

Литвиненко О.А. Анализ кардиограмм модифицированным методом Карунена-Лозва. Рассмотрено использование модифицированного метода Карунена-Лозва для решения задачи классификации кардиограмм по I-III отведению по Ейнтховину.

Ключевые слова: метод Карунена-Лозва, кардиограмма, классификация кардиограмм

Litvinenko O.O. The analysis cardiogram's by modified method Karunena-Loeva. Modified method Karunena-Loeva for task solution of cardiogram's classification on I-III indirect leads was examined and use.

Key words: cardiogrammes, method Karunena-Loeva, cardiogram's classification

УДК 612.13; 616.831; 621.372

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ НА ОСНОВІ АМПЛІТУДНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ПУЛЬСОВОЇ ХВИЛІ¹

Янковенко О.Д.

Задача оперативного визначення поточного функціонального стану людини в реальному масштабі часу стає все більш актуальною. Це важливо для спортсменів, людей-операторів, які працюють за пультами керування складних об'єктів, лікарів, що слідкують за станом пацієнта під час операції (глибиною анестезії), а також для моніторингу стану серцево-судинної системи (ССС) та ранньої діагностики захворювань. Останнім часом значно зріс інтерес до використання методів діагностики за допомогою сигналу пульсової хвилі [1–7].

Можливості пульсової діагностики зумовлені тим, що сигнал периферійного пульсу містить в собі інформацію про більшість фізіологічних процесів, що проходять в організмі, зокрема в серцево-судинній та вегетативній нервовій системах, а також ознаки емоційного стану людини, такі як втома, стрес, нервове збудження та ін.. В сигналі пульсової хвилі знаходять своє відображення як процеси вищих рівнів регулювання, так і багато гемодинамічних показників ССС. Регуляторні процеси проявляються в модуляції пульсового сигналу коливаннями відповідної періодичності [8].

Метою статті є представлення результатів наших досліджень функціонального стану людини з використанням інформації, що закладена в амплітудному спектрі пульсового сигналу.

Постановка задачі

Для оперативного визначення поточного функціонального стану людини, тобто стану ССС та вегетативної нервової системи (ВНС), перспективним є застосування спектральних характеристик сигналу пульсової хвилі.

Спектральний аналіз серцевого ритму це інструмент виявлення його хвильової структури, яка відображає адаптаційно-приспосувальну діяльність організму, знаходить широке застосування в фізіологічних дослідженнях [9].

¹ Робота виконана під науковим керівництвом д.т.н., проф. Шарпана О.Б.

Вихідні положення

Положення, на яких ґрунтується можливість оперативного спостереження за станом системи гемодинаміки та визначенністю стресу шляхом амплітудного спектрального аналізу коротких реалізацій сигналу пульсової хвилі, викладені в [5].

Внаслідок впливу дихальної і повільних хвиль на ритм серцевих скорочень, амплітуду і форму пульсового сигналу [6,10,11], пульсова хвиля є квазіперіодичним сигналом. Тому обвідна амплітудного спектра його вибірки має максимуми на гармоніках частоти серцевих скорочень, усередненої за довжину вибірки. В околах гармонік спостерігаються "розмитості", ширина і форма яких залежать від ступеню аритмії. А остання, як відомо, характеризує стан сбалансованості взаємодії різних відділів ВНС, тобто стан вегетативного гомеостазу [10].

Форма обвідної і рівні компонентів низькочастотної частини спектра ліворуч від першої гармоніки залежать від впливу на пульсовий сигнал компонентів дихальної та повільних хвиль. Навіть при малих тривалостях вибірки в десятки періодів, цей вплив можна врахувати, тому що ці компоненти як тренди завжди присутні в сигналі [12]. Вплив трендів відбивається на рівнях сталої і інших складових спектра поблизу нульової частоти. Тут слід зазначити, що при спектральному аналізі коротких реалізацій у десятки секунд визначити окремо всі складові повільних хвиль у загальноприйнятних трьох частотних діапазонах, а саме [11]: 0.4–0.15 Гц – висока частота (HF); 0.15–0.04 Гц – низька частота (LF); 0.04–0.003 Гц – надто низька частота (VLF) – не можливо. Але можна розрізнити вплив дихального компонента (частота у нормі становить 0.17–0.1 Гц, період ~ 6–10 с), складової барорефлекторної чутливості (частота 0.35–0.25 Гц [11, стор. 80], період 2.8–4 с), та за визначеністю рівня сталої складової спектра – сукупний вплив компонентів повільних хвиль LF та VLF діапазонів (період від 25 секунд і більше) [5]. Таким чином, за проявом окремих складових, ступенем і характером розмитості спектра можна визначати рівень і характер аритмії, вплив дихальної і повільних хвиль. Це забезпечить можливість спостереження за станом вегетативного гомеостазу

