

# ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ У СИСТЕМАХ ПАСИВНОЇ ЗВУКОВОЇ ЛОКАЦІЇ

*Тарасов В.О., Кропачев Д.О., Коржов В.І.*

*КП СКБ "Молнія", 65005, м. Одеса, вул. Прохорівська, 45*

*Телефон: (048) 732-31-64, факс: (048) 732-49-06*

*E – mail: kpmo@farlep.net*

Подана практично реалізована на універсальному обчислювачі квазі-оптимальна структура алгоритмів первинної обробки сигналів у системах пасивної звукової локації, виявлювач якої адаптується не тільки до шумового, але і до сигнального процесу.

The universal computer practical realizing structure of signal primary processing algorithms in passive sound ranging systems, which signal detectors adapt as to a noise process, as to a signal process, are suggested.

## 1. ВСТУП

Традиційно в системах пасивної звукової локації (ПЗЛ) [1] під алгоритмами первинної обробки (ПО) сигналів розуміються алгоритми виявлення й оцінювання параметрів корисних сигналів. Практично реалізовані на сьогоднішній день алгоритми ПО сигналів в системах ПЗЛ, що працюють у реальному масштабі часу (РМЧ), є квазі-оптимальними [2], тобто класичні оптимальні алгоритми виявлення й оцінювання параметрів корисних сигналів (або в узагальненому виді оптимальні алгоритми розрізнення сигналів) [3], спрощуються розроблювачем із метою забезпечення їхньої практичної реалізованості в умовах обмеженості апаратних і обчислювальних ресурсів. При цьому розроблювачі, як правило, жертвують оптимальністю алгоритмів виявлення. Це приводить до зниження імовірності правильного виявлення і розв'язуючої

спроможності. Алгоритми ж оцінювання параметрів корисних сигналів прагнуть реалізувати оптимальним способом.

Головною задачею розроблювача, що створює практично реалізовані алгоритми ПО сигналів у системах ПЗЛ, залишається еволюційне (у міру збільшення апаратних та обчислювальних ресурсів) наближення квазі-оптимальних алгоритмів до оптимальних. На цьому шляху еволюційного розвитку в зв'язку зі швидким ростом продуктивності універсальних обчислювачів представляється доцільним мінімізувати апаратне опрацювання, обмежив його задачі прийомом сигналів, перетворенням їх у цифровий вид, передачею по лінії зв'язку і введенням в універсальний обчислювач. У зв'язку з цим з'являється можливість основний обсяг ПО сигналів у системі ПЗЛ перекласти на універсальний обчислювач і реалізувати ПО в основному на програмному рівні. При такому підході поява в розпорядженні розроблювача більш потужних обчислювальних засобів, дозволяє реалізувати нові структури алгоритмів ПО, які усе більш наближаються до оптимальних, шляхом зміни, в основному, тільки програмно-математичного забезпечення (ПМЗ) ПО сигналів у системах ПЗЛ.

У даній роботі подана практично реалізована на універсальному обчислювачі квазі-

оптимальна структура алгоритмів ПО сигналів в системах ПЗЛ, виявлювач якої адаптується не тільки до шумового, але і до сигнального процесу.

## 2. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

У роботі [2] показано, що однією з найбільш перспективних для практичної реалізації структур є структура алгоритмів ПО на основі комбінації процедур адаптивного виявлення сигналів, попередньої фільтрації і кросс-коррелятора. У роботі [2] також описана практична реалізація квазі-оптимальної ПО сигналів в системах ПЗЛ, котра заснована на комбінації процедур виявлення сигналів адаптивним (до рівня шуму) виявлювачем і оцінювання параметрів сигналів кросс-коррелятором і реалізована у виді комплексу ПМЗ, що працює в реальному масштабі часу на універсальному обчислювачі IBM PC 486. Макет, що реалізує цю структуру алгоритмів квазі-оптимальної ПО сигналів в системі ПЗЛ був випробуваний у польових умовах. Результати іспитів показали, що по основним тактико-технічним параметрам макет задовольняє запропонованим сьогодні до нього вимогам. Однак відповідно до результатів роботи [2] наступним закономірним кроком по шляху розвитку поданої структури алгоритмів квазі-оптимальної ПО сигналів в системі ПЗЛ є доробка виявлювача поданої структури ПО сигналів в системі ПЗЛ, тобто адаптація виявлювача не тільки до шумового, але і до сигнального процесу і, таким чином, еволюційний перехід до повноцінного адаптивного виявлювача.

Відповідно до концепції еволюційного (у міру збільшення апаратних і обчислювальних ресурсів) наближення квазі-оптимальних алгоритмів до оптимальних на сьогоднішній день можна запропонувати наступну практичну реалізацію квазі-оптимальної структури алгоритмів ПО сигналів в

системах ПЗЛ, виявлювач якої адаптується не тільки до шумового, але і до сигнального процесу і яка може бути реалізована у виді комплексу ПМЗ, що працює в РМЧ на універсальному обчислювачі (рис.1).

