

ОЦІНКА РОЗВІДДОСЯЖНОСТІ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ З ПРОГРАМНОЮ ПЕРЕБУДОВОЮ РОБОЧОЇ ЧАСТОТИ ПРИ ОБГРУНТУВАННІ СПОСОБІВ ВЕДЕННЯ ЇХ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ПОДАВЛЕННЯ ТА РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ РОЗВІДКИ

к.т.н. С.О. Тишук, к.т.н. С.М. Шолохов,
к.т.н. М.М. Конотопець, к.т.н. О.Ю. Мелашенко
(подав д.т.н., проф. С.В. Козелков)

Запропонована методика оцінки розвіздосяжності радіоелектронних засобів зв'язку з програмною перебудовою робочої частоти.

Стан питання. Нині активно застосовуються у системах радіозв'язку та передачі даних усіх ланок управління радіоелектронні засоби (РЕЗ) з програмною перебудовою робочої частоти (ППРЧ). Сигнали з ППРЧ, як відомо, являють собою сукупність радіоімпульсів (елементів сигналу), несучі частоти яких змінюються у часі за законом псевдовипадкової послідовності (ПВП). Пошук (виявлення) у широкій смузі частот елементів сигналів з ППРЧ у засобах радіорозвідки здійснюється в умовах часткової априорної невизначеності відносно їх спектрально-годинної структури за допомогою панорамних приймальних пристроїв (ППрП). Основою ППрП засобів радіорозвідки є Фур'є-процесори (ФП), що виконують перетворення Фур'є від реалізації сукупності вихідних сигналів. Засоби з ППРЧ характеризуються значно підвищеною енергетичною потайливістю та перешкодоустійкістю, що на практиці здебільшого робить неможливим ведення їх радіоелектронної розвідки (РЕР) та радіоелектронного подавлення (РЕП) традиційними способами [1]. При обґрунтуванні нових способів ведення РЕР та РЕП перспективних систем зв'язку однією з основних науково-технічних задач є оцінка розвіздосяжності засобів з ППРЧ.

Відомі методики оцінки розвіздосяжності радіозасобів, наприклад [2], розроблені для систем зв'язку старого парку та неповною мірою враховують особливості ведення радіорозвідки систем з ППРЧ.

Мета статті – розробити методику оцінки розвіздосяжності РЕЗ з програмною перебудовою робочої частоти при обґрунтуванні способів ведення РЕР та РЕП систем зв'язку з підвищеною розвіздахищеністю.

Для оцінки розвіздосяжності РЕЗ з ППРЧ введемо вектора критеріїв K_{pp} , що характеризує можливість невирішення завдань з радіорозвідки (РР)

окремим засобом РР:

$$K_{pp} \equiv \begin{cases} P_{ччз}^{рз} \geq P_{ччз}^{потр}; \\ P_{свх} (K_{ослвп}, K_{огм}, K_{онп}, K_{ндн}, \epsilon_k) \geq P_{поррп}^д; \\ DD_c \leq DD_{рп}^д, \end{cases} \quad (1)$$

де $P_{ччз}^{рз}$, $P_{ччз}^{потр}$ – ймовірність частотно-годинного збігу елементів сигналу з ППРЧ та вибірок ФП та її необхідний рівень у засобі РР відповідно; $K_{ослвп}$, $K_{огм}$, $K_{онп}$, $K_{ндн}$ – коефіцієнти послаблення сигналу у вільному просторі, гідрометеорах, поляризаційні та за рахунок незбігу діаграм спрямованості антен засобів РР та РЕЗ з ППРЧ відповідно; ϵ_k – коефіцієнт врахування неузгодженості приймального тракту ФП та сигналу, що приймається засобом РР; $P_{свх}$ – потужність сигналу засобу з ППРЧ на вході приймача станції РР; $P_{поррп}^д$ – порогова чутливість розвідприймача, що може бути досягнена; DD_c , $DD_{рп}^д$ – динамічний діапазон (ДД) сигналів засобів та діапазон, що може бути досягнутий у засобах РР, відповідно.

