

Магістерська кваліфікаційна робота на тему:

**«Багатоканальні аналого-цифрові системи, що самокоригуються для опрацювання акустичних сигналів»**

студентка групи КІ-16м

Фігас А.С.

науковий керівник

к.т.н., доц. Крупельницький Л. В.

## **Актуальність дослідження:**

Актуальною є побудова моделей, які будуть пов'язувати метрологічні характеристики АЦП і їхніх пристроїв із критеріями ефективності проєктованої АЦ-системи. Під час проєктування АЦ-систем для опрацювання біомедичних акустичних сигналів виникають питання оцінювання ефективності, розробки комплексу метрологічних характеристик, математичного моделювання й схемотехнічного проєктування АЦ-систем у цілому і його окремих аналогових пристроїв.

# Мета

Метою досліджень є покращення статичних і динамічних характеристик АЦ-систем для опрацювання низькочастотних акустичних сигналів за рахунок застосування у вимірювальних каналах АЦП і ЦАП із ваговою надлишковістю.

## **Об'єкт дослідження**

Процес опрацювання акустичних сигналів, забезпечення високоточного перетворення постійних та низькочастотних сигналів, що перекривають спектр інфразвукових та звукових частот.

## **Предмет**

Предметом є методи розширення функціональності, збільшення точності та швидкодії опрацювання сигналів за рахунок самокалібрування і самокоригування аналого-цифрових систем сигнального перетворення.

## **Задачі досліджень, що впливають з поставленої мети:**

- Аналіз можливості застосування АЦП і ЦАП із ваговою надлишковістю для покращення статичних і динамічних характеристик перетворювальних каналів багаторозрядних АЦ-систем;
- Розгляд методи підвищення точності і швидкодії АЦ-систем за рахунок поширення принципів коригування статичних і компенсування динамічних похибок надлишкових АЦП і ЦАП додатково на функціональні блоки вимірювальних каналів;
- Аналіз структурних схем АЦ-систем для вимірювання і аналізу низькочастотних біомедичних акустичних сигналів на базі АЦП і ЦАП із ваговою надлишковістю, а також навести досягнуті значення їх статичних і динамічних параметрів.

# Наукова новизна

Комплексні методи самокалібрування аналого-цифрових складових біомедичних систем обумовлюють точність, достовірність та повторюваність результатів вимірювань порівняно з традиційними системами. А пов'язані з калібруванням і високоточним АЦ-перетворенням, методи цифрової обробки сигналів дозволяють ефективно опрацювати корисний сигнал.

# Зміст роботи

Вступ

1. Техніко-економічне обґрунтування;
  2. Структурні і схемотехнічні рішення та методи побудови самокалібруваних багатоканальних ац-систем
  3. Розробка технічних вимог до параметрів аналогових і цифрових пристроїв експериментального зразка самокаліброваної АЦ-системи
  4. Комплексні дослідження АЦ-системи в клінічних умовах, корегування схемних та програмних рішень
  5. Економічна частина
- Висновки

