

УДК 621.39

Г.В. Певцов<sup>1</sup>, А.Я. Яцуценко<sup>1</sup>, Д.В. Карлов<sup>1</sup>, М.Ф. Пічугін<sup>1</sup>, Ю.В. Трофименко<sup>1</sup>,  
О.Ю.Чернявський<sup>2</sup>, М.В. Борцова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

<sup>2</sup> Національний технічний університет «ХПИ», Харків

<sup>3</sup> Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського „ХАІ”

## ЕНЕРГЕТИЧНЕ ВИЯВЛЕННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРИВАЛОГО НЕМОДУЛЬОВАНОГО РАДІОСИГНАЛУ В АКТИВНО-ПАСИВНІЙ БАГАТОПОЗИЦІЙНІЙ РАДІОЛОКАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОВНОГО ВЕКТОРА ШВИДКОСТІ ЦІЛІ ІЗ ЗАДАНОЮ МОЖЛИВОЮ ТОЧНІСТЮ

*Розглядається спосіб енергетичного виявлення та оцінювання параметрів тривалого немодульованого радіосигналу в активно-пасивній багатопозиційній радіолокаційній системі та визначення повного вектора швидкості цілі із заданою можливою точністю.*

**Ключові слова:** енергетичне виявлення, оцінювання параметрів тривалого немодульованого радіосигналу, активно-пасивна багатопозиційна радіолокаційна система (БП РЛС).

### Вступ

#### Загальна постановка проблеми, аналіз останніх досягнень і публікацій

Використання високоточної зброї на сучасному рівні розвитку новітніх технологій накладає нові вимоги до інформаційного забезпечення бойових дій угруповання сухопутних військ.

Відомо, що система із деякої сукупності засобів радіолокаційної розвідки завжди має кращі показники будь-якого її елемента. Вона має кращу живучість, більшу надійність, нові якісні показники. Відомим є спосіб інтегрування засобів розвідки, ураження і радіоелектронного придушення.

Створення багатопозиційної активно-пасивної радіолокаційної системи із змінним місцеположенням для виявлення наземних і повітряних цілей і високоточного цілевказання для ведення бойових дій угрупованням сухопутних військ є актуальним завданням.

#### Мета статті

Ставиться завдання створити спосіб енергетичного виявлення та оцінювання параметрів тривалого немодульованого радіосигналу в активно-пасивній багатопозиційній радіолокаційній системі та моноімпульсного визначення повного вектора швидкості цілі із заданою можливою точністю.

### Постановка задачі

#### та виклад матеріалів дослідження

У ході ведення бойових дій угрупованням сухопутних військ може виникати ситуація, коли в зоні бойових дій одночасно існує декілька різномірних джерел радіовипромінювання і радіопеленгації. Ставиться завдання на основі системного підходу синтезувати активно-пасивну БП РЛС із різномірних джерел (наземних повітряних та космічних) з метою отримання моноімпульсним способом максимальної кількості інформації в зоні бойових дій угруповання сухопутних військ.

Поставлена задача (як варіант) вирішується за рахунок того, що на кожній із позицій здійснюється оцифровування поточної суміші сигналу і шуму і передається сумісно з координатами та вектором швидкості (для рухомих елементів системи) на загальний пункт обробки інформації.

Іншим варіантом побудови системи може бути система, в якій автономно в кожному її елементі здійснюється виявлення інтервалу часу, де енергетичне відношення правдоподібності перевищує поріг виявлення із заданою ймовірністю хибних тригів і визначаються координати цілі в умовах апріорної визначеності несної частоти зондуючого радіосигналу при синхронізації системи (рис.1).

