

ПРИЛАДИ

УДК 615.47; 621.398

**О.М. Зудов, аспір.
О.Б. Шарпан, к.т.н., доц.***Національний технічний університет України "КПІ"***ДІАГНОСТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ СИГНАЛІВ
ПУЛЬСОВОЇ ХВИЛІ (ПЛЕТИЗМОГРАМИ)**

Розроблена комп'ютеризована система фотоплетизмографії та досліджені її діагностичні можливості. Основну увагу приділено спектральному аналізу плетизмограм. Показано, що спектральні характеристики плетизмограм є більш інформативними, ніж амплітудні та часові.

Методи діагностики стану серцево-судинної системи, що засновані на реєстрації пульсової хвилі та аналізі її параметрів (методи плетизмографії), мають широке застосування в медичній практиці. Серед множини методів пульсографії найбільшого поширення і науково-методичного забезпечення одержали методи реоплетизмографії, що при відносно нескладній процедурі реєстрації пульсової хвилі забезпечують високу точність і достовірність діагностики. Останнім часом у зв'язку з розробкою досконалих оптикоелектронних перетворювачів, що працюють у широкому спектральному діапазоні, новий імпульс у розвитку одержали методи фотоплетизмографії. У цьому випадку пульсова хвиля – фотоплетизмограма реєструється як залежність зміни оптичної щільності біотканини від її кровонаповнення. Реєстрація здійснюється за допомогою оптичної пари випромінювач-фотодетектор, що пов'язані між собою пучком світла, який проходить через біооб'єкт або відбивається від нього.

Методики одержання числових діагностичних показників стану серцево-судинної системи (параметрів кровотоку, стану судинного русла, варіацій кардіоінтервалів тощо) на основі аналізу часових і амплітудних параметрів пульсової хвилі та її першої похідної (диференційованої плетизмограми) добре відпрацьовані та описані в літературі. Водночас, точний аналіз форми пульсової кривої та її зміни, особливо візуальний, часто ускладнений і не завжди може дати наочне уявлення про напругу серцево-судинної системи. Особливо це відноситься до випадків, коли відхилення від норми мале і візуально часова картина залишається практично незмінною. На наш погляд, у цьому випадку додатковим діагностичним методом може бути спектральне представлення реалізацій плетизмограми.

Нами була розроблена комп'ютеризована система фотоплетизмографії та досліджені її діагностичні можливості. Система забезпечує реєстрацію і запам'ятовування плетизмограми, її диференціювання, можливість покадрового перегляду основної і диференційованої плетизмограм із тривалістю кадру до 10 секунд. Крім цього, вона забезпечує можливість розрахунку спектральних характеристик обраних реалізацій пульсової хвилі (у межах одного кадру), запам'ятовування, зареєстрованих і розрахункових параметрів плетизмограми, виведення їх на екран монітора і роздрукування на принтері.

Враховуючи те, що такі параметри як власне плетизмограма, диференційована плетизмограма, амплітудні та часові параметри плетизмограми і їхній зв'язок зі станом серцево-судинної системи добре вивчені та наведені в літературі, при дослідженні системи основна увага приділялася оцінюванню її діагностичних можливостей на основі спектрального аналізу сигналів плетизмограми. Для цього проводилися дослідження форми, часових і частотних (спектральних) представлень плетизмограм людей у спокійному стані та при різних тестових впливах. Замість впливів використовувалося фізичне навантаження, гіпервентиляція легенів і затримка подиху, перетискування судин, паління, алкоголь, чай, психологічна напруга тощо. Досліди проводилися на людях без виражених патологій серцево-судинної системи. Оптикоелектронний перетворювач встановлювався в різних частинах тіла піддослідного. При цьому результати ідентичних тестів якісно збігалися.

Встановлено високу чутливість системи при будь-якому тестовому впливі. Так, при розташуванні датчика на пальці руки при періодичному стискуванні в кулак пальців іншої руки, під час руху ногами, вдиху, видиху, розмові, співі, частковому або повному перетискуванні кровеносних судин параметри і спектр плетизмограми змінювалися.

На рис. 1 подані спектри сигналів плетизмограми при тесті на паління. Тут спектр рис. 1, а відповідає плетизмограмі знятої вранці до паління, спектр рис. 1, б – відразу після

паління, спектр рис. 1, *в* – через п'ять хвилин після паління. Доза паління – курильна трубка. Видно, що зовні візуально всі три криві основних плетизмограм (а також їхні похідні) практично не відрізняються, у той час як їхні спектри істотно різні. З рис. 1, *б* видно, що відразу після паління збільшилася частота серцевих скорочень (ЧСС), збільшилася аритмія, що висловилося в “розмитті” спектрів у околицях основних гармонік частоти серцевих скорочень, змінилися відношення амплітуд гармонік, збільшився рівень низькочастотних складових спектра, що розташовані лівіше першої гармоніки ЧСС. Останнє свідчить про збільшення амплітуди “повільних хвиль”. З рис. 1, *в* видно, що згодом ці зміни стають ще більш помітними, особливо це відноситься до рівня низькочастотних компонентів у спектрі.