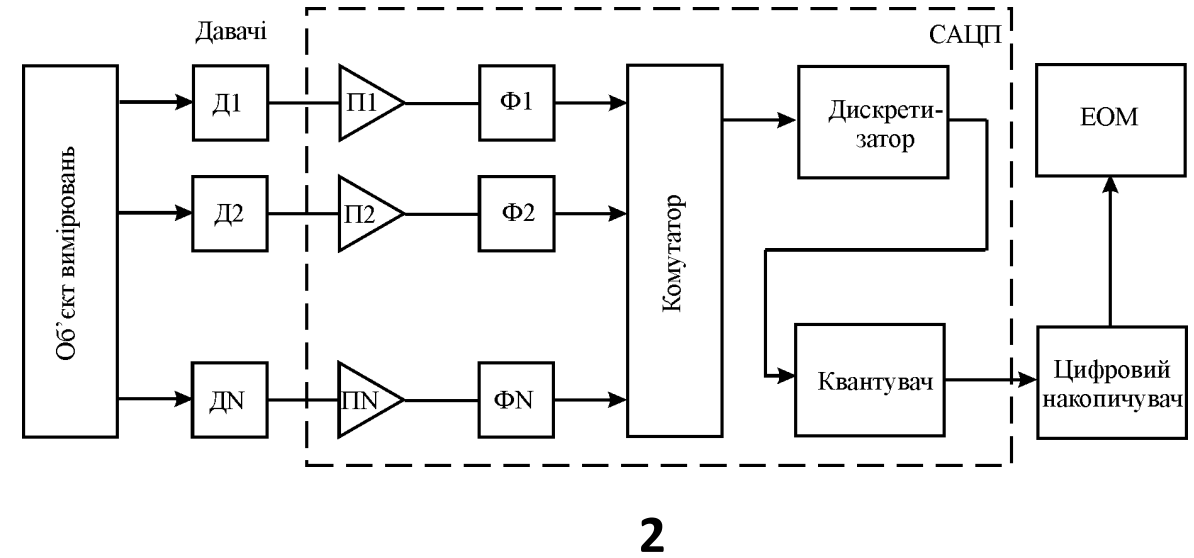
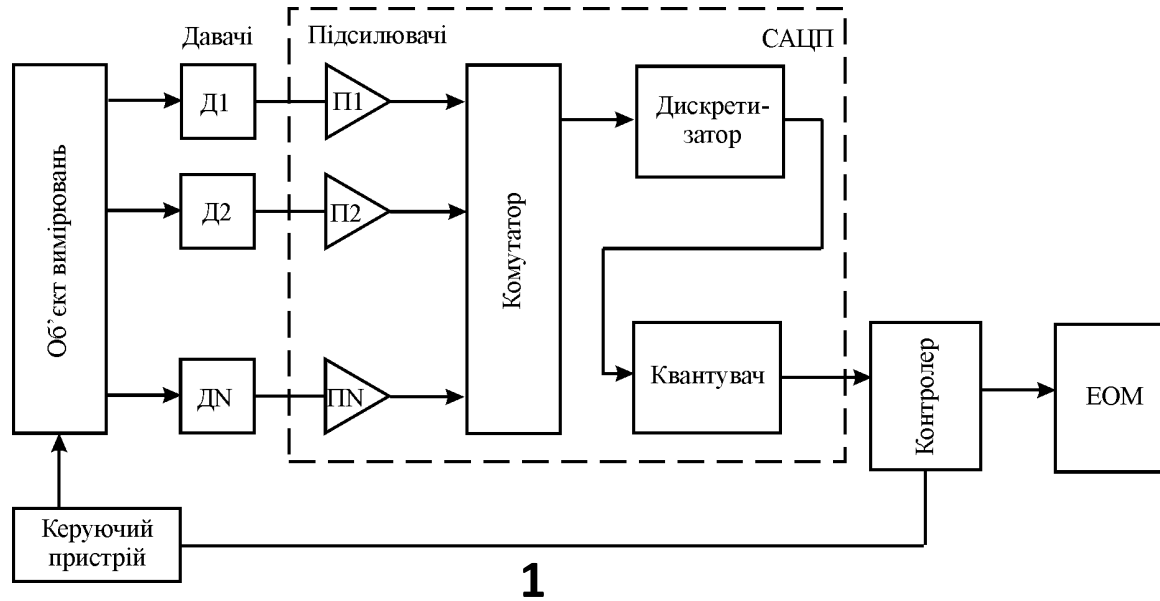
САЦП - це перетворювачі, у яких за рахунок автоматичного цифрового коригування похибок аналогових пристроїв забезпечуються високі метрологічні характеристики. САЦП відрізняються наявністю зворотних зв'язків за результатами коригування, які здійснюється спеціалізованим контролером. Характерною рисою САЦП є також наявність певної апаратної, часової або кодової надлишковості. Важливою перевагою є можливість забезпечення високих технічних характеристик при знижених вимогах до елементної бази й технології виготовлення.



## **Системи вимірювання та обробки низькочастотних біомедичних:**

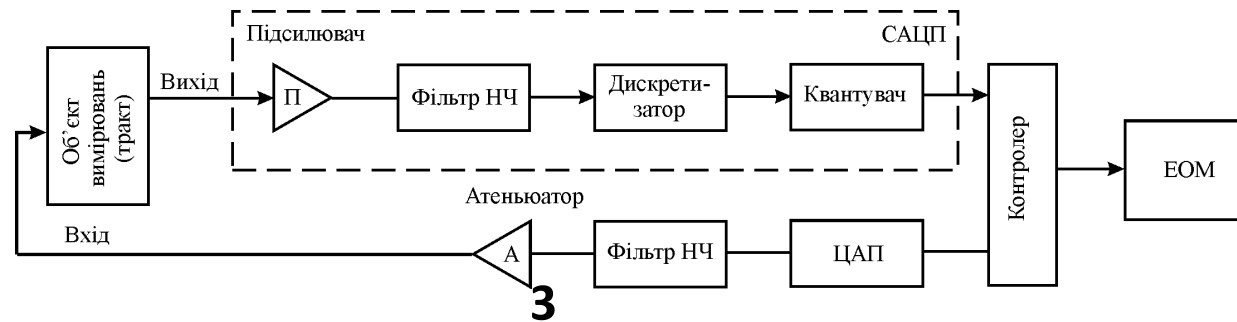
- вимірювально-діагностичне медичне обладнання і устаткування;
- інформаційно-реєструвальні системи із цифровим записом і оперативною або відкладеною обробкою накопичених біомедичних сигналів;
- вимірювальні системи з активним впливом на організм людини, як на об'єкт вимірювань з фіксацією сигналів відгуків.