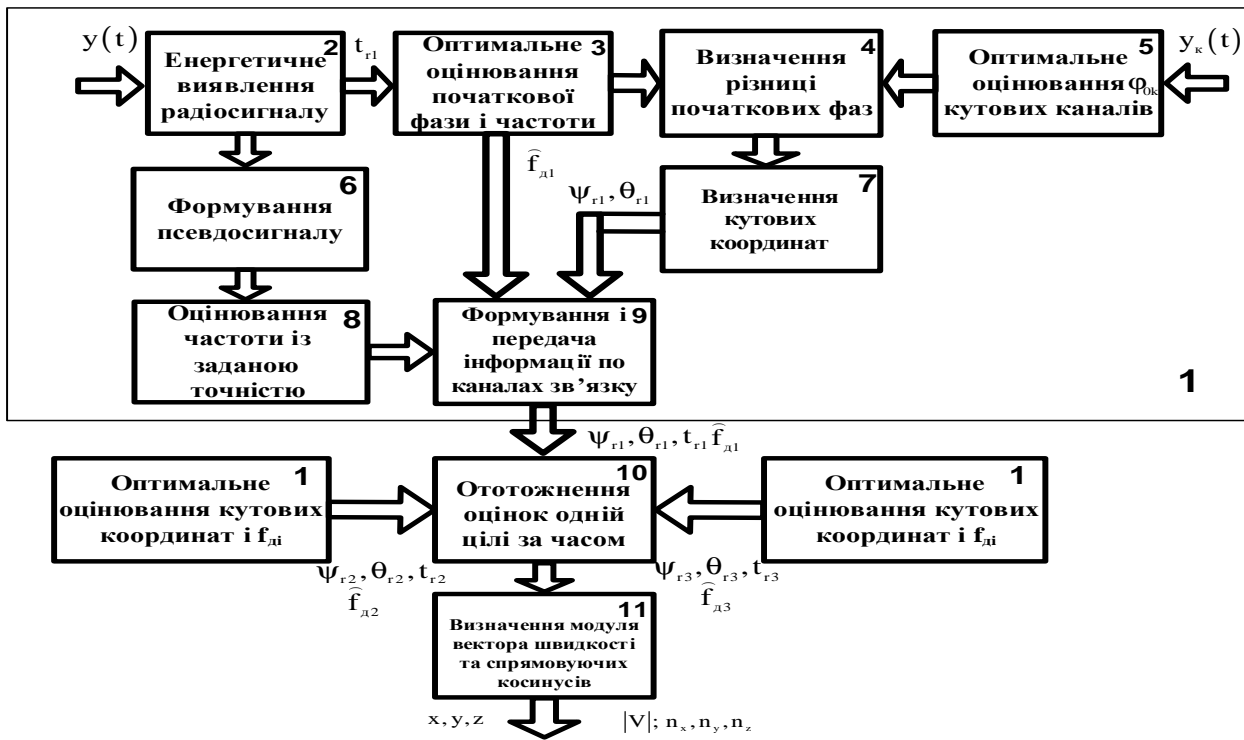


Рис. 1. Алгоритм енергетичного виявлення та оцінювання параметрів тривалих радіосигналів і моноімпульсного визначення повного вектора швидкості цілі в активно-пасивній БП РЛС із заданою можливою точністю

З метою оцінки можливостей використання фазового методу в енергетичній теорії виявлення і оцінювання для кореляційного способу обробки тривалих радіосигналів дослідженню підлягала детермінована модель суми гармонійних вхідного  $a_s \cdot \cos((2\pi(f_0 + f_{ds})\tau + \varphi_s))$  і еталонного радіосигналів  $a_{et} \cdot \cos(2\pi(f_0 + f_{det})\tau + \varphi_{et})$  на частоті  $f_0 = 2 \cdot 10^8$  Гц і еквівалентної амплітуди шуму  $n_{ekv}$ , визначеної з усередненої енергії шуму, для різної тривалості радіосигналів  $\tau = 10^{-1} \dots 10^{-8}$  с :

$$y_j(t) = a_s \cdot \cos((2\pi(f_0 + f_{ds})\tau + \varphi_s)) + n_{ekv} + a_{et} \cos((2\pi(f_0 + f_{etj})\tau + \varphi_{etj}).$$

Енергетичне відношення правдоподібності детермінованої моделі має вигляд

$$L(a_s, n_{ekv}, f_{ds}, a_{et}, \varphi_s, \varphi_{et}) = \frac{[a_s \cos((2\pi(f_0 + f_{ds})\tau + \varphi_s)) + n_{ekv} + a_{et} \cos((2\pi(f_0 + f_{det})\tau + \varphi_{et})]^2}{(n_{ekv})^2}$$

Залежності енергетичних відношень правдоподібності при різній тривалості радіосигналу при рівних початкових фазах еталонного та аналізованого радіосигналу в діапазоні зміни частоти еталонного радіосигналу  $\mp 3$  кГц для різних доплерівських частот відбитого від цілі радіосигналу (на несній частоті  $f_0 = 2 \cdot 10^8$  Гц) подані на рис.2 і рис. 3.

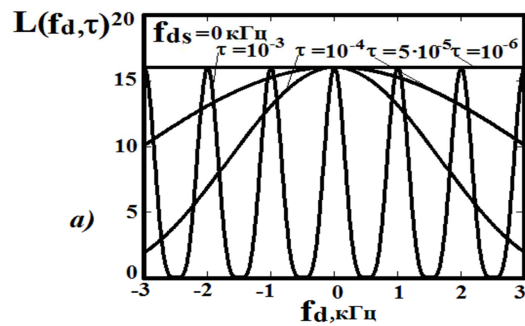


Рис.2. Залежність енергетичного відношення правдоподібності при різній тривалості радіосигналу при рівних початкових фазах еталонного та аналізованого радіосигналу в діапазоні зміни частоти еталонного радіосигналу при відсутності доплерівської частоти

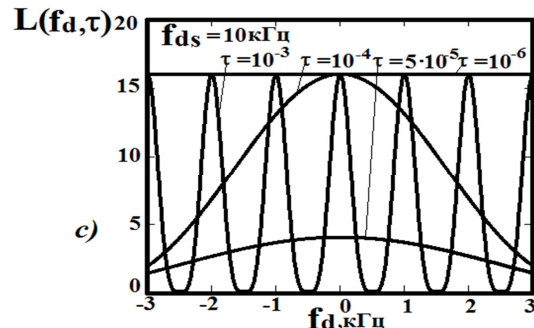


Рис.3. Залежність енергетичного відношення правдоподібності при різній тривалості радіосигналу при рівних початкових фазах еталонного та аналізованого радіосигналу в діапазоні зміни частоти еталонного радіосигналу при доплерівській частоті 10 кГц

З аналізу рис.2, 3 видно, що для однозначного оцінювання доплерівської частоти різних класів об'єктів необхідна різна тривалість радіосигналів, що еквівалентно різним смугам пропускання радіоприймача. Наведений рисунок не дозволяє повністю уявити всю динаміку виміру доплерівської частоти.