Конкретизуємо порядок обґрунтування та оцінки параметрів, що входять у вираз (1).

Ставлення задачі. Нехай пошук (виявлення) елементів сигналу з ППРЧ здійснюється розвід приймачем (РП) на основі ФП, що утримує $r_k = \Delta F_a / \delta_f$ еквівалентних каналів частотного розподілення (ЕКЧР), де ΔF_a , δ_f – смуга аналізованих частот та розрізнявальна здатність за частотою ФП відповідно. Еквівалентні канали частотного розподілення ФП характеризуються відповідно комплексними спектральними ваговими функціями (СВФ) $FW_i(j\omega) = FW_i(\omega) \exp\{j\phi_{ki}(\omega)\}$ з центральними частотами ω_{ki} , смугами пропускання $\delta_{fki} = \delta_k$ та початковими фазами ϕ_{ki} , де $i=1, \dots, m$, m – кількість ЕКЧР ФП. Час накопичення сигналу τ_n у ЕКЧР дорівнює тривалості τ_b реалізації, що обробляється. Виявлення елементів сигналів з ППРЧ здійснюється на виході $n(n \leq m)$, у загальному випадку неузгоджених з елементом сигналу статистично незалежних ЕКЧР ФП на фоні білого гаусівського шуму зі спектральною щільністю потужності $W(\omega) = W_0 = \text{const}$. Діапазон ΔF_a не менше смуги частот $\Delta F_{ппрч}$, що використовується у режимі ППРЧ. Час аналізу частотного діапазону ΔF_a ФП дорівнює

$$\tau_a = \Delta F_a / \gamma_a = r_k \cdot \tau_{опр}, \quad (2)$$

де $\gamma_a, \tau_{\text{опр}}$ – швидкість аналізу ФП та час опитування ЕКЧР відповідно.

На вхід розвідприймача надходять елементи сигналу з ППРЧ $s(t)$ з тривалістю τ_e , шириною спектра Δf_e , несучою частотою ω_e , початковою фазою φ_e та комплексною спектральною щільністю $S(j\omega) = S(\omega)\exp\{j\varphi_e(\omega)\}$ та періодом появи T_e .

Визначення якості пошуку (виявлення) сигналів з ППРЧ при оцінці розвіддосяжності РЕЗ. Якість пошуку (виявлення) елементів сигналів з ППРЧ охарактеризуємо ймовірністю частотно-годинного збігу $P_{\text{ччз}}(t_H)$ [3], де t_H – відрізок часу, визначений для вирішення задачі спостереження за РЕЗ. При цьому під $P_{\text{ччз}}(t_H)$ будемо розуміти [4] ймовірність того, що для кожного з $\xi = 1 \dots \text{ent}\{t_H/T_e\}$ елементів, що надійшли у смугу ΔF_a аналізу ФП за відрізок часу t_H , на інтервалі τ відбудеться збіг спектральних складових елемента сигналу з ППРЧ та частоти налагодження ЕКЧР Фур'є-процесора під час реєстрації його стану.

Враховуючи результати [3], при оцінці розвіддосяжності РЕЗ ймовірність $P_{\text{ччз}}(t_H)$ визначимо у такому вигляді:

