

**ОЦІНКА ФАЗИ РАДІОСИГНАЛУ СПІЛЬНО З УСІЧЕНИМ  
ОЦІНЮВАННЯМ ДИСПЕРСІЇ АДИТИВНОЇ  
АСИМЕТРИЧНО-ЕКСЦЕСНОЇ ЗАВАДИ**

*Гончаров А. В., к.т.н., доцент; Уманець В. М., аспірант; Андреев М. В.  
Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна*

Сучасний стан розвитку радіотехніки і теорії обробки інформації зумовлюють зацікавленість у проведенні досліджень, які стосуються проблем оцінювання параметрів інформаційних сигналів, що спостерігаються на тлі завад. В більшості випадків використовуються відомі класичні методи [1], які дозволяють просто і досить ефективно отримати оцінки параметрів сигналів з використанням гаусівських моделей випадкових сигналів. Як показано в роботах [2, 3], використання методів, що базуються на застосуванні негаусівських моделей завад, дозволяють підвищити точність обробки параметрів сигналів та завад. В даній роботі пропонується адаптувати теорію стохастичних поліномів Кунченка [4] для знаходження оцінки фази радіосигналу спільно з усіченим оцінюванням дисперсії асиметрично-ексцесної завади. При чому для оцінювання фази радіосигналу використовується метод максимізації полінома [2–4], а для кумулянта другого порядку (дисперсії) завади — метод максимізації усіченого стохастичного полінома [2, 3].

**Отримані результати**

Відповідно до методів максимізації полінома та максимізації усіченого стохастичного полінома, оцінки зазначених параметрів знаходяться зі спільного розв'язку системи рівнянь:

$$\begin{cases} \left. \sum_{i=1}^s \sum_{v=1}^n h_{i(s)1v}(\vec{\vartheta}) [x_v^i - m_{iv}(\vec{\vartheta})] \right|_{\substack{\varphi_0 = \hat{\varphi}_0 \\ \chi_2 = \hat{\chi}_2}} = 0, \\ \left. \sum_{i=1}^s \sum_{v=1}^n h_{i(s)[2]v}(\vec{\vartheta}) [x_v^i - m_{iv}(\vec{\vartheta})] \right|_{\substack{\chi_2 = \hat{\chi}_2 \\ \varphi_0 = \hat{\varphi}_0}} = 0, \\ i \neq (c, e, \dots, l) \end{cases}$$

де  $m_{iv}(\vec{\vartheta})$  — початкові моменти досліджуваної випадкової величини, що представляє собою адитивну суміш радіосигналу та асиметрично-ексцесної завади,  $x_v$  — незалежні неоднаково розподілені вибіркові значення випадкової величини  $\xi$ ,  $v = 1, n$  — порядковий номер вибіркового значення,  $n$  — обсяг вибірки,  $s$  — степінь стохастичного полінома;  $h_{i(s)1v}(\vec{\vartheta})$  — оптимальні коефіцієнти, що забезпечують мінімальні дисперсії оцінок фази радіо-

сигналу, знайдених методом максимізації полінома, коефіцієнти  $h_{i(s)[2]v}(\vec{\Theta})$  забезпечують мінімум дисперсій оцінок  $\chi_2$ , знайдених методом максимізації усеченого стохастичного полінома; а  $\vec{\Theta} = (\varphi_0, \chi_2)$  — вектор параметрів, що оцінюються.

Ефективність оцінок, отриманих при різних степенях стохастичного полінома, визначається за допомогою асимптотичних дисперсій оцінок:

$$\sigma_{(\varphi_0)s}^2 = \frac{J_{sn}^{(2,2)}(\vec{\Theta})}{\det \|J_{sn}(\vec{\Theta})\|},$$

де  $\det \|J_{sn}(\vec{\Theta})\|$  — визначник матриці кількості добутої інформації,

$J_{sn}^{(m,k)}(\vec{\Theta})$  — елементи матриці, які відповідно дорівнюють:

$$J_{sn}^{(m,k)}(\vec{\Theta}) = \sum_{v=1}^n \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s h_{i(s)mv}(\vec{\Theta}) h_{j(s)kv}(\vec{\Theta}) K_{(i,j)v}(\vec{\Theta}), m, k = \overline{1,2}$$

Кількісно визначити зменшення дисперсій отриманих оцінок фази радіосигналу можливо за допомогою коефіцієнтів зменшення дисперсій:

$$g_{(\varphi_0)sk} = \frac{\sigma_{(\varphi_0)s}^2}{\sigma_{(\varphi_0)k}^2},$$

де  $\sigma_{(\varphi_0)s}^2$  та  $\sigma_{(\varphi_0)k}^2$  — дисперсії оцінок фази радіосигналу, розраховані при різних степенях стохастичного полінома.