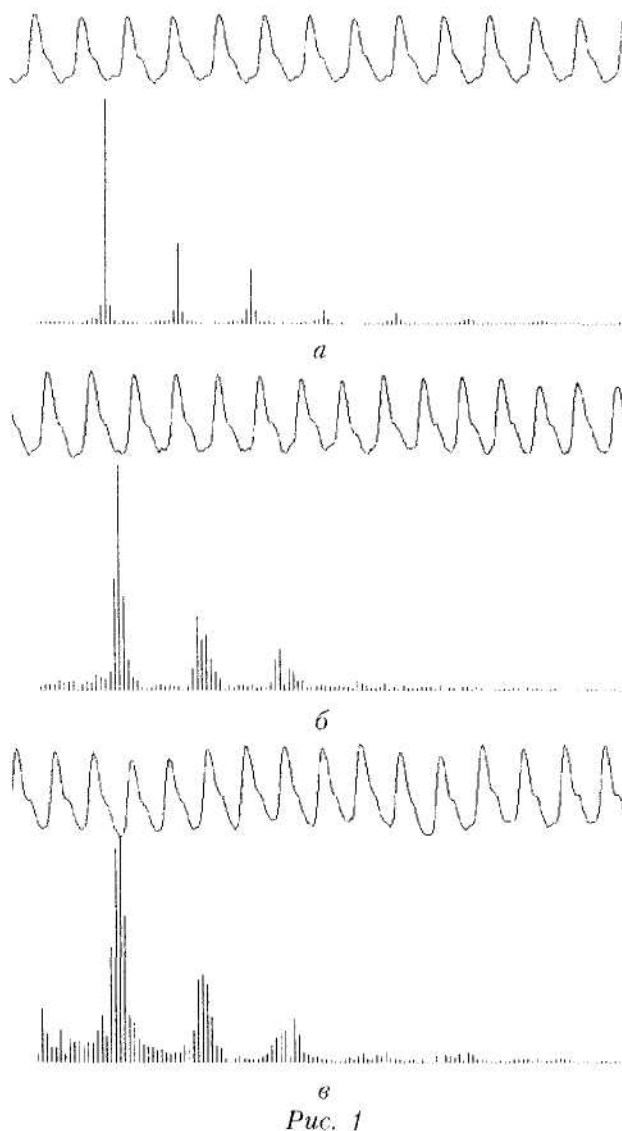
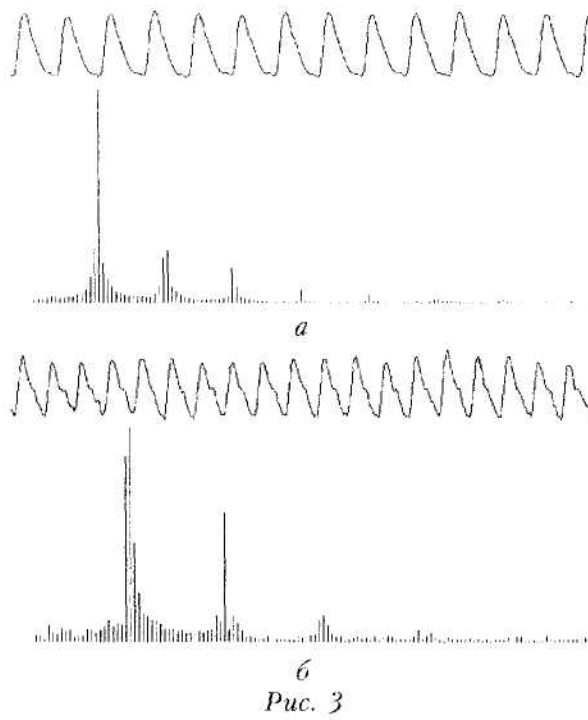
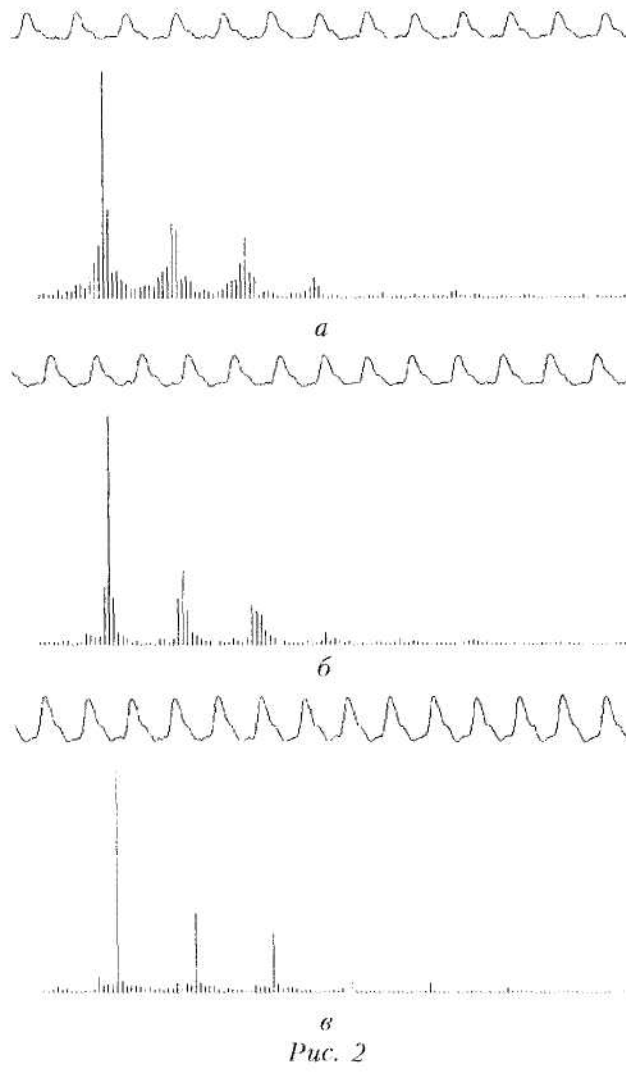