Залежність енергетичного відношення правдоподібності в широкосмуговому каналі оцінювання ( $\tau = 10^{-7}; 10^{-8}$  с) для відомих класів об'єктів в діапазоні фаз еталонного радіосигналу при зміні початкових фаз оцінюваного для однакових амплітуд прийнятого, еталонного і еквівалентного шумового сигналу подана на рис. 4.

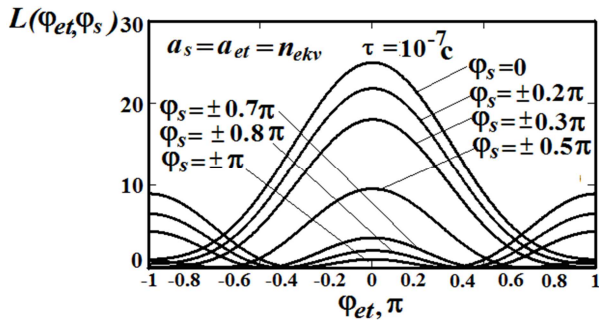


Рис.4. Залежність енергетичного відношення правдоподібності в широкосмуговому каналі оцінювання початкової фази в діапазоні однозначного фазового зрушення еталонних радіосигналів

Квазіоптимальне оцінювання частоти радіосигналу здійснюється за фазовими затримками максимуму енергетичного відношення правдоподібності у кожному частотному радіоканалі з парним розподілом у діапазоні фазових зрушень і подальшим оптимальним оцінюванням за рахунок зменшення кроку фазових затримок виявленого та псевдосигналів навколо квазіоптимальної оцінки.

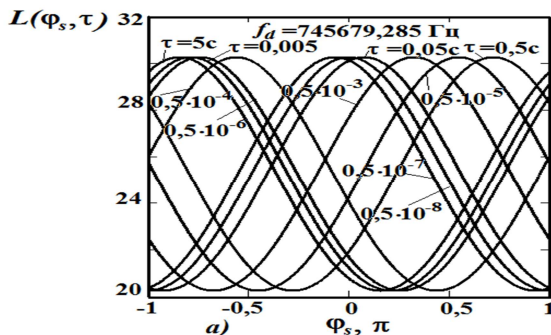


Рис.5. Залежності однозначного розподілу енергетичних відношень правдоподібності для доплерівської частоти  $f_d = 745679,285$  Гц для радіосигналів різної тривалості при кореляційній обробці виявленого радіосигналу і управлінні його фазовими затримками ( $a_s = a_{et} = n_{ekv} = 10$ )

Розподіл максимумів енергетичних відношень правдоподібності в діапазоні фазових затримок

вхідної суміші радіосигналу і шуму  $[-\pi, \pi]$  при складанні з еталонними радіосигналами кожного частотного радіоканалу однозначно відповідає доплерівській частоті виявленого радіосигналу із заданою можливою точністю. Для доплерівської частоти  $f_d = 745679,285$  Гц для радіосигналів різної тривалості при кореляційній обробці виявленого радіосигналу і управлінні його фазовими затримками ( $a_s = a_{et} = n_{ekv} = 10$ ) подані на рис.5.

Залежності енергетичного відношення правдоподібності на вході дешифратора в діапазоні фазових затримок вхідної реалізації суміші радіосигналу і шуму для доплерівської частоти радіосигналу  $f_d = 0,111$  Гц і  $f_d = 0,777$  Гц подані на рис. 6, 7.

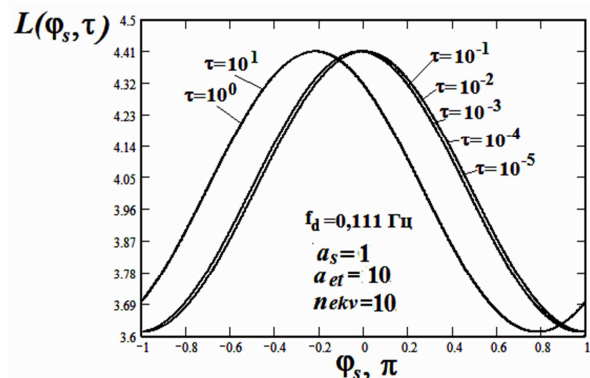


Рис.6. Залежність енергетичного відношення правдоподібності на вході дешифратора в діапазоні фазових затримок вхідної реалізації суміші радіосигналу і шуму для доплерівської частоти радіосигналу  $f_d = 0,111$  Гц