$$P_{\text{ччз}}(t_H) \geq \begin{cases} \mathfrak{Z}(\tau_A^2) & \text{при } \tau_a \leq T_e; \tau_{\min} \leq \min\{\tau_e, \tau_{\text{опр}}\}, \tau_{\text{опр}} \leq T_e - \tau_e; \\ \mathfrak{Z}(\tau_A \cdot T_e) & \text{при } \tau_a > T_e; \tau_{\min} \leq \min\{\tau_e, \tau_{\text{опр}}\}, \tau_{\text{опр}} \leq T_e - \tau_e; \\ \mathfrak{Z}(\tau_A \cdot (\tau_e + \tau_{\text{опр}})) & \text{при } \tau_{\min} \leq \min\{\tau_e, \tau_{\text{опр}}\}, \tau_{\text{опр}} > T_e - \tau_e, \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{де } \mathfrak{Z}(h) = \left(\left(1 - \left(1 - (\tau_{\text{опр}} + \tau_e + 2\tau_{\min})\tau_{\text{опр}}/h \right)^k \right)^{\mathfrak{G}} \right)^{\xi}; \quad \mathfrak{G} = \begin{cases} \text{ent}(\tau_a/T_e) & \text{при } \tau_a \geq T_e; \\ 1 & \text{при } \tau_a < T_e. \end{cases}$$

Практичне застосування формули (3) вимагає конкретизації параметрів τ_a та $\tau_{\text{опр}}$ до конкретного виду ФП у такому порядку:

– якщо засіб РР реалізований на основі послідовного фільтрового ФП (ПФФП), то $\tau_a = \Delta F_a / \gamma_{\text{пч}}$, а $\tau_{\text{опр}} = \Delta F_a / (\gamma_{\text{пч}} \cdot \Gamma_k)$, де $\gamma_{\text{пч}}$ – час пере-строювання за частотою ПФФП;

– якщо засіб РР побудований на основі ПФФП з паралельним опитуванням k ЕКЧР, то $\tau_a = \Delta F_a / (\gamma_{\text{пч}} \cdot k)$;

– при аналізі акустооптичного з просторовим інтегруванням (АОФП) та багатоканального фільтрового ФП (БФФП) τ_a у формулі (3) слід вибирати рівним часу опитування лінійки фотодіодів АОФП та частотних каналів БФФП відповідно.

Обґрунтування та оцінка потенційно досяжної порогової чутливо-

сті розвідприймачів сигналів з ППРЧ. Для виявлення сигналу на виході розвідприймача з потрібними показниками якості необхідно, щоб витримувалось вимога електромагнітної досяжності радіоелектронних засобів (1)

$$P_{\text{свх}} / \varepsilon_{\text{к}} \geq P_{\text{поррп}}^{\text{д}}, \quad (4)$$

де

$$P_{\text{поррп}}^{\text{д}} = k \cdot T_0 \cdot q_{\text{пор}}^2 \cdot \Delta f_{\text{еф}} \cdot \left(t_a - 1 + \frac{N}{K_{\text{пф}}} \right), \quad (5)$$

де k – стала Больцмана; T_0 – стандартна температура; $\Delta f_{\text{еф}}$ – ефективна шумова смуга приймача; t_a – відносна шумова температура антени; N – коефіцієнт шуму приймача; $K_{\text{пф}}$ – коефіцієнт передачі фідерного тракту; $q_{\text{пор}}^2$ – потрібне відношення потужності корисного сигналу до потужності перешкоди на виході лінійної частини приймача; $\varepsilon_{\text{к}}$ – коефіцієнт, що враховує втрати потужності елемента сигналу з ППРЧ за рахунок апріорного неузгодження спектральної годинної функції еквівалентного каналу частотного розподілення (ЕКЧР) ФП та сигналу [5]:

$$\varepsilon_{\text{к}} = \left[\int_{-\infty}^{\infty} |\text{FW}(\varpi - \varpi_{\text{ki}})|^2 d\varpi \int_{-\infty}^{\infty} |S(\varpi - \varpi_{\text{с}})|^4 \times \dots \times \left[\frac{1}{2\pi} S(\varpi - \varpi_{\text{с}}) \cdot \text{FW}(\varpi - \varpi_{\text{ki}}) \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \exp\{j(\varphi_{\text{с}}(\varpi) + \varphi_{\text{ki}}(\varpi) + \varpi\tau_{\text{в}})\} d\omega \right]^2 \dots \times \int_{-\infty}^{\infty} |S(\varpi - \varpi_{\text{с}})|^2 d\varpi \right]^{-1}, \quad (6)$$

де $\text{FW}(\varpi - \varpi_{\text{ki}})$ – спектральна вагова функція еквівалентного каналу частотного розподілення розвідприймача; $S(\varpi - \varpi_{\text{с}})$ – спектральна щільність сигналу, що надійшов на вхід розвідприймача.