Рис. 1

Аналогічні дослідження, які проведені з людьми в збудженому стані, а також у деяких випадках для людей, що постійно палять, показали, що може бути і зворотний ефект: після паління аритмія дещо знижується. Але й у цьому випадку рівень низькочастотних спектральних компонентів збільшується і частота серцевих скорочень зростає.

На рис. 2 подані спектрограми, що відбивають реакцію серцево-судинної системи на шампанське і чай. Спектр на рис. 2, *а* отриманий для плетизмограми, що зареєстрована до початку тестування. Рис. 2, *б* відповідає кривій, яка зареєстрована після вживання келиха шампанського (через 10 хв після першої кривої). Рис. 2, *в* відповідає кривій, що зареєстрована ще через 10 хвилин після чашки чаю. Звідси видно, що послідовно спектр ставав “чистішим” (тобто основні гармоніки стають чіткіше вираженими), що свідчить про зменшення аритмії. Дещо зросла частота серцевих скорочень. Змінилися також відносні рівні гармонік. У той же час і в цьому випадку часові реалізації пульсових кривих візуально відрізнялися слабо.



На рис. 1, *a* подана спектрограма відпочившої людини, що знята вранці. На рис. 3, *a* подана її спектрограма через кілька годин повсякденної інженерної роботи, а на рис. 3, *б* – після інтенсивного фізичного навантаження.

За отриманими результатами можна зробити такі висновки:

1. Спектри реалізації фотоплетизмограми мають високу чутливість до зміни стану серцево-судинної системи людини. Спектральні представлення дозволяють досить просто та оперативно одержувати наочну візуальну інформацію про зміну та характер частоти серцевих скорочень, наявність і характер аритмії, тонус судин, появу і динаміку “повільних хвиль”, причому для невеликих варіацій параметрів, коли інші методи (наприклад, аналіз форми і параметрів пульсових коливань, R-R пульсометрія тощо) малоінформативні.

2. Використання спектральних представлень плетизмограми дозволяє діагностувати стан і динаміку серцево-судинної системи не тільки пацієнтів із вираженими патологіями, але й на перших стадіях змін у практично здорових людей, коли методи, які засновані на візуальному і чисельному аналізі форми і параметрів основної та диференційованої плетизмограм є малоінформативними. Вони також будуть корисними при вивченні процесів реабілітації хворих, впливі лікарських препаратів, стану систем людини в умовах повсякденного життя, при інтенсивних навантаженнях, наприклад, виконанні робіт, що вимагають великих фізичних і (або) психологічних навантажень, тренуванні спортсменів тощо.

ЗУДОВ Олег Миколайович – аспірант кафедри теоретичних основ радіотехніки Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– програмування та обробка інформації.

Тел.: (044) 544-68-48 (дом.).

ШАРПАН Олег Борисович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичних основ радіотехніки Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– методи прийому, передачі та обробки інформації.

Тел.: (044) 441-18-03 (сл.); (044) 411-45-87 (дом.).

Подано 8.02.2001