# Структури АЦ-систем для опрацювання біомедичних акустичних сигналів



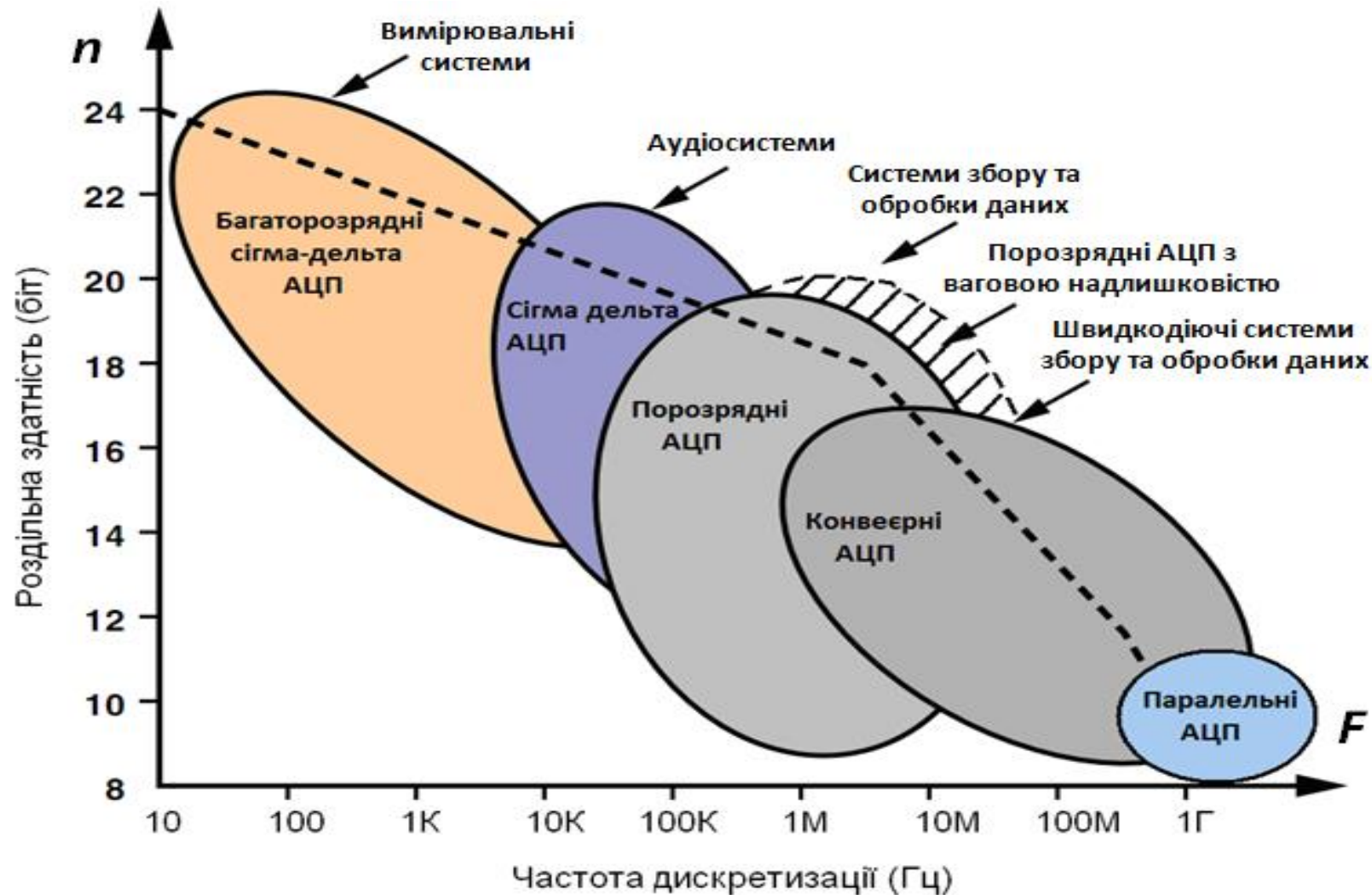
**автоматизована багатоканальна вимірювально-діагностична система**

**інформаційно-реєструвальна система збирання і опрацювання даних**



**вимірювальна система з активним впливом на організм людини**

# Граничні параметри різних типів АЦП за точністю та частотою перетворення



**Статичні характеристики, залежно від призначення систем, повинні забезпечувати такий комплекс показників:**

- широкий динамічний діапазон сигналів, що перетворюються і опрацьовуються (до 100 -140 дБ);
- малу нелінійність перетворення аналог-код і код-аналог (0,001-0,01 %).
- малі спотворення спектру сигналів (мінус 90-120 дБ);
- велику роздільну здатність (від 16 до 24 двійкових розрядів);
- низькі нерівномірність амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) ( $\pm 0.03$  дБ) та нелінійність фазо-частотної характеристики (ФЧХ) ( $\pm 0.1$ ) в смузі корисного сигналу.

В СЧВН використовується недвійкова основа системи числення  $1 < \alpha < 2$ , а ваги розрядів представляються у вигляді:

$$Q_i = q \cdot \alpha^i$$

де  $q$  – вага молодшого розряду.