На практиці при оцінці розвіддосяжності РЕЗ коефіцієнт $\varepsilon_{\text{к}}$ набуває різних для кожного i -го еквівалентного каналу частотного поділу (ЕКЧП) ФП значень ε_{ki} , $i = 1 \dots m$. Це обумовлено раптовим взаємним розташуванням еквівалентних каналів частотного розподілення ФП та спектра сигналу, що виявляється на осі частот.

При розрахунках розвіддосяжності радіоелектронних засобів необхідно орієнтуватися на найменш вигідний, з точки зору виявлення, варіант взаємного розташування ЕКЧР ФП та сигналу на осі частот. При цьому величину коефіцієнта $\varepsilon_{\text{к}}$ для умови (4) необхідно вибрати рівною максимальному можливому значенню $\varepsilon_{\text{к}}$

$$\varepsilon_{\text{к}} = \max\{\varepsilon_{\text{ki}}\}, \quad i = 1 \dots m. \quad (7)$$

При застосуванні виразів (4), (6), (7) для оцінки виконання виразу (1) необхідно враховувати особливості обробки сигналу у ФП, вибираю-

чи варіанти взаємного перекриття СВФ ЕКЧР та спектральної щільності корисного сигналу.

1. Якщо обробка сигналу проводиться у розвідприймачі на основі ФП, що “дискретизує” сигнал за частотою (наприклад, багатоканальний фільтровий ФП), то визначати ϵ_k доцільно для ситуації, за якої центральна частота елемента сигналу з ППРЧ попадає на перетин СЧФ суміжних ЕКЧР.

2. При розгляді розвідприймачів, сигнал на виході яких не має дискретного характеру (наприклад, дисперсійний або акустооптичний з часовим інтегруванням ФП), та коли $\Delta f_e / \delta f \geq 1$, необхідно розраховувати ϵ_k для випадку, при якому ЕКЧР квазіузгоджений із сигналом, що приймається за центральною частотою. Це обумовлено особливостями перетворення сигналу у пристроях на основі алгоритмів ЛЧМ перетворення.

3. У разі, коли для РП, що вказаний у попередньому пункті, $\Delta f_e / \delta f < 1$, необхідно орієнтуватись на ситуацію, при якій центральна частота сигналу збігається з центральною частотою одного з ЕКЧР ФП.

У табл. 1 наведені результати застосування виразів (4), (6) для визначення коефіцієнта ϵ_k при оцінці розвідосяжності РЕЗ розвідприймачем на основі багатоканального фільтрового ФП. Результати отримані для типових СВФ ЕКЧР ФП. При розрахунках величина співвідношення $\Delta f_e / \delta f$ складала відповідно 1...8, 1/2, 1/4, 1/6, 1/8. Як модель вхідного сигналу був обраний дзвоникоподібний (гауссовий) імпульс.

Таблиця 1

Величина коефіцієнта ϵ_k

СВФ ФП	Величина коефіцієнта $\Delta f_e / \delta f$											
	1	2	3	4	5	6	7	8	1/2	1/4	1/6	1/8
Діріхле	33,1	1,35	1,99	7,2	77,2	20,6	108,5	39,1	12,1	104,5	487,7	$2 \cdot 10^3$
Бартлетта	27,9	1,8	61,2	8,3	78,6	19,6	97,8	33,9	302,8	$6 \cdot 10^3$	10^7	$6 \cdot 10^4$
Парзена	93,4	3,03	40,5	6,7	52,4	13,8	66,5	23,8	21,1	17,7	22,1	27,4
Хеннінга	11,3	1,3	13,9	8,02	83,1	21,8	114,4	40,8	3,7	18,2	189,1	557,1
Хеммінга	12,4	1,4	14,7	7,8	81,8	21,5	113	40,4	3,9	18,6	185,9	550,3