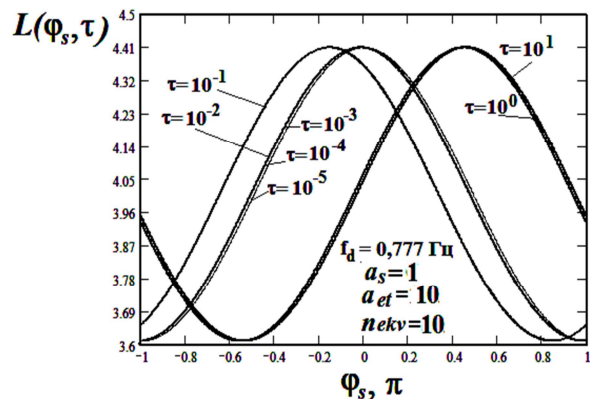


Рис.7. Залежність енергетичного відношення правдоподібності на вході дешифратора в діапазоні фазових затримок вхідної реалізації суміші радіосигналу і шуму для доплерівської частоти радіосигналу  $f_d = 0,777$  Гц

Алгоритм енергетичного виявлення і оцінювання початкової фази і доплерівської частоти тривалого радіосигналу із заданою можливою точністю в кожному радіопеленгаторі подано на рис. 8.

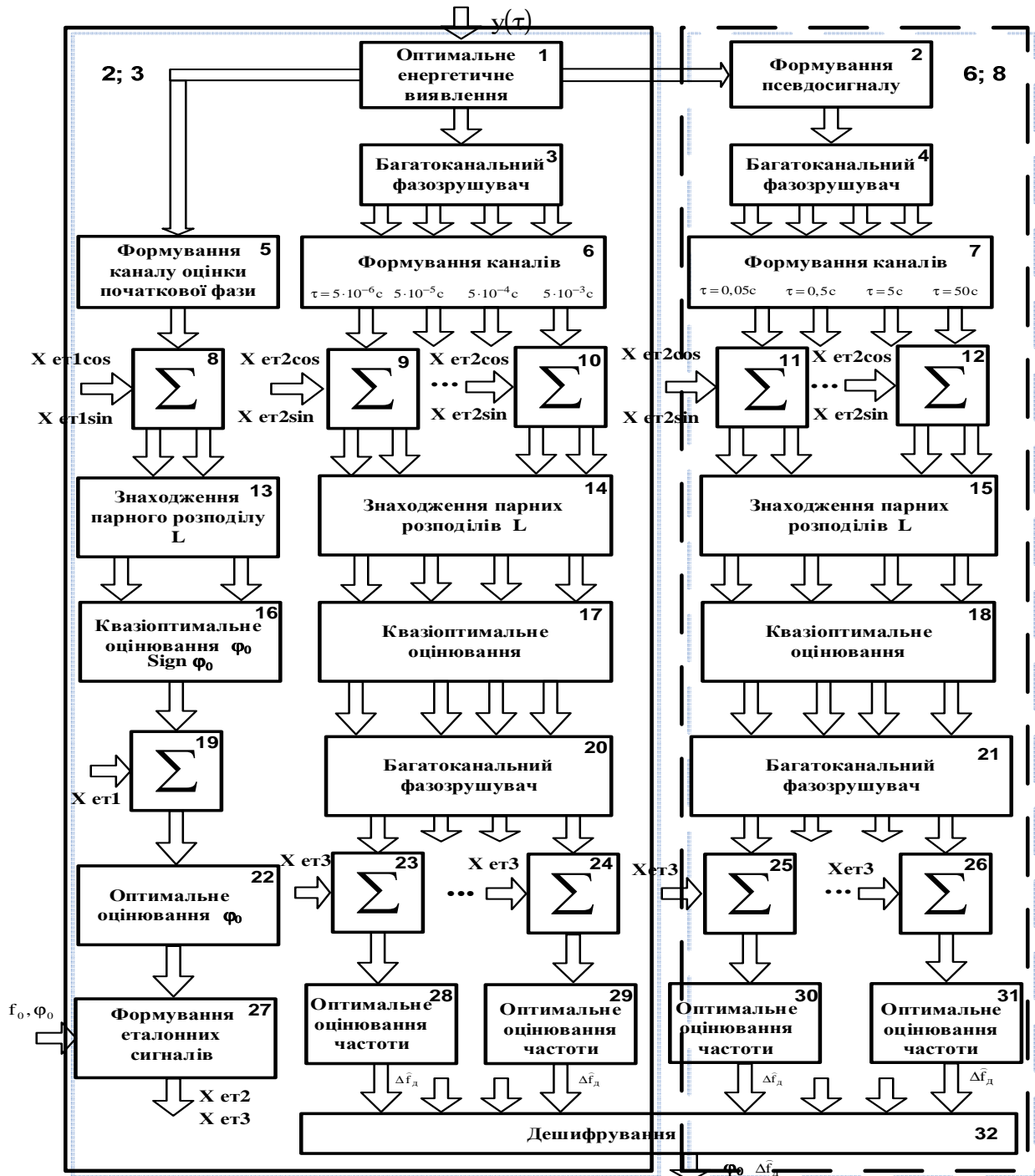


Рис.8. Алгоритм енергетичного виявлення і оцінювання початкової фази і доплерівської частоти тривалого радіосигналу із заданою можливою точністю в кожному радіопеленгаторі активно-пасивної БП РЛС