Апаратура і методика досліджень

Для верифікації цих положень і встановлення взаємозв'язку між станом системи гемодинаміки і амплітудним спектром експериментально досліджено залежності параметрів спектра коротких реалізацій пульсової хвилі при дії тестових впливів різного характеру. Дослідження виконані в лабораторії радіотехнічного факультету на кафедрі ТОР Національного технічного університету України "КПІ".

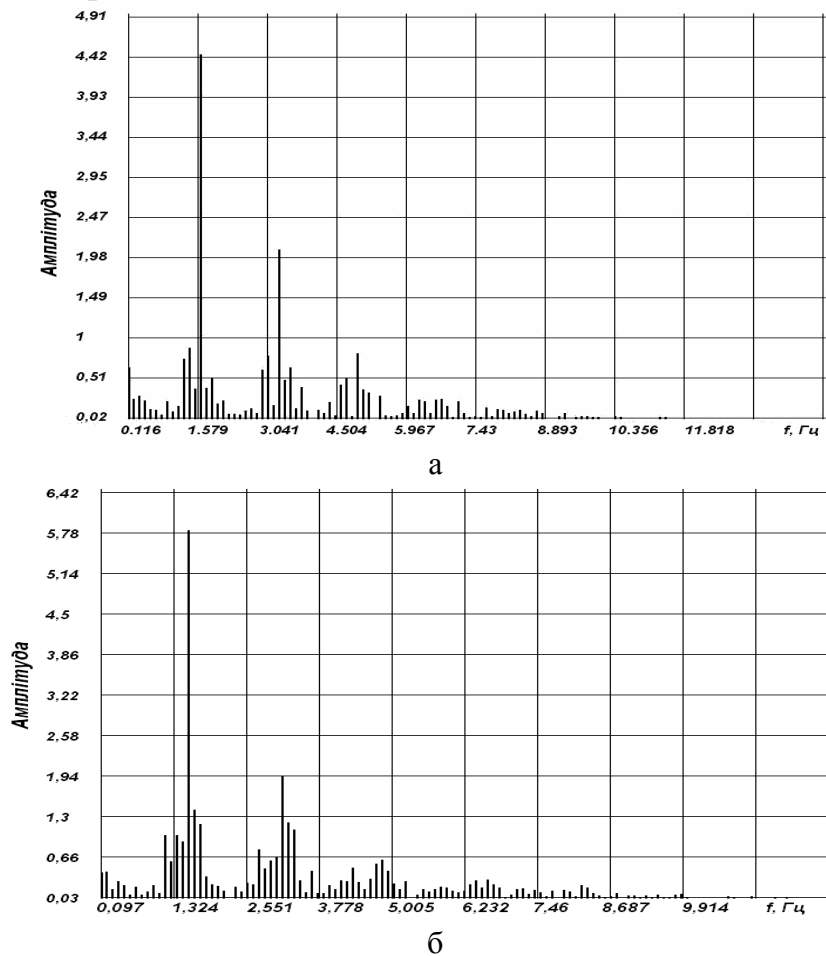
В системі [13], за допомогою якої були виконані дослідження, використано оптоелектронний первинний перетворювач інфрачервоного діапазону хвиль, що працює у відбитому світлі. Конструктивно він виконаний у вигляді компланарно розташованої оптичної випромінювач–фотоприймач з

