

## ВИМІРЮВАННЯ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ НА ОСНОВІ СИГНАЛІВ З ДАТЧИКІВ ТИСКУ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

### Анотація.

Ця робота представляє нову методику для неінвазивного вимірювання систолічного, середнього та діастолічного артеріального тиску з використанням фотоплетизмографічних датчиків та датчиків тиску, що підключаються зовні до артерій.

**Ключові слова:** артеріальний тиск, фотоплетизмографія, зовнішній тиск, осцилометрія.

### Вступ

Гіпертонія є основною причиною смертності у світі [1], що становить 9,4 мільйона смертей у всьому світі щороку [2]. Близько 30% дорослих мають підвищений артеріальний тиск, тому поширеність артеріальної гіпертензії зростає зі збільшенням індексу маси тіла (ІМТ) [3] та віку [4]. Таким чином, зі старінням населення та збільшенням кількості людей з надлишковою вагою, вчасне виявлення та лікування гіпертонії є дуже важливим.

Осцилометрична методика використовується приблизно у 80% всіх автоматичних та напівавтоматичних приладів, які вимірюють артеріальний тиск. Ця методика вимірювання артеріального тиску припускає, що зниження тиску в манжеті здійснюється ступінчасто. При плавному зниженні тиску повітря в манжеті, в ній виникають коливання (осциляції) тиску, що відповідають пульсуючим змінам об'єму артерії під манжетою. Осциляції виникають в момент, коли тиск в манжеті знижується до тиску рівного систолічному тиску крові [5]. Фотоплетизмографічні методи взагалі мають однакову чутливість незалежно від того, підлягає оклюзії палець, тому ФПП найчастіше реєструється на пальці пацієнта. [6]

У нашому дослідженні застосовується можливість використання фотоплетизмографічного методу. Фотоплетизмографічний метод вимірює пульсові хвилі, що є одновимірною кривою лінією і складається з двох компонентів – анакритичної та дикротичної фази. Фотоплетизмографічний метод полягає в освітленні ділянки тканини біологічного об'єкту інфрачервоним пучком та реєстрації опромінення, що пройшло через тканини та відбилося від них. Реєстрація опромінення проводиться оптикоелектронним датчиком. Завдяки своїй неінвазивності, мініатюрності датчиків, простоті апаратної реалізації та оперативності дані методи широко використовуються при моніторингу за станом серцевосудинної системи.

Фотоплетизмографія буде використовуватися в першому дослідженні для вимірювання значень артеріального тиску, синхронізації коливань об'єму крові з тиском в манжеті осцилометричного приладу. Потім датчик сили замінить тензіометр: оклюзійний тиск буде створюватися натисканням на датчик пальцем.

## Результати дослідження

Мета цього дослідження полягає в заміні осцилометричного пристрою на більш зручний спосіб. Вимірювання виконується через обробку сигналу, який надходить від датчика тиску, що підключений до пальця. У дослідженні використовують датчик тиску (SingleTact, CS15-4.5 Н). Цей датчик має діаметр 15 мм, діапазон 4,5 Н та цифровий вихід у двійковому 10-бітному коді. Датчик підключається до плати Arduino UNO. Спочатку відбувається процес калібрування, щоб перевести значення тиску з датчика у параметри тиску людини. Сенсорний блок складається з фотоплетизмографічного пристрою над датчиком тиску (рис. 1). Дослідження відбувається шляхом притискання вказівного пальця лівої руки до датчика тиску з застосуванням фотоплетизмографічного модуля.



Рис.1. Принцип роботи системи вимірювання тиску

Програма передає візуальний зворотній зв'язок, що вимагає від пацієнта поступового збільшення тиску до 190 АТ по показниках ПЗ, потім тиск зменшується. Це імітує манжетну дефляцію з постійною швидкістю. Осцилометричний метод вимірювання проводиться на початку експерименту з еталонними значеннями АТ.

Сигнал датчика тиску надходить до програмного забезпечення з частотою 50 Гц і після синхронізації з фотоплетизмографічними сигналами будується у Matlab. Протокол, який використовували в дослідженні, був складений для систолічного та діастолічного артеріального тиску і оцінки фотоплетизмографічного сигналу для 6 добровольців і в порівнянні з результатами коливання плечової артерії, експеримент проводився двічі для кожного досліджуваного. Приклад отриманих сигналів наведений на рис. 2.