Сутність запропонованого способу енергетичного виявлення тривалого немодульованого радіосигналу і послідовного оцінювання його початкової фази і доплерівської частоти із заданою можливою точністю полягає у тому, що після енергетичного виявлення інтервалу часу, де енергетичне відношення правдоподібності перевищує поріг виявлення із заданою ймовірністю хибних тривог, суміш амплітуд тривалого немодульованого радіосигналу і шуму розподіляється між основним каналом оцінювання доплерівської частоти і додатковим каналом формування

псевдосигналу. У кожному з каналів сигнал і псевдосигнал в діапазоні однозначних фазових зсувів вхідної реалізації  $[0 \dots 2\pi]$  поділяються на інтервали різної тривалості і складаються із сукупністю квадратурно зрушених еталонних очікуваних радіосигналів таких же тривалостей на несній частоті. Сукупність еталонних очікуваних радіосигналів в радіоканалі оцінювання початкової фази формується на основі апріорних відомостей про зондуєчий радіосигнал або шляхом вимірювання несної частоти і початкової фази.

Вирівнювання початкових фаз прийнятого і визначених еталонних квадратурно зрушених радіосигналів в радіоканалах оцінювання доплерівської частоти здійснюється за оцінкою модуля фази, пропорційною відношенню різниці енергетичних відношень правдоподібності при синфазному складанні та оптимально оціненому до різниці енергетичних відношень правдоподібності при синфазному і протифазному складанні контрольних і еталонних радіосигналів в широкосмуговому квадратурному каналі з парним розподілом енергетичного відношення правдоподібності (рис. 8), розрахованому на смугу доплерівських частот об'єктів, що рухаються з великими швидкостями за межею відомих:

$$\Delta\varphi_0 = \frac{L_{\max} - L_{\text{вим}}}{L_{\max} - L_{\min}(\pi)} \pi,$$

де  $L_{\max}$  – максимальне значення енергетичного відношення правдоподібності при синфазному складанні радіосигналів з оціненими і відомими амплітудами за контрольним радіосигналом;

$L_{\min}(\pi)$  – мінімальне значення енергетичного відношення правдоподібності при протифазному складанні радіосигналів з оціненими і відомими амплітудами за контрольним радіосигналом;

$L_{\text{вим}}$  – оцінене значення енергетичного відношення правдоподібності при складанні вхідної реалізації з еталонними радіосигналами з оціненими і відомими амплітудами в квадратурному каналі з парним розподілом енергетичного відношення правдоподібності.

Знак і модуль початкової фази еталонного радіосигналу оцінюється за розташуванням максимуму енергетичного відношення правдоподібності у парному квадратурному каналі в залежності від фазових зрушень еталонного радіосигналу (рис.4). За оцінкою початкової фази формуються еталонні радіосигнали для кожного частотного каналу для квазіоптимального  $x_{et2\cos}, x_{et2\sin}$  та оптимального  $x_{et3\cos}$  оцінювання. Після складання амплітуд суміші радіосигналу і внутрішнього шуму з еталонними радіосигналами оцінюється енергетичне відношення правдоподібності для всіх еталонних радіосигналів радіоканалів і формується матриця енергетичних відношень правдоподібності. За критерієм максимуму енергетичного відношення правдоподібності приймається рішення про квазіоптимальну оцінку доплерівської частоти радіосигналу. Параметри квазіоптимального оцінювання є вхідними даними для формування еталонних радіосигналів для більш точного оцінювання  $x_{et3\cos}$ ,

у тому числі і для псевдосигналів різної тривалості. Еталонні радіосигнали складаються зі значеннями виявленої суміші радіосигналу і внутрішнього шуму, і визначається матриця енергетичних відношень правдоподібності в діапазоні фазових зрушень вхідної виявленої суміші з меншим кроком дискретизації. Результат дешифрування відповідності фазового розподілу максимумів енергетичних відношень правдоподібності в усіх каналах оцінювання доплерівської частоти вхідного радіосигналу (рис. 5...7) і є оцінкою доплерівської частоти тривалого немодульованого радіосигналу із заданою можливою точністю.

Оцінювання дальності до цілі здійснюється за часовим положенням інтервалу обробки інформації, де енергетичне відношення правдоподібності перевищує поріг виявлення за критерієм Неймана-Пірсона.

Оцінювання кутового положення цілі здійснюється за різницями початкових фаз радіосигналів між основним та кутомірними радіоканалами на одній або на декількох позиціях.

За оцінками дальності, доплерівської частоти та кутового положення цілі на кожній позиції активно-пасивної радіолокаційної системи в умовах апріорної визначеності несної частоти із системи рівнянь в декартовій системі координат, отриманої на основі властивостей скалярного добутку вектора швидкості цілі і оцінених його радіальних складових на кожній позиції, визначається модуль повного вектора швидкості цілі та його спрямовуючі косинуси у просторі із заданою можливою точністю.

Положення вектора швидкості цілі  $\mathbf{V}$  у просторі характеризується спрямовуючими косинусами  $n_x, n_y, n_z$  і координатами цілі  $x_{ц}, y_{ц}, z_{ц}$ .