Будь-яке дійсне число може бути представлене в СЧВН у вигляді суми ваг розрядів:

$$X = \sum_{i=0}^N a_i \cdot q \cdot \alpha^i$$

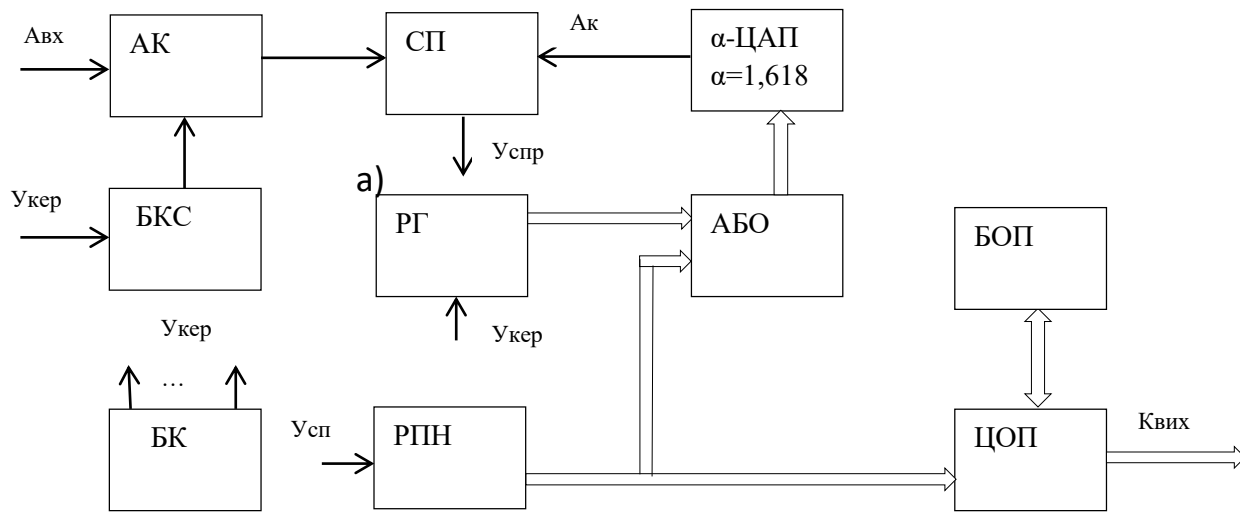
$a_i = \overline{0, 1}$  – двійковий  $i$ -тий біт  $N$ - розрядного результату перетворення.

Код "золотої пропорції" з основою

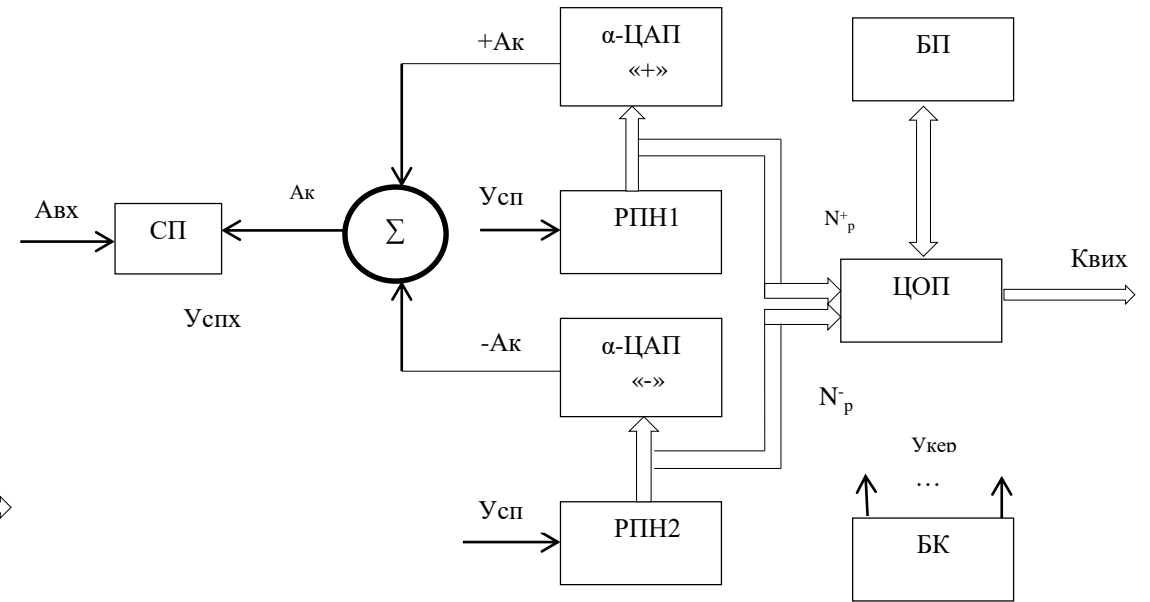
$$\alpha = (\sqrt{5} + 1)/2 \approx 1,618$$

"Золота пропорція" є межею відносини двох сусідніх чисел ряду Фібоначчі.

