

**Секція 3**  
**ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ В**  
**АВТОМАТИЗОВАНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-**  
**ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ**

УДК 621.37

*Бугайов. М.В., канд. техн. наук., старш. наук. співробітник*  
*НДЛ РРТР НЦ*

*Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова*

**МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ СПЕКТРУ ДЛЯ**  
**СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РАДІОКОНТРОЛЮ**

На сьогоднішній день простежується тенденція до підвищення завантаженості радіочастотного спектру, що пов'язано зі стрімкою інформатизацією та комп'ютеризацією сучасного суспільства. У деяких частотних діапазонах завантаженість може складати 30-50 % і навіть більше. Тому оцінювання завантаженості радіочастотного спектру та визначення параметрів радіовипромінювань є важливим та актуальним завданням систем автоматичного радіоконтролю.

Відомі методи вирішення вказаного завдання передбачають оцінювання рівня шуму, що вимагає додаткових обчислювальних затрат через необхідність згладжування спектральних оцінок. Крім того значення оцінок потужності шуму будуть завищеними і залежатимуть від завантаженості та особливостей розрахунку спектрів і потребуватимуть коректувань [1].

Сутність завдання полягає в тому, щоб у широкій смузі частот на фоні адитивного шуму  $\xi(n)$  з невідомою потужністю виявити та визначити частотні межі невідомої кількості вузькосмугових радіосигналів. Позначимо відліки прийнятої сигнальної суміші  $x(n) = s(n) + \xi(n)$ ,  $n = 1, 2, \dots, N$ ,  $s(n)$  – сигналні відліки прийнятої реалізації випадкового процесу.

Виявлення вузькосмугових сигналів і визначення їх частотних меж здійснюють на основі ітеративного алгоритму [2]. Суттєвим недоліком даного алгоритму є те, що при високих значеннях відношення сигнал-шум він може ставати нестійким – усі частотні відліки спектру буде віднесено до сигналних. Стійкість також може втрачатися при збільшенні довжини вікна швидкого перетворення Фур'є (ШПФ).

Підвищити стійкість даного алгоритму запропоновано шляхом розрахунку значень відліків спектральної щільності потужності (СЦП) відповідно до такого виразу [3]:

$$X_w(k) = \left| \sum_{n=1}^N x(n)w(n)e^{-j2\pi k \frac{n}{N}} \right|^3, \quad 0 \leq k \leq N-1, \quad (1)$$

де  $w(n)$  – відліки віконної функції,  $N$  – довжина ШПФ.

Даний підхід також забезпечує найвищу ймовірність виявлення вузькосмугових сигналів при фіксованому значенні ймовірності хибної тривоги. Для абсолютно стійкої роботи алгоритму запропоновано незначно (на 10-20 % в залежності від довжини вікна ШПФ) підвищити порогове значення вирішуючої статистики  $Q$ . Підвищення стійкості досягається за рахунок відкидання деякої кількості сигнальних відліків. Порогове оброблення вирішуючої статистики та частотних відліків СЩП наведено на рис. 1а та б відповідно. Завантаженість ділянки спектру, що підлягає аналізу, визначається точкою перетину лінії для  $Q$  з новим значенням порогу. Динамічний діапазон сигналів, при якому метод залишається роботоздатним, складає не менше 20 дБ.

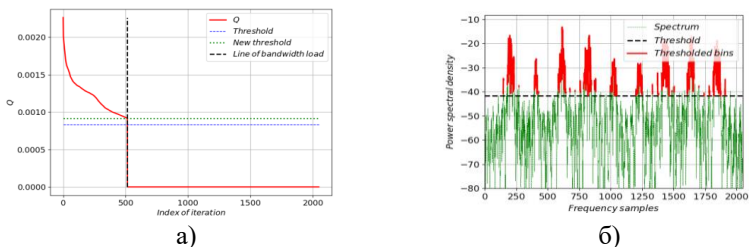


Рис. 1. Порогове оброблення вирішуючої статистики (а) та СЩП (б)  
Запропонований метод може бути використаний при оцінюванні завантаженості спектру в системах автоматичного радіомоніторингу.

#### Список використаних джерел

1. Рембовский А. М., Ашихмин А. В., Козьмин В. А. Радиомониторинг: задачи, методы, средства / 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Горячая линия–Телеком, 2012. 640 с.
2. Бугайов М. В. Ітеративний метод виявлення вузькосмугових сигналів на основі аналізу коефіцієнта варіації спектральних оцінок // XI науково-практична конференція "Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення". 8-9 листопада 2018 року. Київ : ВІТІ, 2018. С. 69–70.
3. Бугайов М. В. Узагальнений енергетичний детектор з ітеративним обробленням вузькосмугових сигналів у частотній області // Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування. Київ : КПІ, 2019. № 78. С. 27-35.