Вираз для розрахунку рівня сигналу $P_{\text{свх}}$ на вході розвідприймача може мати традиційний вигляд [6]:

$$P_{\text{свх}} = \frac{P_{\text{пер}} \cdot G_{\text{пер}} \cdot G_{\text{пр}} \cdot F_{\text{ст}}^2(\alpha_{\text{ст}}, \Theta_{\text{ст}}) \cdot F_{\text{ср}}^2(\alpha_{\text{ср}}, \Theta_{\text{ср}})}{K_{\text{ослвп}} \cdot K_{\text{огм}} \cdot K_{\text{онн}}}, \quad (8)$$

де $F_{\text{ст}}^2(\alpha_{\text{ст}}, \Theta_{\text{ст}})$, $F_{\text{ср}}^2(\alpha_{\text{ср}}, \Theta_{\text{ср}})$ – нормовані діаграми спрямованості ан-

тен засобу з ППРЧ та радіорозвідки відповідно; $P_{\text{пер}}, G_{\text{пер}}, G_{\text{пр}}$ – потужність, коефіцієнт підсилення антен передавача та розвідприймача відповідно; $K_{\text{ослвп}}, K_{\text{огм}}, K_{\text{онп}}$ – коефіцієнти, що враховують втрати потужності сигналу при розповсюдженні у вільному просторі, гідрометеорах та за рахунок незбігу поляризації відповідно.

Обґрунтування вимог та оцінка потенційно досяжної величини динамічного діапазону розвідприймачів. Обґрунтування вимог до параметра DD_c у формулі [1] труднощів не викликає та може проводитись за методикою [6]. Зосередимо увагу на визначенні параметра $DD_{\text{рп}}^{\text{д}}$.

При обґрунтуванні параметра $DD_{\text{рп}}^{\text{д}}$ поряд з класичним визначенням [7] необхідно застосовувати поняття ДД у режимі виявлення сигналів за рівнем бокових пелюсток спектральних вагомих функцій (СВФ) з урахуванням взаємного впливу сигналів, що спостерігаються на вході ФП [7].

Нехай у розвідприймачі, який аналізується, використовуються такі вхідні ланцюги, що завідомо ДД за рівнем бокових пелюсток СВФ менш ніж ДД, що оцінюється на основі [6]. Тоді ДД розвідприймача за рівнем бокових пелюсток СВФ повністю визначається особливостями обробки сигналів у ФП. Припустимо, що на вхід ФП надходять два перевірочних гармонічних сигнали $U_{1,2}(t) = U_{1,2} \cdot \cos(\omega_{1,2}t + \varphi_{1,2})$ з амплітудами $U_{1,2}$ та початковими фазами $\varphi_{1,2}$. Частоти гармонік $f_{1,2} = \omega_{1,2}/(2\pi)$ знаходяться у смузі аналізу процесора.

Сигнал на виході лінійної частини тракту ФП в області позитивних частот з точністю до постійного амплітудного множника визначимо у вигляді:

$$s(\omega) = U_1 \cdot \tau_B \cdot \text{FW}(\omega - \omega_1) \cdot e^{j\varphi_1} + U_2 \cdot \tau_B \cdot \text{FW}(\omega - \omega_2) \cdot e^{j\varphi_2}, \quad (9)$$

де τ_B – тривалість вибірки сигналів у ФП; $\text{FW}(\Omega)$ – дійсна, симетрична відносно $\Omega = 0$, нормована спектральна вагова функція ФП.

