результати досліджень.* Для верифікації розробленого методу опрацювання ЕКС було проведено опрацювання сигналу (ЕКС), що містить епізод ішемії. Його було створено штучно на основі реєстрограми сигналу, що наведений на рисунку 3. Відповідно до даних, що наведені в [7], ішемія проявляє себе у вигляді зміни амплітудних параметрів сегмента ST на коротких проміжках часу. Тому штучно на одному із сегментів ST було змінено його кут нахилу відносно ізолінії та сформовано стрибкоподібну зміну амплітуди на кінці сегмента. Графічне зображення реєстрограми ЕКС із створеним станом патології наведено на рис. 11. На цьому рисунку зазначено місце створеної патології.

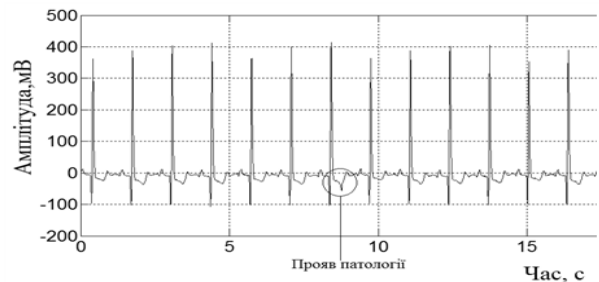


Рисунок 11 – Реєстрограма ЕКС зі створеним епізодом ішемії

Електрокардіосигнал (рис. 11) опрацьовано розробленим методом. На рис. 12 наведено вигляд сформованих оцінок стаціонарних компонент та вказано місце прояву патології.

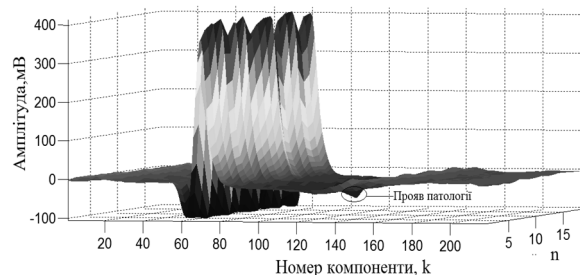


Рисунок 12 – Оцінки стаціонарних компонент з указанням місця прояву патології

На рис. 13 наведено вигляд оцінок стаціонарних компонент разом із вікном для виявлення патології (верхня і нижня межа відхилення амплітуди оцінок стаціонарних компонент від їх математичного сподівання). При чому на рисунку 13,б наведено меншу кількість оцінок стаціонарних компонент (для наочності).

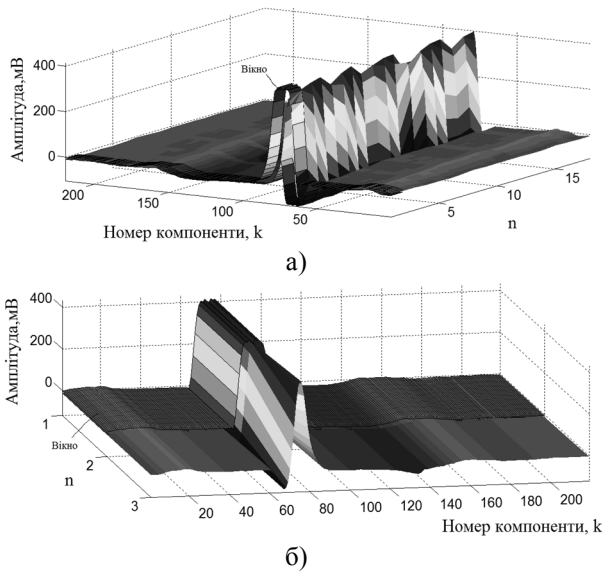


Рисунок 13 – Вигляд оцінок стаціонарних компонент із вікном для виявлення патології

На рис. 14 наведено профільний вигляд оцінок стаціонарних компонент із зображенням верхньої та нижньої меж вікна та вказано місце перевищення нижньої межі вікна ділянки стаціонарних компонент із патологією. На рисунку 14,б наведено збільшений вигляд зазначеної ділянки.