У поданій на рис.1 структурі квазі-оптимальних алгоритмів ПО сигналів в системі ПЗЛ можна виділити наступні основні етапи обробки:

- прийом акустичних сигналів звукоприймальними пристроями (ЗП) на лінійній акустичній базі (АБ), перетворення сигналів ЗП у цифровий вид у частотному діапазоні 5 - 120 Гц, передача сигналів ЗП по лініях зв'язку і введення їх в буфер обчислювача (блоки 1 і 2);
- фільтрація фільтром із смугою пропускання 5-40Гц (блок 3), оцінка рівнів шумів і адаптація до них рівнів виявляючих порогів (блок 4), виявлення, оцінка моменту приходу і виділення корисних сигналів, оцінка відношення сигнал/шум (блок5);
- відсівання сигналів балістичної хвилі, що використовує сигнальні фрагменти в діапазоні 5 - 120 Гц (блоки 6 і 7), і відсівання інших "завадових" сигналів (блоки 8 і 9);
- класифікація вибірки зареєстрованих корисних сигналів по переважному значенню відношення сигнал/шум (блок 10);
- накопичення заданого числа виділених корисних сигналів і тимчасове припинення уведення вхідної інформації (блок 11);
- формування можливих пар сигналів, що відповідають тому самому джерелу (блок 12), визначення класу виділених корисних сигналів по їх тимчасовій і частотній структурі (блок 13), визначення класу пари (блок 14), виділення найбільш ймовірної пари сигналів із сформованих пар і визначення необхідності взаємо-корреляційної обробки сигналів пари (блок 15);
- оцінювання параметрів сигналів і взаємо-корреляційне оцінювання затримки між сигналами

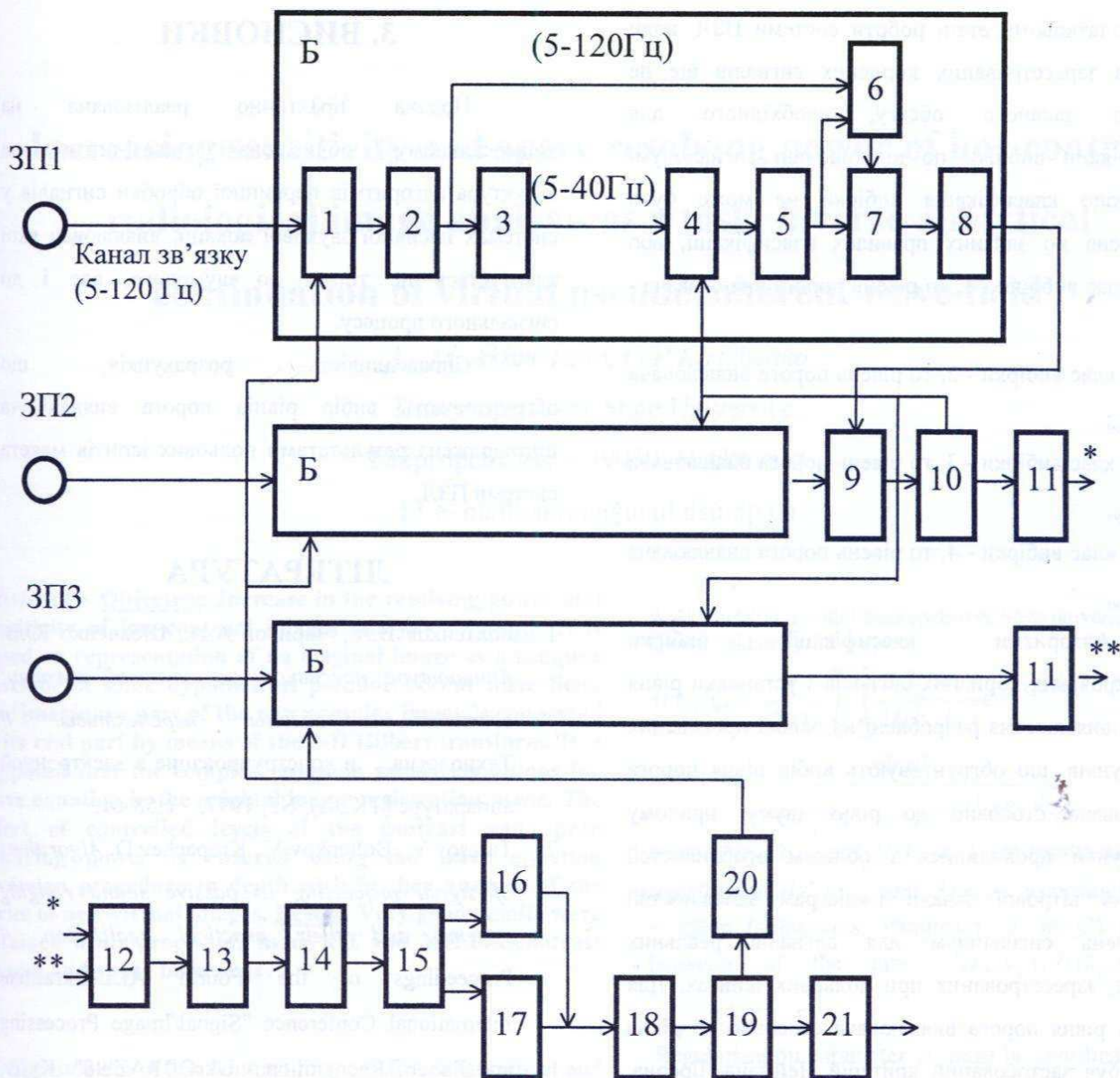


Рис.1. Структура ПО сигнали в системі ПЗЛ, заснована на комбінації процедур виявлення сигналів адаптивним виявлювачем і оцінювання параметрів сигналів кросс-коррелятором і реалізована у виді комплексу ПМЗ, що працює в РМЧ на універсальному обчислювачі.