Огинаюча відклику ФП $|s(\omega)|$ на вхідний бігармонійний сигнал

$$|s(\omega)| = \tau_B \cdot \sqrt{\left((U_1^2 \cdot \text{FW}(\omega - \omega_1) + U_2^2 \cdot \text{FW}(\omega - \omega_2) + 2U_1U_2 \cdot \text{FW}(\omega - \omega_1) \times \dots) \right.} \quad (10)$$

$$\left. \dots \times \text{FW}(\omega - \omega_2) \cdot \cos \Delta\varphi \right)$$

залежить від різниці фаз вхідних гармонік $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$.

У статті [7] показано, що визначення ДД за рівнем бокових пелюсток СЧФ ФП та методика його оцінки повинні враховувати особливості обробки сигналів на виході ФП. Врахувати особливості обробки сигналів можливо, визначаючи величину ДД при фіксованих $\Delta\varphi$, так.

1. Якщо спектрограми на виході ФП обробляються спецобчислювачем з розділенням сигналів у першій з тих, що надійшли з виходу ФП

спектрограм (повне розділення), то при оцінці ДД розвідприймача доцільно орієнтуватися на гіршу ситуацію та визначати його при $\Delta\varphi = \arccos \{-\text{sgn} [FW_m(\Delta\omega)]\}$.

2. При автоматизованій обробці сукупності спектрограм з аналізом змін $s(\omega)$, якщо достатньо роздільне спостереження сигналів хоча б в одній з спектрограм (граничне розділення), необхідно обирати $\Delta\varphi = \arccos \{\text{sgn} [FW_m(\Delta\omega)]\}$.

3. Якщо амплітуди сигналів усереднюються на однакових частотах у декількох спектрограмах, або необхідно візуальне розділення сигналів в сукупності спектрограм на екрані індикатора (інтегральне розділення), то при оцінці ДД доцільно задавати $\Delta\varphi = \pi/2$.

Після вибору $\Delta\varphi$ ДД розвідприймача за рівнем бокових пелюсток СЧФ $D_{\text{рп}}^{\Delta}$ може бути знайдений експериментально або обчислений шляхом порівняння рівнів сигналу на виході ФП на частотах $\omega = \omega_2$ та $\omega = \omega_1 - \Delta\omega$ згідно з визначенням:

$$D_{\text{рп}}^{\Delta} = U_1 \left\langle \arg \left\{ \frac{\text{mod} [s(\omega = \omega_2, \Delta\varphi = \Delta\varphi^0)]}{U_2} - \text{mod} [s(\omega = \omega_1 - \Delta\omega, \Delta\varphi = \Delta\varphi^0)] \leq \Delta_i \right\}^{-1} \right\rangle, \quad (11)$$

де Δ_i – абсолютна інструментальна похибка вимірювання різниці амплітуд сигналу на виході ФП у точках $\omega = \omega_2$ та $\omega = \omega_1 - \Delta\omega$, може бути визначена у вигляді $\Delta_i = \delta\tau_B U_1 \text{mod} \{FW(\Delta\omega)\}$ при $\delta < 1$:

$$\text{mod} [s(\omega = \omega_2, \Delta\varphi = \Delta\varphi^0)] = \tau_B \times \sqrt{U_2^2 + U_1 FW^2(\Delta\omega) + 2U_1 U_2 \cdot FW_m(\Delta\omega) \cos \Delta\varphi} \quad (12)$$

та

$$\text{mod} [s(\omega = \omega_1 - \Delta\omega, \Delta\varphi = \Delta\varphi^0)] = \tau_B \times \sqrt{U_1^2 FW_m^2(\Delta\omega) + U_2^2 FW^2(2\Delta\omega) + 2U_1 U_2 \cdot FW_m(\Delta\omega) FW(2\Delta\omega) \cos \Delta\varphi} \quad (13)$$

Таблиця 2

Результати розрахунків

СЧФ	$FW\left(\frac{\Delta\omega\tau_B}{2\pi}\right)$, дБ	$D_{\text{рп}}^{\Delta}$, дБ при $\delta = 0,1$		
		$\Delta\varphi = 0$	$\Delta\varphi = \pi/2$	$\Delta\varphi = \pi$
Діріхле	13,26	7,22	20,03	32,86
Фейера-Бартлетта	26,52	46,51	33,30	20,10
Ханна (Хеннінга, Тьюкіна)	31,47	25,00	38,25	51,55