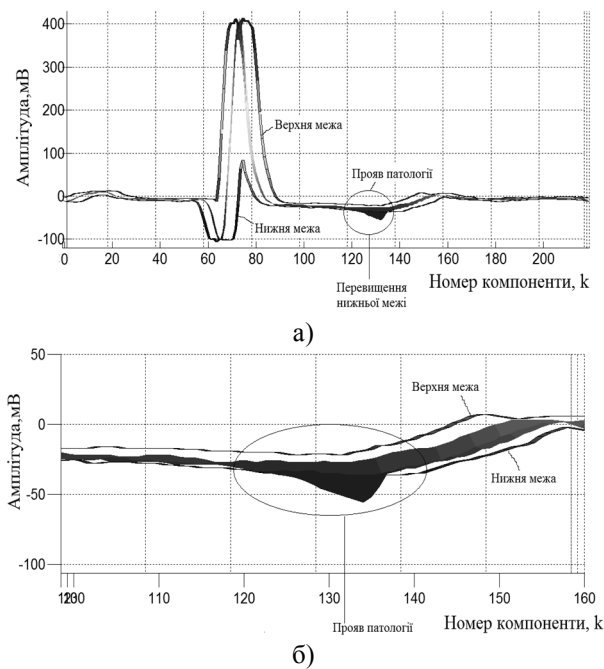


Рисунок 14 – Оцінки стаціонарних компонент із зображенням верхньої та нижньої меж вікна та указанням місця перевищення нижньої межі вікна ділянки стаціонарних компонент із патологією

Відповідно до рис. 14, розроблений метод дає можливість проводити оцінювання як всього кардіокомплексу так і окремо сегмента ST. Однак для прийняття діагностичного рішення пропонується паралельно проводити оцінювання кореляційних функцій та кореляційних компонент для перевірки, чи не змінився значно основний ритм – ЧСС, оскі-

льки при аритміях можливі випадки значного зростання амплітуд окремих стаціонарних компонент унаслідок значного відхилення вибраного періоду коригованості від значення періоду повторення сигналу, перевищення зазначених порогів для норми та формування помилкового сигналу тривоги для випадку виявлення епізоду ішемії, оскільки кореляційні функції показують зв'язок між стаціонарними компонентами, і відповідно часову мінливість сигналу, а кореляційні компоненти показують розподіл потужності по стаціонарним компонентам, і характеризують процес з енергетичної сторони.

**ВИСНОВКИ.** Розглянуто синфазний метод опрацювання ЕКС в рамках моделі у вигляді ПКВП та запропоновано метод оцінювання значення періоду коригованості ЕКС за його автокореляційною функцією. Проведено опрацювання вибірки з сигналу ЕКС синфазним методом та встановлено, що оцінки кореляційних функцій та кореляційних компонент є чутливими до зміни часових параметрів ЕКС (найбільше до зміни тривалості R-R інтервалу), але мають низьку чутливість до зміни амплітудних параметрів структурних елементів кардіокомплексу, зокрема на інтервалі ST.

Розроблено метод опрацювання ЕКС, суть якого полягає в опрацюванні стаціонарних компонент, що формуються на першому етапі використання синфазного методу. Розроблений метод ґрунтується на створенні вікна для стану норми, яке складається з двох кривих, що відображають нижню та верхню межі флуктуацій значень оцінок стаціонарних компонент, між якими "пропускаються" обчислені оцінки стаціонарних компонент, і при перевищенні ними якоїсь межі формується сигнал попередження настання епізоду ішемії. Запропонований метод дає можливість опрацювання як усього кардіокомплексу ЕКС так і окремо сегмента ST. Проведено опрацювання розробленим методом сигналу ЕКС із штучно створеним епізодом ішемії на одному із сегментів ST. Результати опрацювання підтвердили узгодження експерименту з емпіричними даними.

Розроблений метод може бути використаний при побудові програмного забезпечення сучасних систем контролю стану пацієнта.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Разработка портативного носимого устройства, предназначенного для ранней диагностики и оперативной сигнализации о развитии ишемических изменений в миокарде / Гусаров Г.В., Тихоненко В.М., Моршкин В.С. / Заключительный отчет основного плана НИР Лен. НИИ кардиологии по теме 012 / М-во здравоохранения РФ. Лен. НИИ кардиологии. – Л., 1990. – 22 с.
2. Barry J., Campbell S., Nabel E.J., Mead K., and Selwyn A.P.. Ambulatory monitoring of the digitized electrocardiogram for detection and early warning of transient myocardial ischemia in angina pectoris //Am. J. Cardiol. – 1987. – Vol. 60. – PP. 483–488.
3. Алгоритмы измерения и анализа параметров ST–сегмента ЭКС для систем автоматического наблюдения за состоянием человека / Немирко А.П., Манило Л.А., Милева К.Н. // Вопросы кибернетики.

– 1991. – Вып. 164. – С. 127–141.

