

**В.В. Чухов, к.т.н., доц.  
М.В. Кравець, магістрант**

*Житомирський державний технологічний університет*

**ПРО ОСОБЛИВОСТІ НОРМУВАННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЧНИХ СИГНАЛІВ**

Відомо, що серцево-судинні захворювання домінують у процентному відношенні щодо інших захворювань, і тому виявлення патологій у кардіології – одна з важливих і актуальних задач у медицині. Незважаючи на різноманіття робіт щодо аналізу ЕКГ сигналу, їх можна розділити на методи обробки сигналу ЕКГ у часовій та частотній областях.

В попередній публікації авторів було запропоновано метод вимірювання числових оцінок спектральної характеристики ЕКГ сигналу при відсутності та наявності патології. В основу методу було покладено числову оцінку спектральної щільності енергії (СЩЕ) ЕКГ сигналу.

Нагадаємо алгоритм запропонованого методу: 1) отримати ЕКГ сигнал та перетворити його у цифровий; 2) обчислити його комплексний спектр за допомогою дискретного перетворення Фур'є; 3) обчислити квадрати модулів отриманих у п.2 спектральних складових у заданих частотних смугах (тобто СЩЕ у цих смугах); 4) порівняти отримані результати з такими ж числовими оцінками для ЕКГ сигналу при відсутності патології та зробити висновки з цього порівняння про відсутність.

Для прикладу, отримані значення СЩЕ ЕКГ сигналу для норми та кількох типових захворювань (гострої серцевої недостатності та аритмії) для одного та трьох періодів їх повторення наведено у таблицях 1 – 3 відповідно. На рисунку 1 наведено СЩЕ ЕКГ сигналу для норми та гострої серцевої недостатності і аритмії у випадку одного періоду без нормування та з нормуванням відповідно.

На початкових етапах розробки методу СЩЕ ЕКГ сигналу не нормувалась, і тому результат суттєво залежав від кількості періодів – у наведених таблицях це числа у стовпчиках з назвою „без нормування”. Очевидно, що такий варіант незручний і його проблемно покласти в основу кількісної діагностичної оцінки ЕКГ сигналу.

Причиною такої зміни є те, що результат Фур'є-перетворення значною мірою залежить від дискрету часу. Це обумовлено відмінністю між визначенням Фур'є-зображення та комплексного спектру. Тому для незатухаючих коливань набагато зручніше обчислювати не Фур'є-зображення, а його значення, поділене на кількість точок у реалізації. В результаті отримується комплексний спектр, який повністю відповідає коефіцієнтам комплексного ряду Фур'є.

Тому однією з відмінностей запропонованого методу є те, що спектральна щільність енергії ділиться на кількість точок у вибірці. Це дозволяє отримати числовий результат, який несуттєво залежить від кількості періодів у вибірці ЕКГ сигналу. У наведених таблицях це числа у стовпчиках з назвою „з нормуванням”. Імовірними причинами цих несуттєвих змін при нормуванні може бути варіабельність серцевого ритму, але це потребує подальших досліджень і виходить за рамки даної публікації.

*Таблиця 1*

*ЕКГ в нормі*

Смуга частот, Гц	Один період		Три періоди	
	без нормування	з нормуванням	без нормування	з нормуванням
0–3	22	0,0028	222	0,0030
3–4	12	0,0014	91	0,0012
4–15	139	0,0171	1245	0,0171
15–40	89	0,0110	620	0,0085
0–40	262	0,0323	2178	0,0299

*Таблиця 2*

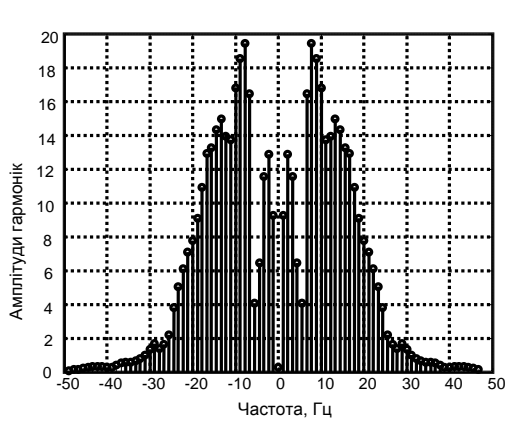
*ЕКГ при гострій серцевій недостатності*

Смуга частот, Гц	Один період		Три періоди	
	без нормування	з нормуванням	без нормування	з нормуванням
0–3	4630	0,5716	30269	0,4152
3–4	584	0,0720	2585	0,0355
4–15	424	0,0524	1720	0,0236
15–40	14	0,0017	24	0,0003
0–40	5651	0,6977	34598	0,4746

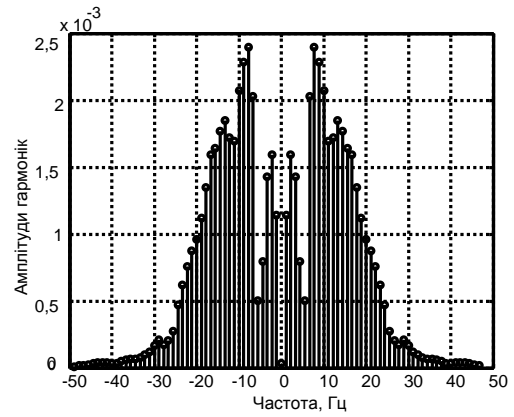
*Таблиця 3*

ЕКГ при аритмії

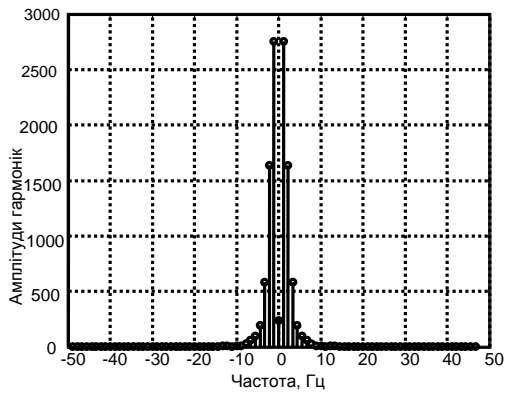
Смуга частот, Гц	Один період		Три періоди	
	без нормування	з нормуванням	без нормування	з нормуванням
0–3	109	0,0134	1374	0,0188
3–4	30	0,0038	70	0,001
4–15	109	0,0135	634	0,0087
15–40	13	0,0016	68	0,001
0–40	262	0,0323	2145	0,0294



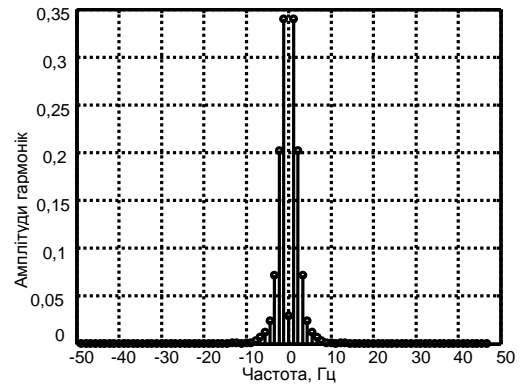
а)



б)



в)



г)

Рисунок 1. Спектральна щільність енергії ЕКГ сигналу: в нормі, 1 період, без нормування (а); в нормі 1 період, з нормуванням (б); при гострій серцевій недостатності, 1 період, без нормування (в); при гострій серцевій недостатності, 1 період, з нормуванням (г)