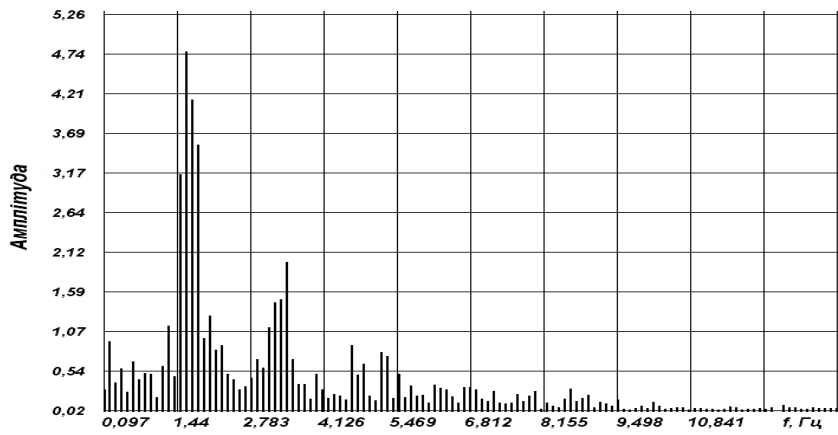
відкритим оптичним каналом, захищеної екраном від зовнішнього світла. Сигнал перетворювача підсилюється, фільтрується, перетворюється у цифровий код і вводиться в пам'ять ПЕОМ. Під час запису і перегляду пульсограма контролюється на моніторі. Результати аналізу відображаються на моніторі, можуть бути занесені у пам'ять і надруковані на папері.

При тестуванні використовувалося навантаження, яке було зумовлене вживанням кави або чаю, фізичне навантаження зумовлене 20 присіданнями у швидкому темпі та пробіжкою по сходах з п'ятого поверху на перший та назад, паління людей, що не палять. Досліди виконувалися на волонтерах, які не мали виражених патологій серцево-судинної системи. Результати, що тут представлено, отримані за найбільш простим способом запису фотоплетизмограми з пальця досліджуваного.

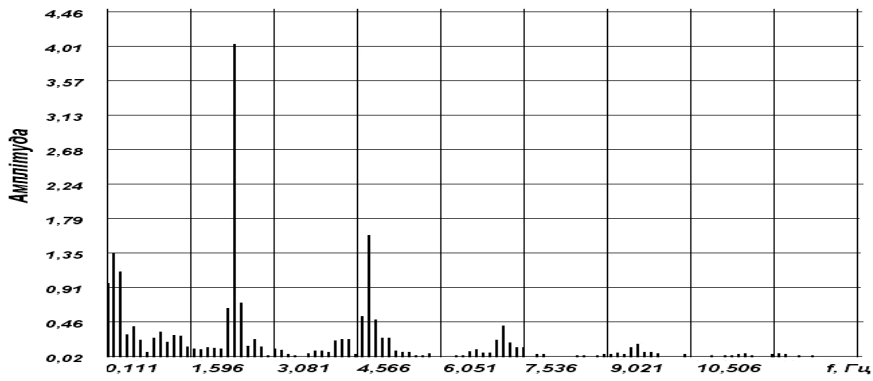
Результати досліджень та їх інтерпретація

Нижче надано приклади виконаних досліджень - спектри одиничних реалізацій фотоплетизмограм тривалістю у 10 секунд. На рис. 1 представлено динаміка спектрів при різних видах навантаження для одного з піддослідних О. По вісі абсцис — частота в Гц, по вісі ординат — амплітуда спектральних гармонік.