4. Метод опрацювання фонокардіосигналу для задач діагностування та ідентифікації захворювань малого кола кровообігу / Л.Є. Дедів, В.Г. Дозорський, Ю.Б. Паляниця // Сборник научных трудов SWorld "Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2013". Технические науки. – Иваново: МАРКОВА АД, 2013. – Вып. 3, т. 6. – С. 100–102.

5. Дедів Л.Є. Математична модель електрокардіосигналу для підвищення інформативності систем голтерівського моніторингу: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 01.05.02 – Математичне моделювання та обчислювальні методи / Л.Є.

Дедів. – Тернопіль, 2011. – 20 с.

6. Основи сучасної теорії стохастичних сигналів: енергетична концепція, математичний апарат, фізичне тлумачення / Я.П. Драган, Л.С. Сікора, Б.І. Яворський. – Л.: Центр стратегічних досліджень екобіотехнічних систем, 1999. – 133 с.

7. Красичков А.С. Система тревожной сигнализации для больных ишемической болезнью сердца: автореф. ... канд. техн. наук: 05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения / А.С. Красичков. – СПб: РГБ, 2006. – 24 с.

## THE METHOD OF CORONARY HEART DISEASE DETECTION FOR THE MEDICAL SYSTEMS OF PATIENT STATE CONTROL

V. Dozorsky, V. Falendysh, L Dediv, Yu. Palaniza

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University

vul. Ruska, 56, Ternopil, 46001, Ukraine. E-mail: dozorsky@mail.ru

The importance of the task of development of effective methods for the coronary heart disease detection is shown, as a major reason of death from the cardiovascular system diseases according to the World Health Organization. The common methods of coronary heart disease detection, which is based on an analysis of time and energy structure of electrocardiosignal as a deterministic (morphological and harmonic analysis) and a stationary stochastic process (spectral-correlation analysis) are analyzed. The disadvantages of such methods are established and the method of electrocardiosignal processing is developed based on its mathematical model as the periodically correlated random process. The method is based on the application and the corresponding modification of the sinphase method of processing. The method makes it possible to allocate informative signs that are new in the medical patients monitoring and that are stationary components, using which the signs of coronary heart disease can be detected in the early stages of such pathology.

**Key words:** coronary heart disease, electrocardiosignal, sinphase method.

### REFERENCES

1. Husarov, H.V., Tikhonenko, V.M., Moroshkin, B.C. (1990), "Razrabotka portativnogo nosimogo ustroystva, prednaznachennogo dlya ranney dyagnostiki i operativnoy sihnalyzatsii o razvitii ishemicheskikh izmeneniy v miokarde" [Development of a wearable portable device for early diagnosis and prompt alarm about the development of ischemic changes in the myocardium] / Zaklyuchitel'nyi otchet osnovnogo plana NYR Len. NYY kardyolohii po teme 012, Leningrad, Russia.

2. Barry, J., Campbell, S., Nabel, E.J., Mead, K. and Selwyn, A.P. (1987), "Ambulatory monitoring of the digitized electrocardiogram for detection and early warning of transient myocardial ischemia in angina pectoris", *Am. J. Cardiol*, vol.60, pp. 483–488.

3. Nemirko, A.P., Manilo, L.A. and Mileva, K.N. (1991), "algorithms for measuring and analyzing the parameters ST-segment ECG for automatic surveillance of human", *Voprosi kibernetiki*, no.164, pp. 127– 141.

4. Dediv, L.Ye., Dozorsky, V.H. and Palyanytsya, Yu.B. (2013), "Method of fonokardiosignal processing for problems of diagnosis and identification of diseases of pulmonary circulation", *Sbornik nauchnih trudov SWorld*, vol.3., T.6, pp. 100-102.

5. Dediv, L.Ye. (2011) "Mathematical model of electrocardiosignal for increasing informatively of Holter monitoring system", Thesis abstract for Cand. Sc. (Engineering.), 01.05.02.

6. Dragan, Ya.P., Sikora, L.S. and Yavors'ky, B.I. (1999), *Osnovy suchasnoyi teoriiy stokhastichnykh sygnaliv: energetychna kontseptsiya, matematychnyy aparat, fizychnye tлумachennya* [Foundations of the modern theory of stochastic signals: energy concept, mathematical tools, the physical interpretation], Tsentr stratehichnykh doslidzhen' ekobiotekhnichnykh system, Lviv, Ukraine.

7. Krasychkov A.S. (2006) Alarm system for patients with coronary heart disease. Thesis abstract for Cand. Sc. (Engineering.), 05.11.17.

Стаття надійшла 14.01.2015.