

# ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ОБРОБЛЯННЯ СИГНАЛІВ ЗА НЕУЗГОДЖЕНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

У статті розроблено метод спеціального вагового оброблення із застосуванням квазіоптимальних вагових коефіцієнтів, що забезпечує низький рівень бічних пелюсток за контрольованих втрат у відношенні сигнал / шум.

## ВСТУП

Практична значимість роботи визначається запропонованим підходом до вирішення обчислювальної задачі розрахунку та дослідження підходів функції невизначеності за неузгодженого оброблення сигналів для виявлення оптимальних вагових коефіцієнтів фільтра вихідних сигналів з нульовим рівнем бічних пелюсток, що призводить до зменшення імпульсної потужності випромінювання.

Поняття функції невизначеності було введено П. М. Вудвордом для вирішення завдання, пов'язаного з перетворенням відзеркаленого сигналу (відгуку) фільтром, налаштованим на випромінюваний сигнал [1]. Однією з важливих характеристик взаємної функції невизначеності є рівень бічних пелюсток, який у більшості випадків намагаються зменшити [2—4]. При цьому функція невизначеності Вудворда вже не характеризує сигнал на виході узгодженого фільтра, тому вводять функцію невизначеності просторовості розподіленого об'єкта.

*Мета статті* — аналізування сигналів, які мають невелику потужність випромінювання порівняно з імпульсними сигналами.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Функція невизначеності (ФН) відповідає частотно-часовій функції відгуку, що спостерігається на виході узгодженого фільтра. Розглянуто два підходи дослідження функції невизначеності за узгодженого та неузгодженого оброблення. Для обох цих ФН є вагомим спроможність радіолокатора до відмінності сигналів, якщо вони відрізняються за часом надходження та / або за частотним зміщенням. З точки зору вимірювання корисних параметрів сигналу, в першу чергу, представляє інтерес аналіз взаємних функцій невизначеності (ВФН) сигналу і фільтра (відгуку фільтра).

У загальному виді вираз для ВФН можна записати так:

$$\chi_{sw}(kT_0, f) = \sum_{n=1}^N w_n^* s_{n-k} e^{-j2\pi n f T_0}, \quad (1)$$

де  $f$  — частота Допплера;  $S_{n-k}$  — комплексна амплітуда сигналу, затриманного на  $kT_0$  позицій;  $w_n^*$  — комплексна амплітуда опорного сигналу (фільтра).  $T_0$  — період сигналу,  $k$  — числовий коефіцієнт зміщення,  $N$  — число елементів в сигналі,  $n = N - 1$ .

Для періодичного сигналу такий вираз має вид:

$$\chi_{sw}(kT_0, l\Delta f) = \sum_{n=0}^{N-1} w_n^* s_{(n+k) \bmod N} e^{-j2\pi \frac{nl}{4N}}, \quad (2)$$

де  $l$  — дискретне значення доплерівського зсуву,  $\Delta f$  — частота,  $s_{(n+k) \bmod N}$  — комплексна амплітуда періодичного сигналу по модулю  $N$ .

Оптимальні вагові коефіцієнти фільтра були розраховані із виразу [3]:

$$W = R^{-1}S, \quad (3)$$

де  $R$  — кореляційна матриця перешкоди,  $S$  — вектор-стовбець сигналу,  $W$  — вектор-стовбець оптимального фільтра.