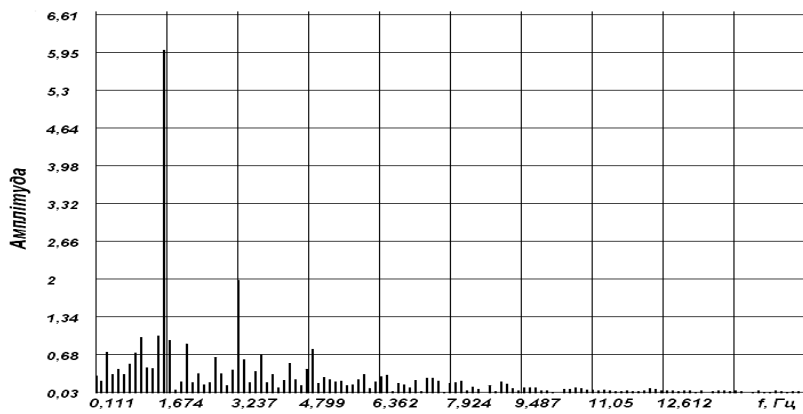




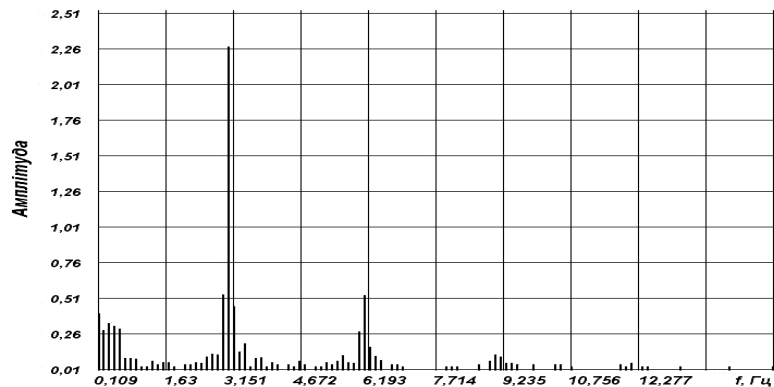
В



Г



Д



е

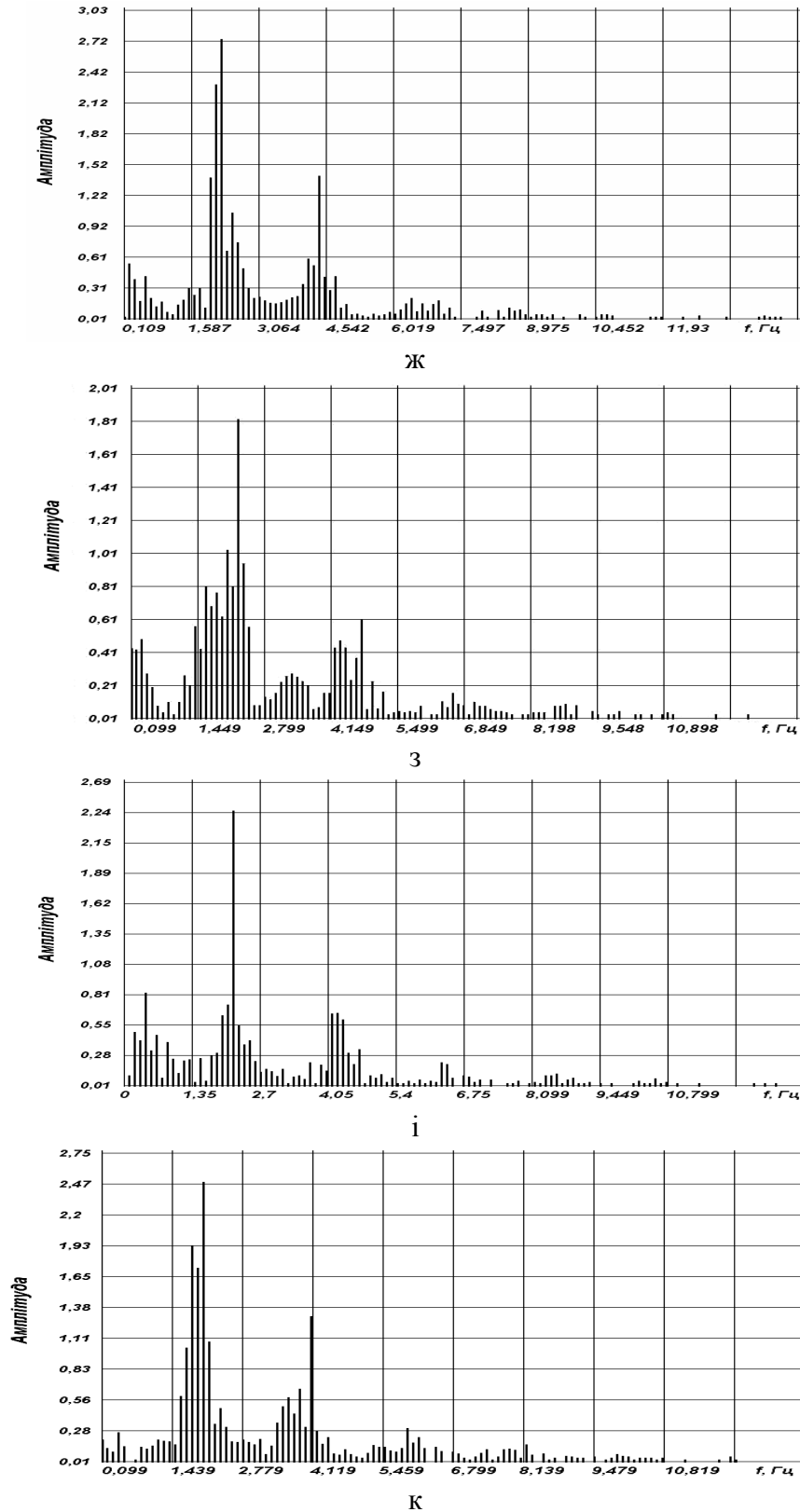


Рис. 1

Явна визначеність гармонік і відносна незначна розмитість спектра в їх околах протягом всіх фаз тестування свідчать про сбалансованість вегетативного гомеостазу при нормальній аритмії - в усіх випадках має місце но-

рмальний синусовий ритм серцевих скорочень, характерний для здорової людини. Але в різні моменти часу простежуються особливості, за якими можна розрізнати стан і динаміку роботи серцево-судинної системи.

Спектр сигналу піддослідного в нормальному стані наданий на рис. 1а. Аналіз параметрів цього спектра показує, що він відповідає пульсовому сигналу з наступними показниками. Частота серцевих скорочень становить 1.45 Гц (87 уд./хвилину). Незначна розмитість характеризує малу варіабельність періоду серцевих скорочень. Відсутність сталої складової свідчить про відсутність модуляційних компонентів LF і VLF діапазонів, тобто про відсутність впливу вищих рівнів регуляції ВНР на серцевий ритм і збалансованість вегетативного гомеостазу [10]. Таким чином, за характером спектра можна стверджувати, що в цьому випадку спостерігається стабільний синусовий ритм з помірно визначеним впливом дихального компоненту.