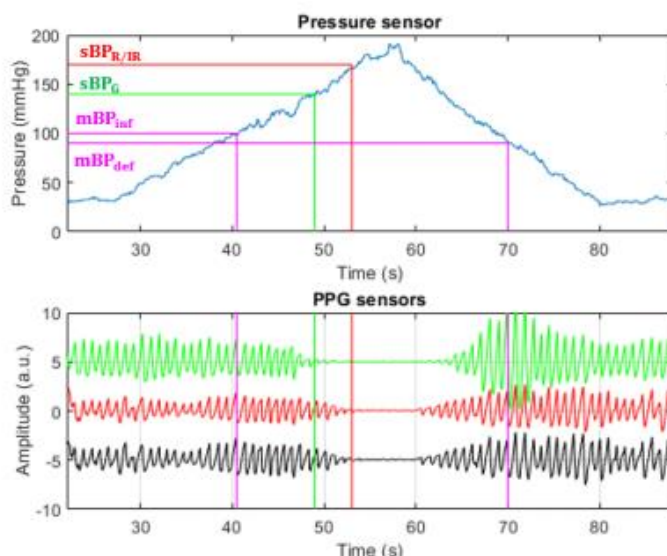


Рис. 2 Сигнали отримані від фотоплетизмографічних датчиків і датчиків тиску

Ми можемо відмітити, що зміна амплітуди фотоплетізографічних коливань спостерігається як при інфляції, так і при дефляції, що дозволило отримати два показника фотоплетізографії. Після проведення 12 досліджень у періоді інфляції було успішно виміряно систолічний артеріальний тиск. При проведенні трьох досліджень у діапазоні зеленої довжини хвилі і за чотири дослідження з червоним і інфрачервоним випромінюванням було успішно отримано результати. В той же час, під час дефляції, тільки зелена довжина хвилі дозволяє зробити це вимірювання після дев'яти експериментальних досліджень.

### Висновки

Було показано, що при застосуванні зовнішнього датчику тиску отримані сигнали фотоплетізографії дозволяють отримати точні значення артеріального тиску. Цей метод дозволяє застосовувати аналітичні співвідношення, що використовуються в осцилометричному методі шляхом зняття сигналів з датчиків тиску.

Крім того, оскільки осцилометричний пристрій не є зручний для користувачів, то запропонований метод, заснований на підключенні датчиків тиску до пальця людини, був експериментально перевірений, що підтверджується вірними значеннями АТ. Також є підтвердження підсилення фотоплетізографічних сигналів між плечовими і пальцевими артеріями, які були співставлені для вимірюваних і вихідних значень. У майбутньому планується провести додаткову роботу по розширенню цих результатів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] M. Ezzati, A.D. Lopez, A. Rodgers, S. Vanders Hoorn and C.J.L. Murray, "Selected major risk factors and global and regional burden of disease", *The Lancet*, vol.360, no.9343, pp. 1347-1360, November 2002.
- [2] "WHO | Q&As on hypertension", WHO. [Online]. Available: <http://www.who.int/features/qa/82/en/index.html>. [Accessed: 05-Nov 2018]
- [3] F.H.H. Leenen, N.H. McInnis and G. Fodor, "Obesity and the Prevalence and Management of Hypertension in Ontario, Canada", *American Journal of Hypertension*, vol.34, no.9, pp. 1000-1006, 2010 [4] S.S. Franklin, W. Gustin, N.D. Wong, M.G. Larson, M.A. Weber, W.B. Kannel and D. Levy, "Hemodynamic Patterns of Age-Related Changes in Blood Pressure", *The Framingham Heart Study*, *Circulation*, vol. 96, pp.308-315, 1997
- [5] G. Drzewiecki, R. Hood and H. Apple, "Theory of the oscillometric maximum and the systolic and diastolic detection ratios", *Annals of Biomedical Engineering*, vol.22, no.1, pp.88-96, 1994
- [6] L.A. Geddes, M. Voelz, C. Combs, D. Reiner and C.F. Babbs, "Characterization of the oscillometric method for measuring indirect blood pressure", *Annals of Biomedical Engineering*, vol.10, no.6, pp.271-280, 1982 [7] J. Liu, H. Cheng, C. Chen, S. Sung, M. Moslehpour, J. Hahn and R. Mukkamala, "Patient-Specific Oscillometric Blood Pressure Measurement", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol.63, no.6, pp.1220-1228, June 2016

Шевчук Катерина Сергіївна — студентка групи БМІ-186, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [katenka.shevchuk@gmail.com](mailto:katenka.shevchuk@gmail.com).

Гаврилов Дмитро Володимирович — канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: [havrilov@vntu.edu.ua](mailto:havrilov@vntu.edu.ua)

## MEASUREMENT OF BLOOD PRESSURE ON THE BASIS OF SIGNALS FROM PRESSURE SENSORS

### Abstract

This work presents a new technique for non-invasive measurement of systolic, mean and diastolic blood pressure using photoplasmographic sensors and pressure sensors connected externally to the arteries.

**Keywords:** blood pressure, photo-plethysmography, external pressure, oscillometry.

Shevchuk Kateryna — Department of of Infocommunications, Radio Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [katenka.shevchuk@gmail.com](mailto:katenka.shevchuk@gmail.com).

Havrilov Dmytro — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [havrilov@vntu.edu.ua](mailto:havrilov@vntu.edu.ua)