Хеммінга	42,68	62,79	49,52	36,28
Парзена	53,05	73,35	59,98	46,74
Блекмана	58,11	78,79	65,24	51,67
Блекмана-Херріса	90,14	83,74	97,72	110,45

В табл. 2 наведені результати розрахунків параметра D_{rp}^L щодо типових СЧФ при $\Delta\varphi = 0$; $\pi/2$; π та $\delta = 0,1$, які є нормованими та можуть використовуватися для оперативно-тактичних та інженерних розрахунків.

Висновок. Таким чином, запропонована методика дозволяє проводити оцінку розвіддосяжності РЕЗ з ППРЧ з урахуванням особливостей побудови конкретного засобу РР та може застосовуватись при обґрунтуванні способів ведення РЕР та РЕП систем зв'язку з ППРЧ, проведенні оперативно-тактичних розрахунків під час організації РЕР та РЕП у операціях (бойових діях).

ЛІТЕРАТУРА

1. Шолохов С.Н. Способы радиовоздействия на перспективные системы спутниковой связи // Сб. докладов. – Житомир: ЖНИИРС, 1996. – С. 43 – 47.
2. Основы теории радиоэлектронной борьбы / Под ред. Н.Ф. Николаенко. – М.: Воениздат, 1987. – 352 с.
3. Певцов Г.В., Шолохов С.Н., Поточняк А.З. Оценка качества поиска элементов сигналов с программной перестройкой рабочей частоты при оптимизации Фурье-процессоров // Вестник ХГПУ. – 1999. – № 42. – С. 48 – 53.
4. Мартынов В.А., Селихов Ю.И. Панорамные приемники и анализаторы спектра. – М.: Сов. радио, 1980. – 350 с.
5. Певцов Г.В., Шолохов С.Н., Поточняк А.З. Обоснование величины пороговой чувствительности при оптимизации панорамных приемных устройств на основе Фурье-процессоров // Радиоэлектроника. – 1999. – № 3. – С. 62 – 68.
6. Апорович А.Ф. Проектирование радиотехнических систем. – Минск: Вышэйшая школа, 1998. – 223 с.
7. Кобзев А.В., Певцов Г.В., Шолохов С.Н. Динамический диапазон радиотехнических устройств на основе Фурье-процессоров // Радиоэлектроника. – 1994. – № 11. – С. 49 – 54.

Надійшла 12.09.2004

ТИЩУК Сергій Олександрович, канд. техн. наук, начальник кафедри РЕБ НАОУ. У 2004 році закінчив факультет підготовки фахівців оперативно-стратегічного рівня НАОУ. Область наукових інтересів – теорія завадостійкості радіоприймальних обладнань, оцінка ефективності радіоелектронної боротьби.

ШОЛОХОВ Сергій Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри РЕБ НАОУ. У 2004 році закінчив НАОУ. Область наукових інтересів – оптимальний синтез структур, теорія розізнавання, теорія моделювання складних систем в умовах радіоелектронного конфлікту, оцінка ефективності застосування інформаційної зброї.

КОНОТОПЕЦЬ Микола Миколайович, канд. техн. наук, ст. викладач кафедри РЕБ НАОУ. У 2004 році закінчив НАОУ. Область наукових інтересів – теорія радіолокаційних багатопозиційних систем з елементами адаптації, адаптивні антенні решітки, багатопози-

ційні комплекси РЕБ, теорія фільтрації і управління процесами в комплексах РЕБ з ААР.

МЕЛАШЕНКО Олександр Юрійович, канд. техн. наук, зам. нач. кафедри ХУ ПС. У 1985 році закінчив ХВВКІУ РВ. Область наукових інтересів – протидія системам виявлення літальних апаратів, взаємодія електромагнітних хвиль із плазмою.