У середовищі Matlab була розроблена програма для узгодженої та неузгодженої фільтрації, для зна-

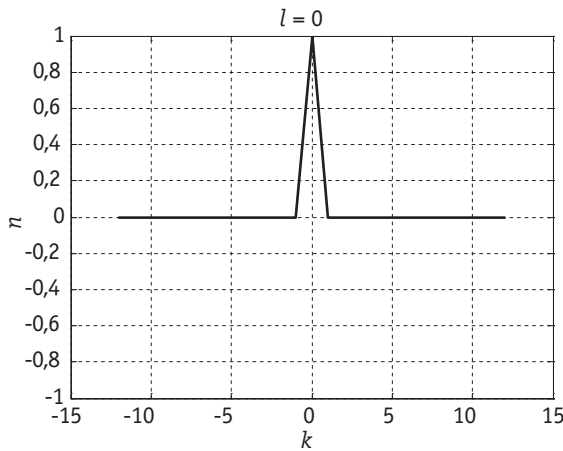
ходження вагових коефіцієнтів оптимального фільтра та кількісного показника втрати за шумами [4]:

$$\rho = \frac{(w^* s)^2}{w^* w \cdot s^* s}, \quad (4)$$

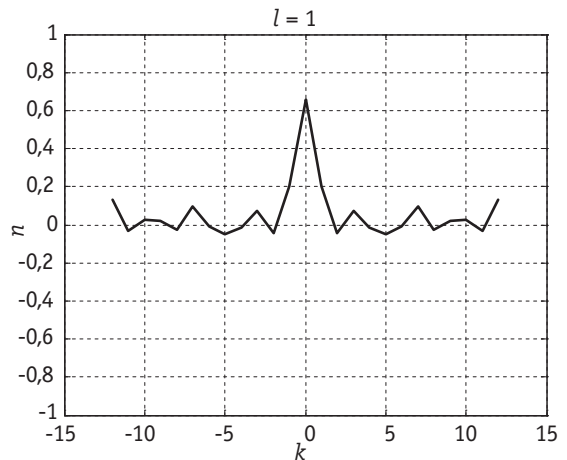
де  $s, w$  — комплексні амплітуди сигналу та фільтра,  $s^*, w^*$  — спряжені комплексні амплітуди сигналу та фільтра відповідно.

Розглянемо графіки сигналу на виході фільтра за узгодженого та неузгодженого оброблення залежно від доплерівського зсуву частоти для періодичного сигналу наступного виду  $s = [1; 1; 1; 1; 1; -1; -1; 1; 1; -1; -1; 1; 1; -1; 1; -1; 1]$ ,  $N = 13$ . Результати розрахунку періодичного сигналу подано на рисунку.

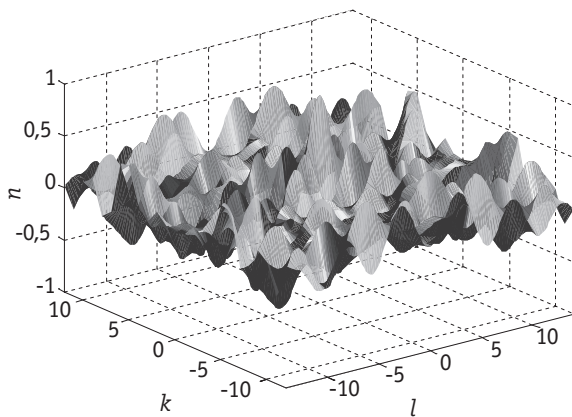
На рисунку а) подано графік ВФН періодичного сигналу  $[1; 1; 1; 1; 1; -1; -1; 1; 1; -1; -1; 1; 1; -1; 1; -1; 1]$  за  $l = 0$ . На рисунку б) подано графік ВФН того ж сигналу за  $l = 1$ . На рисунку в) показана форма ВФН, а на рисунку г) подано поверхню ВФН в розрізі. Розраховані в програмі Matlab вагові коефіцієнти:  $w = [0,0667; 0,0667; 0,0667; 0,0667; 0,0667; -0,1000; -0,1000; 0,0667; 0,0667; -0,1000; 0,0667; -0,1000; 0,0667]$ , кількісний показник втрати по шумам складає  $\rho = 0,9615$ .