# Структурні схеми порозрядних самокаліброваних АЦП, прискореної швидкодії з ваговою надлишковістю, на основі СЧВН



(0, 1)

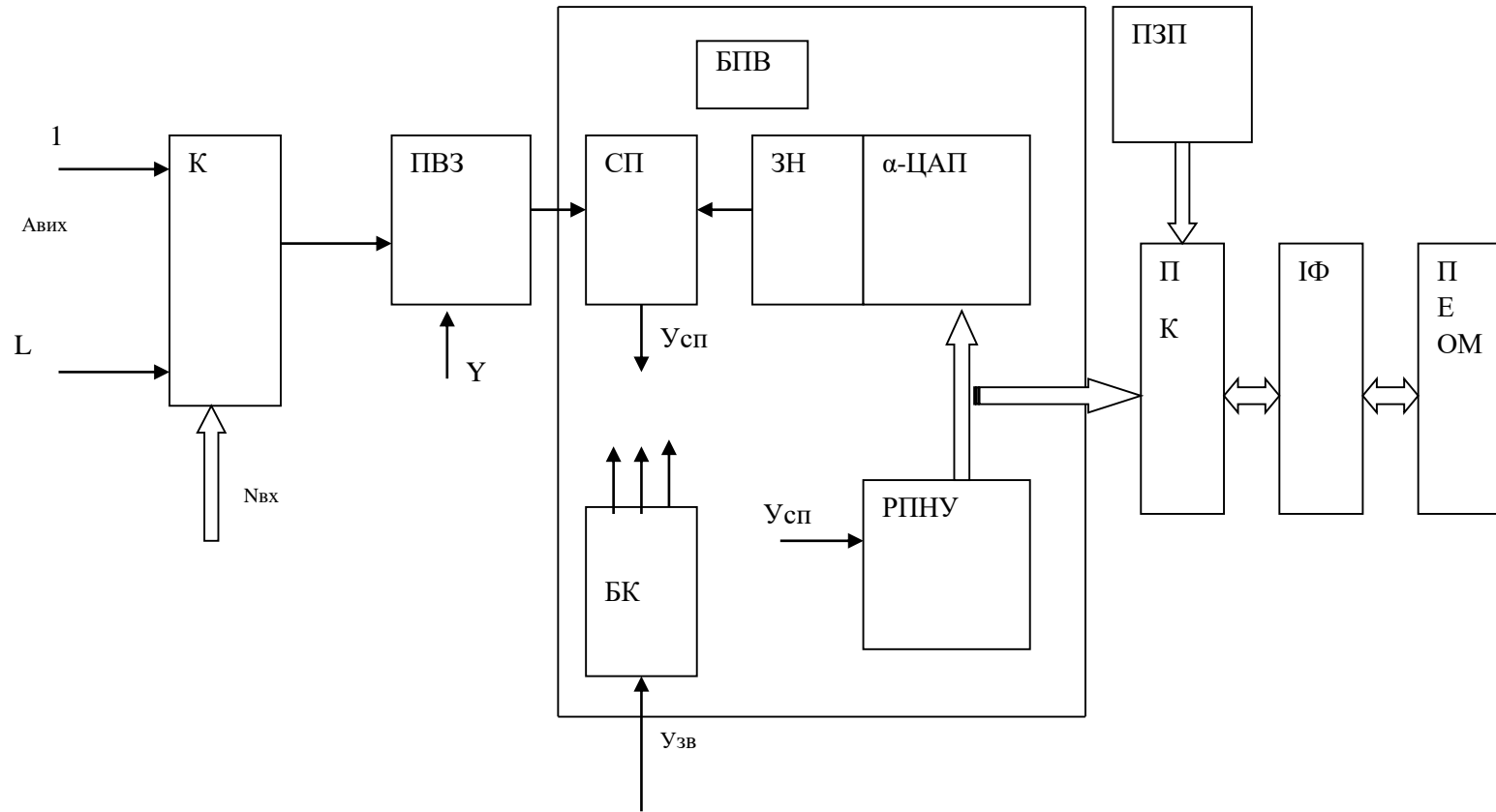


( $\bar{1}$ , 1)

;