На рис. 1б та 1в представлені спектри, отримані зразу після вживання міцної кави та через одну хвилину. Після вживання кави спостерігається різке підвищення частоти серцевих скорочень (ЧСС) до 1.55 Гц (93 уд./хвилину), а також підвищення амплітуди першої гармоніки та зниження амплітуд наступних гармонік. Через одну хвилину спостерігається значна розмитість спектра. Це свідчить про наявність метаболічної модуляції серцевого ритму. Також через одну хвилину спостерігається зниження амплітуди першої гармоніки та підвищення амплітуд наступних гармонік. Це свідчить про відновлення нормального стану ССС. На рис. 1г,д представлені спектри, отримані після виконання 20 присідань та через 1,5 хвилини. Після виконання вправи спектральні складові змістилися праворуч (ЧСС - 2.23 Гц, тобто 134 уд./хв.) та з'явилися чітко виражені низькочастотні (НЧ) компоненти. Через 1,5 хвилини спостерігаємо нормалізацію ЧСС, але при цьому і значну розмитість спектра. Подібні результати отримані при фізичному навантаженні, яке полягало в пробіжці по сходах (рис. 1е,ж). Спектри, отримані після куріння піддослідного, що не курить, відрізняються значною розмитістю спектра і наявністю НЧ складових великої амплітуди. Це свідчить про напружену діяльність як ССС, так і ВНС (рис. 1з-к).

Висновки

Підтверджено можливість визначати стан системи гемодинаміки та ВНС за параметрами амплітудного спектра периферичного пульсу. За спектральними характеристиками пульсограм можна оперативно отримувати інформацію про зміну та характер частоти серцевих скорочень, наявність, характер і ступінь аритмії, склад і динаміку повільних хвиль. На підставі результатів дослідження можна стверджувати, що за ступенем розмитості спектра можна визначати ступінь аритмії.