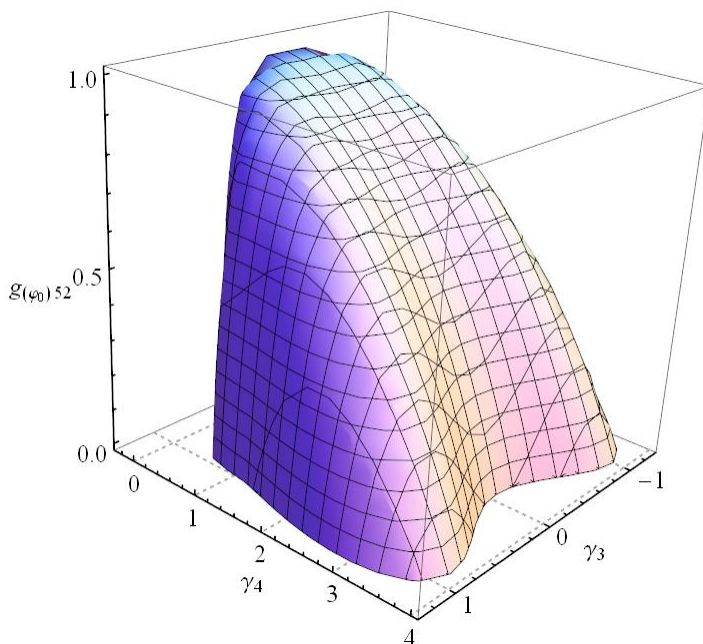


Рисунок 1. Залежність коефіцієнта зменшення дисперсії  $g_{(\varphi_0)52}$  від  $\gamma_3$  та  $\gamma_4$

Результати приведено на рис. 1 у вигляді графіка функції коефіцієнта зменшення дисперсій оцінок  $g_{(\varphi_0)52}$ , які отримано при степенях стохастичного полінома  $s = 5$  та  $s = 2$ . Видно, що по мірі наближення коефіцієнтів асиметрії  $\gamma_3$  та ексцесу  $\gamma_4$  до границі області допустимих значень, ефективність поліноміальних методів, які базуються на використанні негаусівських моделей завад, збільшується. Ефективність запропонованих методів також збільшу-

ється у випадку зростання степеня полінома. Застосування методу максимізації усіченого стохастичного полінома для оцінювання кумулянта другого порядку  $\chi_2$  асиметрично-ексцесної завади дозволяє спростити розрахунки та зменшити обчислювальні ресурси, порівняно з методом максимізації полінома.

#### **Література**

1. Кунченко Ю. П. Полиномиальные оценки параметров близких к гауссовским случайных величин. Часть 1. Стохастические полиномы, их свойства и применение для нахождения оценок параметров / Ю. П. Кунченко — Черкассы: ЧИТИ, 2001. — 133 с.
2. Гончаров А. В. Оцінка амплітуди радіосигналу спільно з усіченим оцінюванням параметрів адитивної асиметричної завади / А. В. Гончаров, В. М. Уманець, А. В. Бондаренко // Вісник ЧДТУ. — Черкаси: ЧДТУ, 2013. — № 4. — С. 83—88.
3. Гончаров А. В. Спільне оцінювання фази радіосигналу та параметрів асиметричної завади з використанням усічених поліномів Кунченка / А. В. Гончаров, В. М. Уманець // SMSDP-2013: праці міжнародної науково-практичної конференції, 16–17 жовтня 2013 р. : тези доп. — К. : НАУ, 2013. — С. 104—107.
4. Кунченко Ю. П. Стохастические полиномы / Ю. П. Кунченко — К. : Наук. думка, 2006. — 275 с.

#### **Анотація**

В даній роботі представлено матеріал, що стосується спільного оцінювання фази радіосигналу та дисперсії асиметрично-ексцесної завади з використанням методу максимізації усіченого стохастичного полінома. Асиметрично-ексцесна завада характеризується кумулянтними коефіцієнтами третього і четвертого порядку. Досліджено статистичні властивості отриманих оцінок.

Ключові слова: асиметрично-ексцесна завада, стохастичний поліном, метод максимізації усіченого стохастичного полінома, коефіцієнт асиметрії, коефіцієнт ексцесу, асимптотична дисперсія оцінки.

#### **Аннотация**

В данной работе представлен материал, касающийся общего оценивания фазы радиосигнала и дисперсии асимметрично-эксцессной помехи с использованием метода максимизации усеченного стохастического полинома. Асимметрично-эксцессная помеха характеризуется кумулянтными коэффициентами третьего и четвертого порядка. Исследованы статистические свойства полученных оценок.

Ключевые слова: асимметрично-эксцессная помеха, стохастический полином, метод максимизации усеченного стохастического полинома, коэффициент асимметрии, коэффициент эксцесса, асимптотическая дисперсия оценки.

#### **Abstract**

This article carries the material about joint estimation of radio signal phase and dispersion of a skewness-kurtosis interference using the method of maximization of truncated stochastic polynomial. The skewness-kurtosis interference is characterized by cumulant coefficients of the third and fourth order. The statistical properties of estimations are analyzed.

Keywords: skewness-kurtosis interference, stochastic polynomial, method of maximization of truncated stochastic polynomial, coefficient of skewness, coefficient of kurtosis, dispersion, asymptotic estimation dispersion.