(блоки 16 і 17), формування вихідних кодограм (блок 18) і передача їх через вихідний буфер (блок 19) на універсальний обчислювач вторинної обробки (блок 21);

- очищення робочих масивів пам'яті й ініціалізація подальшого введення вхідної інформації (блок 20).

У блоці 10 класифікація вибірки зареєстрованих корисних сигналів за значенням відношення сигнал/шум здійснюється в такий спосіб:

- якщо вибірка зареєстрованих корисних сигналів заданого об'єму є рівно ймовірною по відношенню сигнал/шум, то клас вибірки - 1;

- якщо у вибірці зареєстрованих корисних сигналів заданого об'єму переважають сигнали з відношенням сигнал/шум  $> 15$ , то клас вибірки - 2;

- якщо у вибірці зареєстрованих корисних сигналів заданого об'єму переважають сигнали з відношенням  $8 \leq \text{сигнал/шум} \leq 15$ , то клас вибірки - 3;

- якщо у вибірці зареєстрованих корисних сигналів заданого об'єму переважають сигнали з відношенням сигнал/шум  $< 8$ , то клас вибірки - 4.

У блоці 4 рівень порога виявлювача задається в такий спосіб:

- на початковому етапі роботи системи ПЗЛ, коли вибірка зареєстрованих корисних сигналів ще не досягла заданого обсягу, необхідного для класифікації вибірки по відношенню сигнал/шум, або якщо класифікація вибірки не може бути проведена по заданих правилах класифікації, або якщо клас вибірки - 1, то рівень порога виявлювача -  $7\sigma_{\text{шуму}}$ ;

- якщо клас вибірки - 2, то рівень порога виявлювача -  $8\sigma_{\text{шуму}}$ ;

- якщо клас вибірки - 3, то рівень порога виявлювача -  $5\sigma_{\text{шуму}}$ ;

- якщо клас вибірки - 4, то рівень порога виявлювача -  $4\sigma_{\text{шуму}}$ .

Алгоритми класифікації вибірки зареєстрованих корисних сигналів і установки рівня порога виявлювача розроблені на основі проведених розрахунків, що обґрунтовують вибір рівня порога виявлювача стосовно до рівня шуму, причому розрахунки проводилися з обліком особливостей реальної вітрової завади і діаграм залежностей відношень сигнал/шум для сигналів реальних джерел, зареєстрованих при польових іспитах. Для вибору рівня порога виявлювача стосовно до рівня шуму був застосований критерій Неймана-Пірсона, який наказує добиватися забезпечення порогом виявлювача мінімальної імовірності пропуску сигналів при обмеженні зверху на імовірність помилкової тривоги.

Справедливість розрахунків, що обґрунтовують вибір рівнів порога виявлювача підтверджена результатами польових іспитів макета системи ПЗЛ, у якому була реалізована структура ПО сигналів в системі ПЗЛ, заснована на комбінації процедур виявлення сигналів адаптивним до рівня шуму виявлювачем і оцінювання параметрів сигналів кросс-коррелятором [2], зокрема результатами польових іспитів макета при рівнях порога виявлювача -  $7\sigma_{\text{шуму}}$  і  $4\sigma_{\text{шуму}}$ .

### 3. ВИСНОВКИ

Подана практично реалізована на універсальному обчислювачі квазі-оптимальна структура алгоритмів первинної обробки сигналів у системах пасивної звукової локації, виявлювач якої адаптується не тільки до шумового, але і до сигнального процесу.

Справедливість розрахунків, що обґрунтовують вибір рівнів порога виявлювача підтверджена результатами польових іспитів макета системи ПЗЛ.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Болтенков В.А., Чариков А.Н., Шевченко Ю.В. *Аппаратура пассивной звуковой локации: состояние, проблемы, перспективы.* // Технология и конструирование в электронной аппаратуре (ТКЭА), N3, 1997, с.58-61.
2. Tarasov V., Boltenev V., Kropachev D. *Algorithms of signal processing in passive sound ranging systems and their practical realization.* // Proceedings of the Fourth ALL-Ukrainian International Conference "Signal/Image Processing and Pattern Recognition - UkrOBRAZ'98". Kyjiv, 1998, P. 141-142.
3. Сосулин Ю.Г. *Теория обнаружения и оценивания стохастических сигналов.* - М.: Сов. радио, 1978. - 320с.