

## ПРИНЦИПИ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ СИГНАЛІВ ПРИ АКУСТИЧНОМУ МЕТОДІ ОБСТЕЖЕННЯ СЕРЦЯ ЛЮДИНИ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*В роботі розглянуто методи автоматизації обробки багатоканального акустичного сигналу серця, з метою покращення його якості для можливості подальшого аналізу та візуалізації.*

**Ключові слова:** акустичний сигнал, шум, обробка сигналу, серцевий м'яз.

### *Abstract*

*The paper considers the methods of automating the processing of a multi-channel acoustic signal of the heart, with the aim of improving its quality for the possibility of further analysis and visualization.*

**Keywords:** acoustic signal, noise, signal processing, heart muscle.

### Вступ

Акустичний метод обстеження серця людини є одним із ключових засобів для діагностики різних захворювань серця. Акустична кардіографія дозволяє реєструвати різноманітні параметри, які оцінюють як систолічну, так і діастолічну функцію серця.

Однак під час отримання сигналу звук серця змішується зі звуком легень, який неможливо відокремити за допомогою техніки лінійної фільтрації, оскільки частотні діапазони обох сигналів накладаються. Для вирішення цієї проблеми застосовуються параметричні методи обробки сигналів, а саме: авторегресія, авторегресія ковзного середнього, адаптивна компенсація завад з використанням методу найменших квадратів [1]. Також погіршення якості сигналу може бути спричинено наступними факторами: шум (звук легень та зовнішні шуми), рухи пацієнта, неправильне розташування сенсорів, фізіологічні особливості пацієнта (наприклад, товщина тканин). Одним із напрямків у вдосконаленні акустичного методу є застосування алгоритмів фільтрації та шумозаглушення.

### Результати дослідження

Якість звукового сигналу серця має очевидний вплив на результат роботи біомедичної автоматичної діагностичної системи. Отже, для аналізу потрібен високоякісний акустичний сигнал серця, щоб уникнути неправильної інтерпретації серцевих захворювань і для точнішої класифікації серцевих тонів. Загалом існує два доступні способи отримання високоякісних сигналів: апаратні та програмні. У першому підході високочутливий сенсор використовується для визначення звуку серця для кращої ідентифікації турбулентного руху крові. Комп'ютерні алгоритми необхідні, щоб уникнути обмежень системи прослуховування людини та ручної роботи при скринінгу серцево-судинних захворювань за допомогою оцифрованого звукового сигналу серця.

Отримання та обробка сигналу є двома важливими аспектами, які передують розробці біотехнічної системи медичного діагностування. Обробка сигналу включає: підсилення, фільтрацію, перетворення, узгодження діапазону, ізоляцію та інші процеси, необхідні для того, щоб зробити вихідний сигнал сенсора придатним для аналізу.

Попередні дослідження показують, що домінуючі частоти першого і другого тонів серця зазвичай знаходяться в межах від 24 Гц до 144 Гц [2]. Випадковий шум в акустичному сигналі може мати широку смугу частот (до 800 Гц).

Особливостями попередньої обробки сигналу є необхідність використання попереднього підсилювача з низьким коефіцієнтом, оскільки він також підвищує і рівень шуму. Крім того, важливою частиною шуму є синфазний шум, тобто перешкоди 50 або 60 Гц від ліній електроживлення, які можна відфільтрувати за допомогою підсилювача з високим коефіцієнтом подавлення синфазного сигналу. Фільтрація виконується шляхом формування схеми смугового фільтра (20-1000 Гц), оскільки більша частина смуги частот сигналу, необхідного для нашого аналізу, потрапляє в цей діапазон. Вейвлет-аналіз дає можливість реалізувати придушення шуму, яке не є глобальним, а відбувається в кожному піддіапазоні рівнів розкладання через скорочення вейвлет-коефіцієнтів [3]. Таким чином, реконструкція забезпечує краще відновлення сигналу порівняно з іншими параметричними методами обробки сигналів.

Розробка багатоканальної системи дає можливість використати певну кількість каналів для отримання окремого сигналу опорного шуму. Але для можливості налагодження роботи системи з використанням загальнодоступних баз записів акустичних сигналів серця (наприклад, Heart Sounds Catania Database 2011), автоматизовані методи покращення також повинні бути розраховані на обробку одно-канального сигналу. Алгоритми фільтрації спочатку необхідно перевірити на еталонному сигналі в якому серцевий тон штучно спотворений шляхом додавання шуму. Результуючий сигнал перевіряється на належне вилучення сигналу серцевого тону, що буде свідчити про коректну роботу алгоритмів обробки.

### Висновки

Автоматизація покращення якості сигналів в акустичному методі обстеження серця стає все більш актуальною задачею в сучасній медицині. Застосування передових технологій обробки сигналів дозволяє підвищити точність діагностики та зробити процес обстеження більш ефективним і зручним для пацієнтів. Крім того, автоматизація дозволяє знизити вплив людського фактору на процес діагностики. Помилки, пов'язані зі суб'єктивним сприйняттям або втомою медичного персоналу, можуть бути мінімізовані.

Незважаючи на те, що було проведено багато дослідницької роботи щодо сегментації, виділення ознак і класифікації сигналів, це все ще відкрита область для дослідників, яка потребує розробки автоматичних та надійних алгоритмів для ідентифікації і класифікації різних подій у акустичних сигналах серця.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Basak K., Mandal S., Manjunatha M., Chatterjee J., Ray A.K. A Comparative Study of Phonocardiogram Analysis Techniques based on Mixed Signal Processor. IEEE. 2010. <https://doi.org/10.1109/SPCOM.2010.5560509>
2. Hong Tang, Miao Wang, Yating Hu, Binbin Guo, Ting Li. Automated Signal Quality Assessment for Heart Sound Signal by Novel Features and Evaluation in Open Public Datasets. PubMed Central. 2021. <http://doi.org/10.1155/2021/7565398>
3. Paul Erne. Beyond auscultation – acoustic cardiography in the diagnosis and assessment of cardiac disease. Swiss Med Wkly. 2008. <https://doi.org/10.4414/smw.2008.12308>

*Дячук Олексій Олександрович* — аспірант кафедри БМІОЕС, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

*Тимчук Сергій Васильович* — канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико електронних систем, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [tymchysv@ukr.net](mailto:tymchysv@ukr.net)

*Diachuk Oleksii O.* — graduate student of the Department of BMIOES, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : [dayte2@gmail.com](mailto:dayte2@gmail.com)

*Tymchuk Serhii V.* — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optical-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [tymchysv@ukr.net](mailto:tymchysv@ukr.net)