

УДК 53.05: 617.753

Тимків П.О.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ВЕРИФІКАЦІЯ УДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ФІЛЬТРУ КАЛМАНА У НИЗЬКОІНТЕНСИВНІЙ ЕЛЕКТРОРЕТИНОГРАФІЇ

Tymkiv P.O.

### VERIFICATION OF IMPROVED METHOD FOR DETERMINING KALMAN FILTER COEFFICIENTS IN LOW-INTENSIVE ELECTRORETINOGRAPHY

В працях Ткачука Р.А., для опрацювання ЕРС використано фільтр Калмана та проведене визначення коефіцієнтів математичної моделі шляхом прямого направленного перебору. Проте автоматизоване швидке переналаштування фільтру Калмана за умови такого визначення коефіцієнтів, для опрацювання низькоінтенсивного ЕРС, не можливе через значну часову складність. Тому, при удосконаленні методу визначення коефіцієнтів необхідно провести верифікацію, тобто оцінювання функціональної повноти, точності і достовірності. Тобто виконати статистичне випробування без нововведення і з нововведенням. Алгоритмом без нововведення вважатимемо алгоритм прямого направленного перебору коефіцієнтів фільтру Калмана для ЕРС запропонованого в роботах Ткачука Р.А..

Характеристика оптимальної обробки та коефіцієнти фільтру визначаються за мінімумом похибки середньоквадратичного відхилення відфільтрованого низькоінтенсивного ЕРС  $\hat{s}(n)$  від еталонного  $s(n)$ :

$$E = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (s(n) - \hat{s}(n))^2}, \quad (1)$$

де  $E|_{\min}$  – критерій оптимальності параметрів фільтру (визначених коефіцієнтів  $b$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ), мінімум середньоквадратичної похибки (СКП).

Для опрацювання візьмемо вибірку з 50 змодельованих сигналів ЕРС у середовищі Matlab (рис.1.).

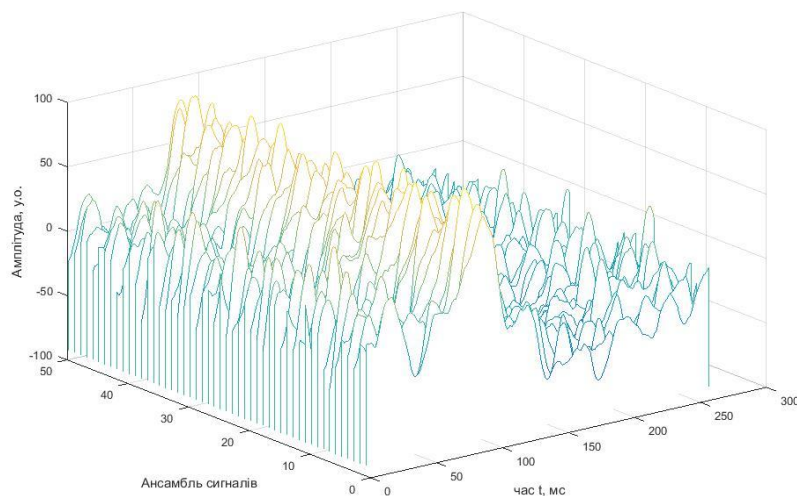
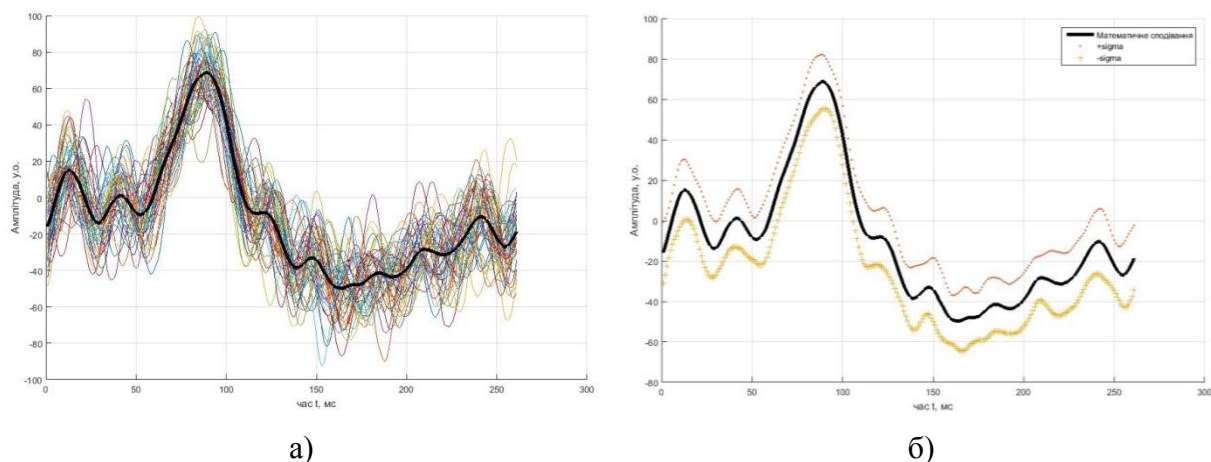