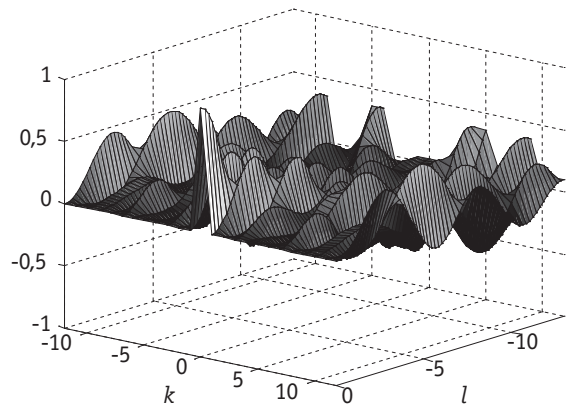
а)



б)



в)



г)

Результати показують, що оптимальний фільтр, розрахований для періодичного сигналу, повністю придушує бічні пелюстки за нульового значення доплерівського зсуву. За значення доплерівського зсуву  $l = 1$  придушення бічних пелюсток є частковим.

**ВИСНОВКИ**

Придушення бічних пелюсток сприяє зменшенню рівня шкідливого випромінювання в довкілля,

що є однією з важливих переваг, а також сприяє зменшенню рівня фонового шуму в антені. Виходячи з того, що фоновий шум переважно створюється через відмінності амплітуд і частот бічних пелюсток від основного, у подальших роботах планується розроблення спільної та одночасної оптимізації сигналів та фільтрів за контрольованого співвідношення сигнал / шум.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Варакин Л.Е. Теория сложных сигналов. — М. : Изд-во «Советское радио», 1970. — 376 с.
2. Кошевой В. М., Шаповалова А.О. Оптимізація фільтрів придушення бічних пелюсток взаємної функції невизначеності періодичних сигналів при додаткових обмеженнях. — Судовождение : Сб. научн. трудов. ОНМА. — Вып. 20. — Одесса : «ИздатИнформ», 2011. — С. 99—109.
3. Кошевой В. М., Долженко Д. О. Методы синтеза дискретно-кодированных сигналов на основе использования их спектральных свойств. — Судовождение : Сб. научн. трудов. ОНМА. — Вып. 20. — Одесса : «ИздатИнформ», 2011. — С. 109—117.
4. Кошевой В. М. Свердлик М. Б. О возможностях полного подавления боковых лепестков взаимной функции неопределенности в заданной области // Радиотехника и электроника. — 1974. — № 9. — С. 56—64. ■

*І. Я. Горішна, аспірант,  
Одеська національна морська академія, м. Одеса*

**НОВИНИ ISO**

**ЗАОЩАДЖУЄМО ЕНЕРГІЮ З НОВИМ СТАНДАРТОМ ISO**

**В**ід перекачування води зі свердловини до уприскування палива у вашому автомобілі та навіть під час виробництва лікарських засобів повсюдно використовують насосні системи. Але часто вони отримують енергії для роботи більше, ніж насправді необхідно. Новий міжнародний стандарт ISO прагне змінити все: від збереження планети до економії наших грошей.

Насосні системи використовують у будівництві та на транспорті для переміщення рідин через різні сфери застосування протягом виробничого процесу.

Новий міжнародний стандарт *ISO/ASME 14414 «Насосні системи. Оцінювання запасу енергії»* спрямовано на зниження енергоспоживання, що дає змогу організаціям ефективно визначати мінімаль-

ну кількість енергії, необхідну різним насосним системам, таким чином дозволяючи поліпшити ефективність використання енергії й згодом зменшити витрату палива та обсяг викиду вуглеводню.

Розроблений у співпраці з Американським товариством інженерів-механіків (ASME) ISO/ASME 14414 встановлює вимоги щодо проведення та представлення результатів оцінювання насосної системи, що дає змогу не лише обчислити поточне споживання об'єктом енергії, але й визначити шляхи скорочення її витрат та підвищення ефективності.

З проведенням загального технічного завдання, що охоплює узгодженість між організаціями і країнами, послуги з оцінювання стають набагато простішими. ■