Подальші дослідження спектрів пульсових хвиль та напрацювання баз даних при різних ситуаціях дозволять порівняти та визначити показники цих спектрів для встановлення поточного функціонального стану людини під час стресових ситуацій.

Література

1. Муготлев М.А. Некоторые особенности сердечного ритма юних футболистов. //

Вестник ОГУ – май 2007. № 5. – с. 149–154.

2. Бойко В.И., Нельга А.Т., Рейдерман Ю.И., Чебисов В.И., Пчелов В.М. Биотехнический комплекс диагностики и коррекции функционального состояния спортсменов.

3. Десова А.А., Короткий В.Ф., Белова И.И., Журавель А.А. Выделение дополнительных информативных признаков в сигнале периферического пульса для оценки функционального состояния человека–оператора//Физиология человека. 1985.–№2. с.192–200.

4. Бояркин М.В., Вахрушев А.Е., Марусанов В.Е. Оценка адекватности анестезиологического пособия с помощью спектрального анализа синусового ритма сердца. // Анестезиология и реаниматология. 2003. № 4. с. 7–10.

5. Шарпан О.Б. Дослідження залежності амплітудного спектра пульсового сигналу від стану системи гемодинаміки. // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2004. – №1. с. 110–117.

6. Брызгунов И.П., Десова А.А., Кизева А.Г. Исследование характеристик формы и ритмической структуры пульсового сигнала лучевой артерии при артериальной гипертензии в детском и подростковом возрасте//Физиология человека.1997. т.23. № 3. с. 38–43.

7. Десова А.А., Вапник И.И., Белова И.И., Журавель А.А. Использование показателей периферического пульса для дифференциальной диагностики заболеваний легких //Физиология человека.– 1991. т.17. – № 2. – с. 192–200.

8. Измерение, преобразование и обработка пульсового сигнала лучевой артерии в медицинской диагностике/Дорофеев А.А., Десова А.А., Гучук В.В., др.//Мир измерений. – 2009. – №1. – с. 4–14.

9. Высокочастотные колебания в сигнале пульсовой волны и их связь с адапционными реакциями/Михайлов Н.Ю., Толмачев Г.Н., Шепеляв И.Е., др.//Биофизика. – 2008. – т. 53. – № 3. – с. 482–487.

10. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкий С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 219 с.

11. Коркушко О.В., Писарук А.В., Шатило В.Б., и др. Анализ variability ритма сердца в клинической практике (Возрастные аспекты). К.: 2002.–191 с.

12. Некоторые метрологические аспекты спектрального анализа сердечного ритма /Бабак А.Ф., Костылев С.С., Псахис М.Б. и др.//Медицинская техника. 1989. № 2. с.11–15.

13. Шарпан О.Б., Гусева О.В., Магльована Н.І., Рибін О.І. Програмно-вимірвальна фотоплетизмографічна система пульсової спектрометрії. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – №5. – с. 34–40.

Янковенко О.Д. Експериментальне дослідження функціонального стану людини на основі амплітудного спектрального аналізу пульсової хвилі. Проведено дослідження зміни амплітудного спектра пульсової хвилі в залежності від різних видів навантаження серцево-судинної системи, підтверджена можливість діагностування стану людини при аналізі цих змін.

Ключові слова: амплітудний спектральний аналіз, пульсова хвиля, дослідження.

Янковенко О.Д. Экспериментальное исследование функционального состояния человека на основе амплитудного спектрального анализа пульсовой волны. Проведено исследование изменения амплитудного спектра пульсовой волны в зависимости от различных видов нагрузки сердечно-сосудистой системы, подтверждена возможность диагностирования состояния человека при анализе этих изменений.

Ключевые слова: амплитудный спектральный анализ, пульсовая волна, исследование.

Iankovenko O.D. Experimental research of the functional state of the person on the basis of the amplitude of spectral analysis of pulse wave. The investigation of changes in the amplitude spectrum of the pulse wave, depending on the different types of stress the cardiovascular system has done. Possibility of diagnosing the human condition has been confirmed in the analysis of these changes.

Key words: amplitude spectral analysis, pulse wave, reseach.