Рис.1. Ансамбль змодельованих ЕРС (n=50)

При цьому обчислимо математичне сподівання та дисперсію вибірки ЕРС (рис.2а та рис.2б.).



а) б)  
Рис2. Графік математично сподівання та дисперсію ансамблю змодельованих ЕРС (тут: товста лінія – математичне сподівання ансамблю ЕРС )

Обчислення СКП при переборі значень з малим кроком потребує значних обчислювальних затрат, тому у удосконаленому методі визначення коефіцієнтів, перебір виконується у декілька ітерацій із зміною кроку та звуженням діапазону значень  $a_1$  та  $v$  на кожній наступній ітерації:

$$a_1^{k+1} \in [\hat{a}_1^k - \Delta a, \hat{a}_1^k + \Delta a], \quad \Delta a = p \cdot (2 - |\hat{a}_1^k|) / k$$

$$v^{k+1} \in [\hat{v}^k - \Delta v, \hat{v}^k + \Delta v], \quad \Delta v = \begin{cases} p \cdot \hat{v}^k / k, & \hat{v}^k < 0.5, \\ p \cdot (1 - \hat{v}^k) / k, & \hat{v}^k \geq 0.5 \end{cases} \quad (2)$$

де  $k$  – номер ітерації;  $\hat{a}_1^k, \hat{v}^k$  – значення коефіцієнту  $a_1$  та визначника  $v$  відповідно, знайдені для  $E|_{\min}$ ;  $p$  – коефіцієнт околу  $\hat{a}_1^k, \hat{v}^k$ ,  $p \in (0,1]$ . Значення коефіцієнтів в кожній ітерації розраховується методом поділу діапазону еквідистантними відрізками. Кількість ітерацій та кроків діапазону задаються фіксовано.

Для дослідження і верифікації методу визначення коефіцієнтів фільтру Калмана необхідно порівняти достовірності результатів визначення коефіцієнтів методом прямого направленного перебору та удосконаленим методом (методом прямого направленного перебору у декілька ітерацій і звуженням кроку перебору). Для цього проведемо визначення середнього середньоквадратичного відхилення (ССКВ) для  $n=50$  серій випробувань.

Таблиця  
Значення середнього середньоквадратичного відхилення (у.о.) при дослідженні серії змодельованих ЕРС

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ССКВ(у.о.)	14,6109	13,6811	14,3283	15,0171	14,2322	14,1950	13,9918	13,4960	14,6264	14,5276
№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ССКВ(у.о.)	13,7703	13,7276	14,0806	13,5806	15,0000	14,0610	14,4856	13,9274	14,8098	14,8987
№	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ССКВ(у.о.)	14,3320	14,3624	14,2733	14,1446	14,3253	14,5915	14,5772	14,6076	15,0439	14,1158
№	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
ССКВ(у.о.)	14,5298	14,4542	15,1291	14,3738	13,8736	15,0340	14,7158	14,3869	14,3924	14,1395
№	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
ССКВ(у.о.)	13,8668	14,4161	14,5561	14,3982	14,1692	14,0570	13,5305	14,6773	14,0819	14,3778

Визначення розподілу ССКВ для удосконаленого методу визначення коефіцієнтів фільтру Калмана та методу-прототипу (прямого направленного перебору) дасть змогу в подальших дослідженнях провести верифікацію удосконаленого методу.