Система рівнянь, яка дозволяє однозначно визначити модуль повного вектора швидкості цілі та його просторову орієнтацію в активно-пасивній БПРЛС, в координатній формі має вигляд:

$$\begin{cases} V_{r0} = V(n_x n_{x0} + n_y n_{y0} + n_z n_{z0}); \\ V_{r1} = V(n_x n_{x1} + n_y n_{y1} + n_z n_{z1}); \\ V_{r2} = V(n_x n_{x2} + n_y n_{y2} + n_z n_{z2}); \\ n_x^2 + n_y^2 + n_z^2 = 1. \end{cases}$$

Кількість необхідних позицій, на яких вимірюється радіальна складова вектора швидкості цілі, визначається кількістю невідомих у системі рівнянь. Для активно-пасивної БПРЛС необхідно і достатньо використати виміри доплерівських частот на трьох позиціях.

Система рівнянь має точне рішення. Спрямовуючі косинуси вектора швидкості цілі  $n_x, n_y, n_z$  визначаються виразами:

$$n_x = \frac{\Delta_x}{\Delta} = \frac{|M_x|}{V\Delta}, \quad n_y = \frac{\Delta_y}{\Delta} = \frac{|M_y|}{V\Delta}, \quad n_z = \frac{\Delta_z}{\Delta} = \frac{|M_z|}{V\Delta},$$

де

$$\Delta = \begin{vmatrix} n_{x0} & n_{y0} & n_{z0} \\ n_{x1} & n_{y1} & n_{z1} \\ n_{x2} & n_{y2} & n_{z2} \end{vmatrix}; \quad \Delta_x = \frac{1}{V} \begin{vmatrix} V_{r0} & n_{y0} & n_{z0} \\ V_{r1} & n_{y1} & n_{z1} \\ V_{r2} & n_{y2} & n_{z2} \end{vmatrix};$$

$$\Delta_y = \frac{1}{V} \begin{vmatrix} n_{x0} & V_{r0} & n_{z0} \\ n_{x1} & V_{r1} & n_{z1} \\ n_{x2} & V_{r2} & n_{z2} \end{vmatrix}; \quad \Delta_z = \frac{1}{V} \begin{vmatrix} n_{x0} & n_{y0} & V_{r0} \\ n_{x1} & n_{y1} & V_{r1} \\ n_{x2} & n_{y2} & V_{r2} \end{vmatrix};$$

Модуль вектора швидкості визначається за умовою нормування спрямовуючих косинусів  $n_x^2 + n_y^2 + n_z^2 = 1$ :

$$V = \sqrt{\frac{|M_x|^2 + |M_y|^2 + |M_z|^2}{\Delta^2}},$$

де  $|M_x|, |M_y|, |M_z|$  – детермінанти відповідних матриць;

$n_{xi}, n_{yi}, n_{zi}$  – спрямовуючі косинуси ортів на ціль в  $i$ -й точці спостереження в місцевій декартовій системі координат

$$\begin{pmatrix} n_{xi} \\ n_{yi} \\ n_{zi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \psi_{ri} \cos \theta_{ri} \\ \sin \psi_{ri} \cos \theta_{ri} \\ \sin \theta_{ri} \end{pmatrix},$$

де  $\psi_{ri}, \theta_{ri}$  – азимут і кут місця цілі в  $i$ -й точці спостереження в сферичній системі координат.

Якісні показники оцінювання повного вектора швидкості цілі:

– відносна помилка визначення модуля повного вектора швидкості цілі як відношення різниці між вирахованою швидкістю цілі при заданих помилках і заданою швидкістю до цієї ж швидкості цілі

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{V_B - V}{V},$$

де  $V_B$  – вираховане значення модуля повного вектора швидкості цілі;

– кут відхилення просторової орієнтації  $\Delta\theta$  вирахованого значення вектора швидкості цілі від істинного напрямку польоту цілі

$$\Delta\theta = \arccos(n_x n_{xв} + n_y n_{yв} + n_z n_{zв}),$$

де  $n_{xв}, n_{yв}, n_{zв}$  – спрямовуючі косинуси визначеного вектора швидкості цілі при урахуванні всіх помилок, що характеризують процедуру його визначення.

На рис. 9 наведена однозначна залежність відносної помилки визначення модуля повного вектора швидкості цілі при його фіксованому положенні у просторі і помилках вимірювання пеленгів на кожній позиції  $\delta\psi_i = \delta\theta_i = 0,1^\circ$  для заданих значень модуля повного вектора швидкості цілі  $V = 4000$  м/с і  $250$  м/с від максимальних помилок визначення доплерівських частот на кожній позиції для активно-пасивної трипозиційної радіолокаційної системи.