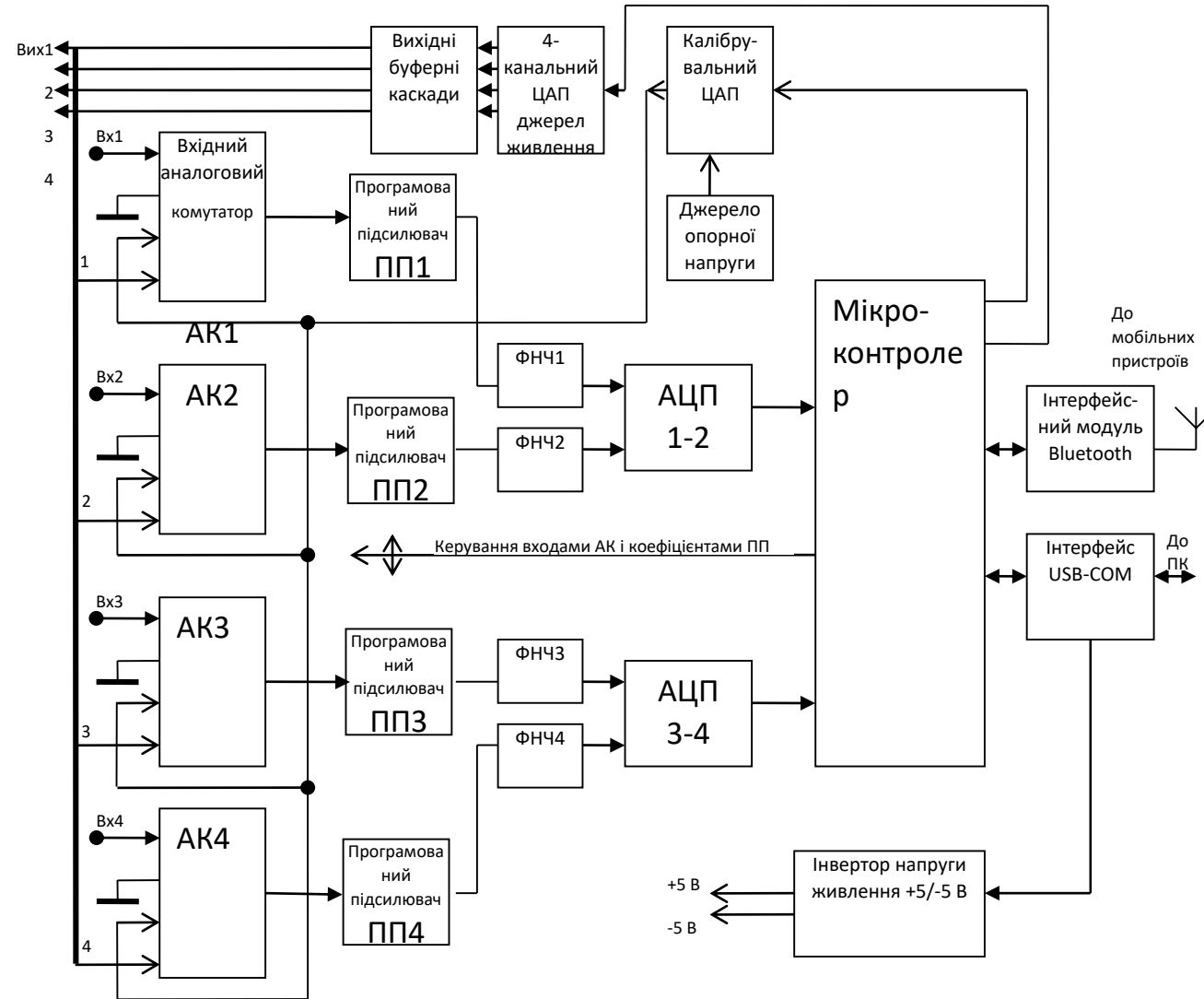
# Структурна схема системи цифрового оброблення аналогових сигналів



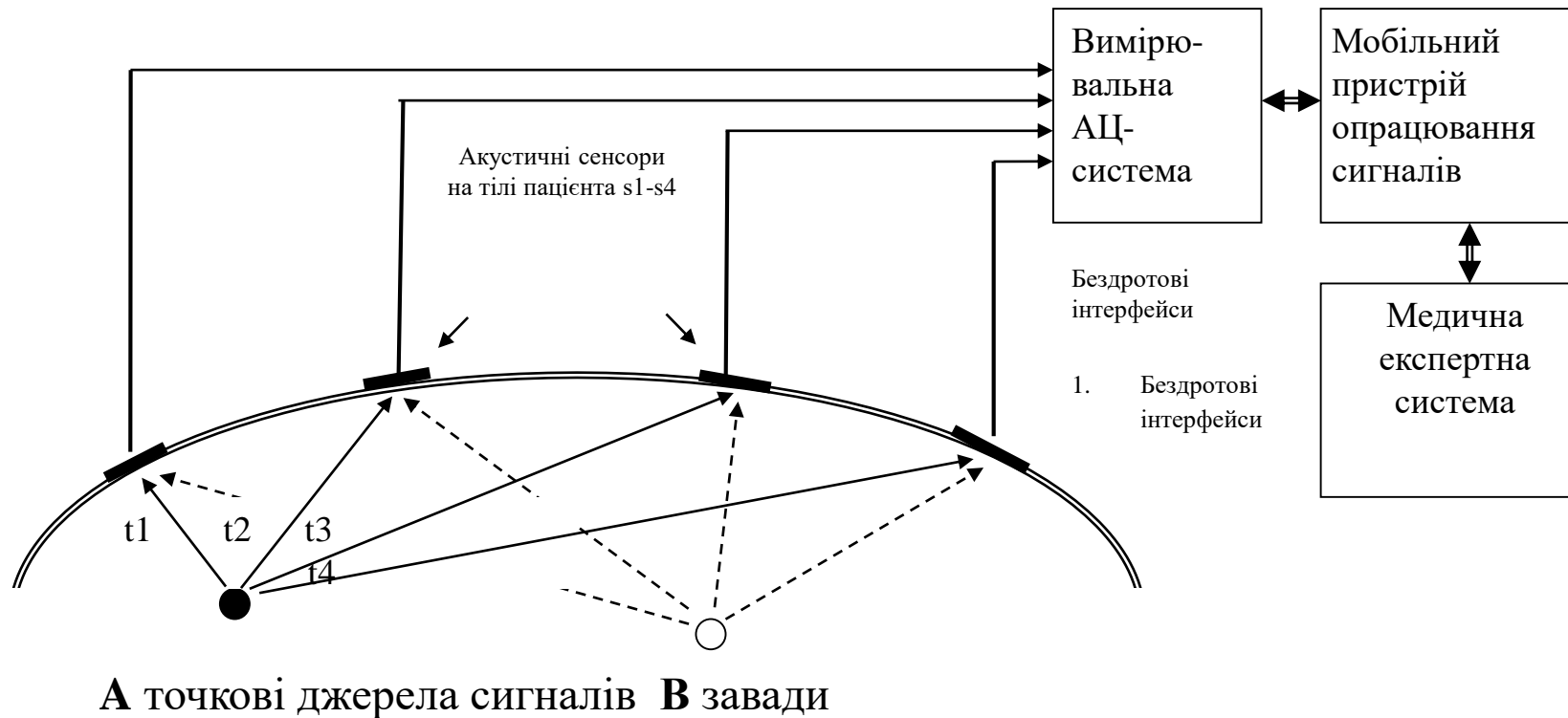
## **У результаті застосування методів коригування статичних і динамічних характеристик досягнуто таких основних технічних параметрів:**