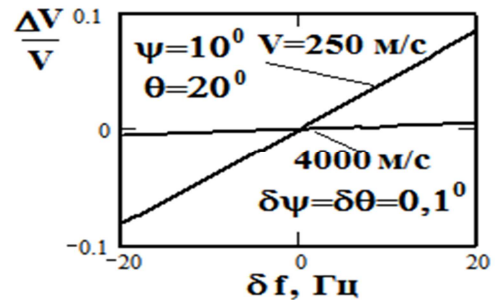


Рис. 9. Однозначна залежність відносної помилки визначення модуля повного вектора швидкості цілі при його фіксованому положенні у просторі при помилках вимірювання пеленгів  $\delta\psi_i = \delta\theta_i = 0,1^\circ$  для заданих значень модуля повного вектора швидкості цілі  $V = 4000$  м/с і  $250$  м/с від максимальних помилок визначення доплерівських частот на кожній позиції

На рис. 10 наведена залежність абсолютної величини просторового кута відхилення оціненого вектора швидкості цілі від максимальних помилок визначення доплерівських частот на кожній позиції при помилках вимірювання пеленгів  $\delta\psi_i = \delta\theta_i = 0,1^\circ$  для заданих значень модуля повного вектора швидкості цілі  $V = 4000$  м/с і  $250$  м/с.

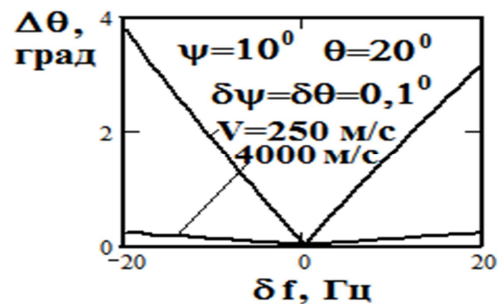


Рис. 10. Залежність абсолютної величини просторового кута відхилення оціненого вектора швидкості цілі від максимальних помилок визначення доплерівських частот на кожній позиції при помилках вимірювання пеленгів  $\delta\psi_i = \delta\theta_i = 0,1^\circ$

На рис. 11 наведена однозначна залежність відносної помилки визначення модуля повного вектора швидкості цілі при фіксованому куті місця цілі  $\theta = 20^\circ$  від ази-

мутальної орієнтації для заданого значення модуля повного вектора швидкості цілі  $V = 250$  м/с.

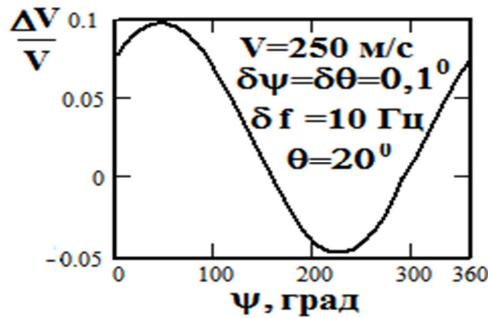


Рис. 11. Залежність відносної помилки визначення модуля повного вектора швидкості цілі при фіксованому кутомісцевому положенні  $\theta = 20^\circ$  вектора швидкості цілі від азимутальної орієнтації для заданих значень модуля повного вектора швидкості цілі  $V = 250$  м/с і максимальній похибці оцінювання доплерівської частоти  $\delta f = 10$  Гц

На рис. 12 наведена однозначна залежність абсолютної величини просторового кута відхилення оціненого вектора швидкості цілі при фіксованому кутомісцевому положенні вектора швидкості цілі від азимутальної орієнтації для заданого значення модуля повного вектора швидкості цілі  $V = 250$  м/с і максимальній помилці оцінювання доплерівської частоти  $\delta f = 10$  Гц.

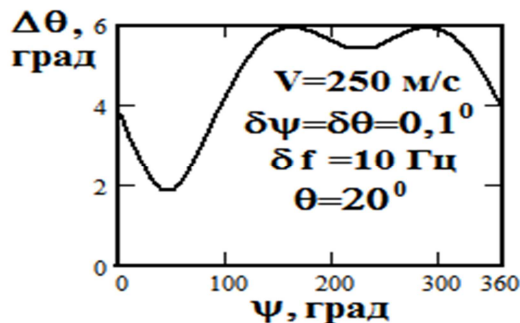


Рис. 12. Залежність абсолютної величини просторового кута відхилення оціненого вектора швидкості цілі при фіксованому кутомісцевому положенні вектора швидкості цілі від азимутальної орієнтації для заданого значення модуля повного вектора швидкості цілі  $V = 250$  м/с і максимальній похибці оцінювання доплерівської частоти  $\delta f = 10$  Гц

## Висновки

В основу теорії оцінювання параметрів радіосигналу при енергетичному підході, як і в класичному випадку, покладена мінімізація умовного середнього ризику для кожної реалізації випадкового процесу шляхом пошуку оцінки параметрів виявлених радіосигналів при складанні їх з множиною еталонних радіосигналів (кореляційна обробка радіосигналів)

при заданих функціях вартості і пошуку максимального значення апостеріорного енергетичного відношення правдоподібності. Значення еталонного радіосигналу, якому відповідає максимальне значення апостеріорного енергетичного відношення правдоподібності, і є оцінкою параметра радіосигналу. На відміну від класичної теорії оцінювання використання енергетичного відношення правдоподібності дозволяє оптимально оцінити значення параметрів радіосигналів по енергетиці менших за рівень внутрішніх шумів.

## Список літератури

1. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник / Я.Д. Ширман, Ю.И. Лосев, Н.Н. Минервин, С.В. Москвитин, С.А. Горшков, Д.И. Леховицкий, Л.С. Левченко / Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: ЗАО «МАКВИС», 1998. – 828 с.
2. Певцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д.В., Трофименко Ю.В. Метод енергетичного виявлення радіосигналів // Системи управління, навігації та зв'язку. – К., – 2010. – №4(16). – С.72-76.
3. Патент на корисну модель 57216. Україна, МПК G01S 7/02. / Процес енергетичного виявлення радіосигналів. Г.В. Певцов, А.Я. Яцуценко та ін.; – №201012202; заявл. 15.10.2010; опубл. 10.02.2011, Бюл. №3.
4. Певцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д.В., Трофименко Ю.В., Клімішен О.О. // Патент на корисну модель 64707. Україна, МПК G01S 7/34. / Спосіб багатоканального за часом енергетичного виявлення радіосигналів; – №201106721; заявл. 30.05.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. №21.
5. Певцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д.В., Трофименко Ю.В., Челпанов А.В., Шевченко В.І. // Патент на корисну модель 64706. Україна, МПК G01S 7/34. / Спосіб енергетичного виявлення радіосигналів при впливі активних маскуючих перешкод; – №201106697; заявл. 30.05.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. №21.
6. Певцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д.В., Трофименко Ю.В., Остапова А.М., Клімішен О.О. // Патент на корисну модель 75125. Україна, МПК G01S 7/34. / Спосіб енергетичного виявлення коротких немодульованих радіосигналів і послідовного оцінювання їх початкових фаз і доплерівських частот; – №2012004731; заявл. 17.04.2012; опубл. 26.11.2012, Бюл. №22.
7. Певцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д.В., Трофименко Ю.В., Остапова А.М., Клімішен О.О. // Патент на корисну модель 75126. Україна, МПК G01S 7/34. / Спосіб енергетичного виявлення тривалого немодульованого радіосигналу і послідовного оцінювання його початкової фази і доплерівської частоти; – №2012004737; заявл. 17.04.2012; опубл. 26.11.2012, Бюл. №22.

**Рецензент:** д.т.н., проф. Г.В. Худов, начальник кафедри Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

**Энергетическое выявление и оценивание параметров длительного немодулированного радиосигнала в активно-пассивной многопозиционной радиолокационной системе и определения полного вектора скорости цели с заданной возможной точностью**

Певцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д.В., Пичугин М.Ф., Трофименко Ю.В.,  
Чернявский О.Ю., Борцова М.В.

*Рассматривается способ энергетического обнаружения и оценивания параметров длительного немодулированного радиосигнала в активно-пассивной многопозиционной радиолокационной системе и определения полного вектора скорости цели с заданной возможной точностью.*

**Ключевые слова:** энергетическое выявление, оценки параметров длительного немодулированного радиосигнала, активно-пассивная многопозиционная радиолокационная система (БП РЛС).

**Energy detection and estimation of durative unmodulated radio-signal parameters in an active-passive multipositional radar system and derivation of the full target velocity vector with a given probable precision**

G. Pevtsov, A. Yatsutsenko, D. Karlov, M. Pichuhin, Y. Trofymenko, O. Cherniavskiy, M. Bortsova

*A method of energy detection and estimation of durative unmodulated radio-signal parameters in an active-passive multipositional radar system and derivation of the full target velocity vector with a given probable precision are considered.*

**Key words:** energy detection, durative unmodulated radio-signal parameters estimation, active-passive multipositional radar system.

---

УДК 669.04: 621.833.7

О.Г. Приймаков<sup>1</sup>, Ю.О. Градиський<sup>2</sup>, О.Г. Янчик<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Національний університет цивільного захисту України, Харків

<sup>2</sup> Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Харків

<sup>3</sup> Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗНОШУВАННЯ ВАЛА ГЕНЕРАТОРА ХВИЛЬ СИЛОВОЇ ХВИЛЬОВОЇ ПЕРЕДАЧІ**

*Стаття присвячена визначенню зношування генератора хвиль силової передачі виробів військового призначення на стадії проектування та в процесі експлуатації. Показано, як зношування впливає на працездатність силових механізмів при різних законах розподілу питомого навантаження по довжині робочої поверхні дисків генератора хвиль.*

**Ключові слова:** вал генератора хвиль, силові хвильові механізми, питома навантаження вала генератора хвиль, диски генератора хвиль.

**Вступ**

Під час розробки сучасних військових робото-технічних систем широкого застосування набули силові хвильові передачі (мотор-колесо, мотор-редуктор). Основною причиною, що призводить до втрати працездатності силових хвильових механізмів (СХМ), є зношування робочої поверхні. Інтенсивне зношування вала генератора призводить до виникнення зазорів, що негативно позначається на точності зачеплення і

динамічних умовах роботи привода. Зношування визначається безліччю факторів: наявністю зазорів, величиною переданого крутного моменту, характером розподілу питомих тисків по довжині вала генератора, наявністю системи мащення. Результати досліджень дають змогу зменшити зношування робочих елементів силових хвильових передач і тим самим підвищити надійність та ресурс таких машин і механізмів як складових виробів військового призначення.