- число вимірювальних каналів – 4;
- число каналів для задання напруг і струмів для живлення активних біомедичних сенсорів – 4;
- тип вхідних та вихідних аналогових сигналів – симетричний;
- рівень напруги вхідних аналогових сигналів – від 0.1 до 1 В;
- смуга частот вхідних сигналів – від 1 до 10000 Гц;
- динамічний діапазон, обмежений відношенням сигнал-шум, – не менше 126 дБ;
- спектральна роздільна здатність – не менше 140 дБ;
- нелінійні спотворення – не більше 0.003%;
- нерівномірність і неідентичність АЧХ/ФЧХ каналів – не більше 0.03 дБ/0.1°;
- інтерфейс даних та керування від ЕОМ і мобільних пристроїв – USB 2.0 і Bluetooth;
- напруга живлення +5 В  $\pm$ 10% від порта USB чи від акумулятора Power-Bank;
- конструктивне виконання – на основі друкованої плати розміром не більше 125\*125\*30 мм;

# Функціональна схема 4-канальної самокаліброваної АЦ-системи



# Схема опрацювання сигналів в біомедичній АЦ-системі пасивної акустичної локації внутрішніх органів людини



# Сумарний сигнал для кожної внутрішньої ТОЧКИ

$$SA(t) = C1(t-t1) + C2(t-t2) + C3(t-t3) + C4(t-t4)$$

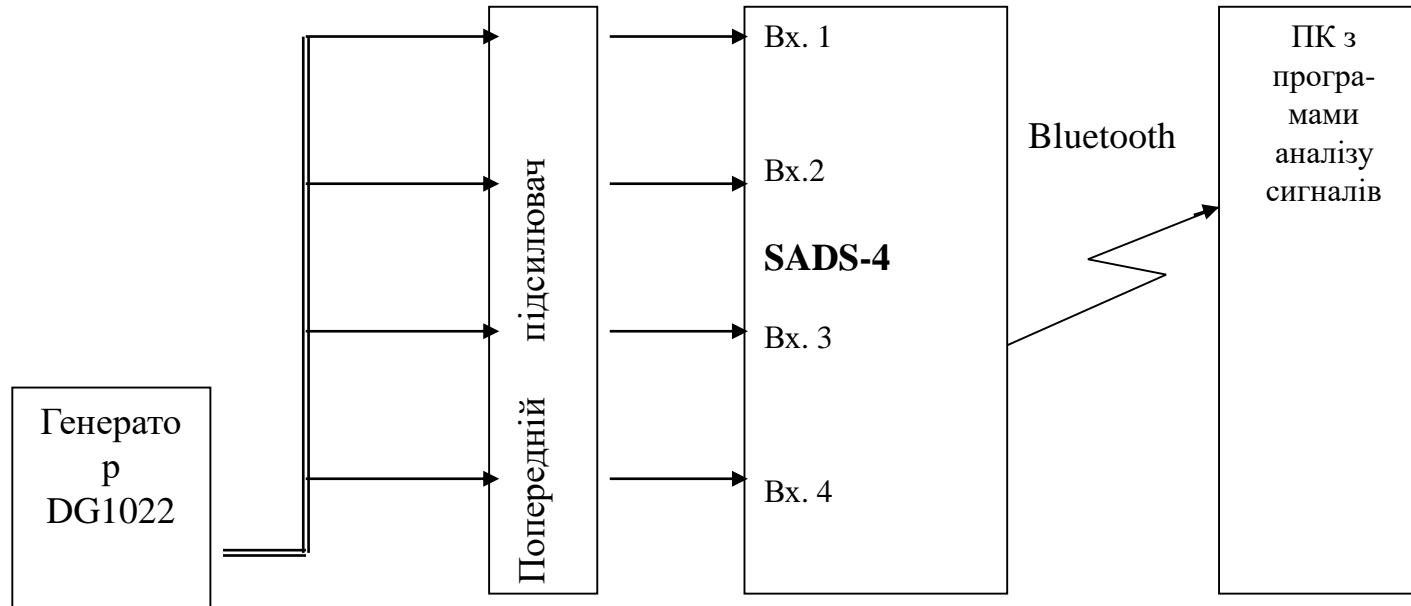
При  $N$  вимірювальних каналах для джерела  $A$  сумарний масив сигналу буде отриманим за таким співвідношенням:

$$S_A(t) = \sum_{i=1}^N a(i) * C_i(t - t_i)$$

# Самокалібрована 4-канальна аналого-цифрова система SADS-4



# Схема досліджень параметрів вимірювальних каналів



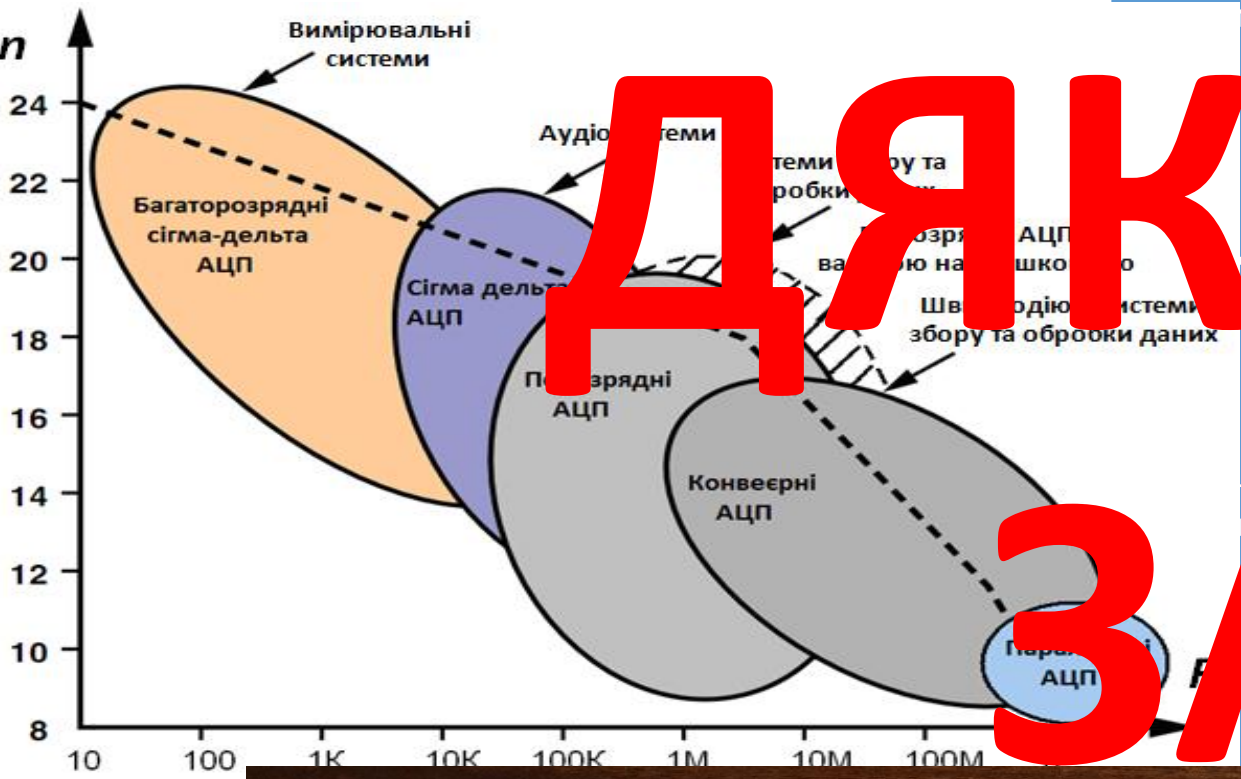


# Результати лабораторних вимірювань параметрів

Назва параметру		Результати вимірювання		Відносна похибка
		приладом		
		ARGUS OXM Pulse Oximeter	Розроблений	
Частота пульсу	Пацієнт 1	72	73	+1,4 %
	Пацієнт 2	75	77	+2,7 %
	Пацієнт 3	64	65	+1,6 %
Рівень кисню в крові	Пацієнт 1	98	99	+1,0 %
	Пацієнт 2	95	96	+1,05 %
	Пацієнт 3	97	98	+1,0 %
Висновок про відповідність				Відповід ає

# Апробація результатів роботи

- IV Міжнародної науково-практичної конференції "Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації", за участі Крупельницький Л.В., Грабчак С.О., Фігас А.С. / Метод та аналого-цифрові засоби пасивного акустичного сканування внутрішніх органів людини./ Україна, Вінниця, 24-25 жовтня 2017 р.: збірник наукових праць.- Вінниця: ВНТУ, 2017. – С.128-130.);
- Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодших науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (МН-2018).



**ДЛЯ КОЖНОГО ПАЦІЄНТА**

Ідентифікатор параметру	Результати вимірювання		Відносна похибка
	Модель	Розроблений	
ARGUMENT	Pulse	meter	
Пацієнт 1	72	73	+1,4 %
Пацієнт 2	75	77	+2,7 %
Пацієнт 3	64	65	+1,6 %
Пацієнт 1	98	99	+1,0 %
Пацієнт 2	95	96	+1,05 %
Пацієнт 3	97	98	+1,0 %



**УВАГУ!**

