

УДК 621.396.96

В.Й. Климченко¹, М.Р. Арасланов¹, О.В. Белавін²¹Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків²Командування Повітряних Сил Збройних Сил України, Вінниця

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ РЛС НА ВІДПОВІДНІСТЬ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНИМ ВИМОГАМ

Пропонується методика чисельної оцінки ефективності засобів радіолокації на основі використання інтегрального показника зразка Q_{ef} , який показує ступінь відповідності тактико-технічних характеристик (показників) зразка заданому еталону при виконанні конкретного бойового завдання. Суть методики полягає у ваговому складанні нормованих часткових показників РЛС. Перелік параметрів РЛС та внесок в Q_{ef} кожного з них залежить від призначення (класу) РЛС та конкретного бойового завдання.

Ключові слова: оцінка ефективності, засоби радіолокації, тактико-технічні характеристики, інтегральний показник, вагова функція.

Вступ

Постановка завдання. За теперішнього часу на озброєнні радіотехнічних військ Повітряних Сил Збройних Сил України знаходиться велика кількість різних за призначенням радіолокаційних засобів розвідки повітряного противника. Понад 90% з них перебувають в експлуатації більше 25 років, виробили встановлені ресурси і є морально застарілими. З очікуваним оновленням парку РЛС виникає задача перевірки відповідності модернізованих або нових зразків оперативно-тактичним вимогам (ОТВ) до того чи іншого типу РЛС та оцінки ступеню такої відповідності або ж порівняння їх з еталонними зразками озброєння та військової техніки (ОВТ).

До сьогодні оцінка ефективності основної номенклатури ОВТ, що знаходиться на озброєнні радіотехнічних військ (РТВ), здійснювалась з використанням методичного апарату та розроблених на його основі в Центральному науково-дослідному інституті озброєння та військової техніки (ЦНДІ ОВТ) Збройних Сил України методичних рекомендацій [1]. Але означений методичний апарат орієнтований переважно на визначення рейтингу технічного рівня ОВТ родів військ в цілому.

Стосовно ж конкретних зразків ОВТ, що перебувають на озброєнні певних родів військ, зокрема РТВ, зазначений вище методичний апарат не враховує ні особливостей різних типів РЛС, ні специфіки виконуваних ними завдань. Через це розробка часткової методики оцінювання показників ефективності РЛС на відповідність ОТВ або найбільш досконалим зарубіжним зразкам ОВТ є і доцільною, і необхідною. Означена часткова методика може слугувати як доповнення до загальних методичних рекомендацій [1].

1. Класифікація засобів радіолокації

Для врахування особливостей різних типів РЛС, що перебувають на озброєнні РТВ, та специфі-

ки виконуваних ними завдань необхідна відповідна класифікація. В основу класифікації наземних військових засобів радіолокаційної розвідки і контролю повітряного простору необхідно покласти як тактичні, так і технічні ознаки. Для практичного використання методики достатньо трьох рівнів класифікації.

Головною ознакою верхнього рівня класифікації наземних військових засобів радіолокації (ЗРЛ) є такий параметр РЛС, як межі (просторові розміри) зони виявлення цілей. За цією ознакою ЗРЛ поділяються на РЛС нижнього (малі висоти) та РЛС верхнього ярусу (великі і середні висоти) радіолокаційного поля.

Наступний (другий) рівень класифікаційної ієрархії – це сукупність пов'язаних властивостей РЛС (складу інформації, що видається, точнісних характеристик та складності побудови й вартості), яка суттєво впливає на використання РЛС за призначенням. За цією ознакою РЛС поділяються на РЛС чергового поля, РЛС виявлення та цілевказання і висотоміри.

РЛС чергового поля, РЛС виявлення та цілевказання і висотоміри можуть бути різного діапазону хвиль. Отже на третьому рівні класифікації наземні військові засоби радіолокації поділяються на РЛС метрового, дециметрового та сантиметрового діапазону хвиль.

З урахуванням викладеного пропонується наступна класифікація сучасних та перспективних наземних засобів радіолокаційної розвідки і контролю повітряного простору.

РЛС верхнього ярусу поля:

- а) всевисотні РЛС чергового поля метрового діапазону хвиль (частотний діапазон 140...220 МГц);
- б) всевисотні РЛС виявлення та цілевказання (РЛС бойового режиму):

- 1) метрового діапазону хвиль (частотний діапазон 140...220 МГц);

- 2) дециметрового діапазону хвиль (частотний діапазон 810...1400 МГц);

3) сантиметрового діапазону хвиль (частотний діапазон 2700...3200 МГц);

в) висотоміри діапазону хвиль (частотний діапазон 2500...2900 МГц).

РЛС нижнього ярусу поля:

а) РЛС чергового поля малих висот (маловисотні РЛС чергового режиму) дециметрового діапазону хвиль (частотний діапазон 810...1400 МГц);

б) РЛС виявлення та цілевказання нижнього ярусу поля (маловисотні РЛС бойового режиму) сантиметрового діапазону хвиль (частотний діапазон 2700...3200 МГц);

в) висотоміри нижнього ярусу поля сантиметрового діапазону хвиль (частотний діапазон 6500...7000 МГц).

2. Встановлення факторного простору визначальних ТТХ

Оглядові РЛС розвідки повітряного противника, як і будь-які складні системи, характеризуються великою кількістю параметрів, які заносяться в формуляр зразка озброєння, як тактико-технічні характеристики (ТТХ). Означені параметри є неоднорідними, оскільки описують різні властивості РЛС. Ця обставина значно ускладнює процедуру оцінювання бойової ефективності зразка. В таких випадках вдаються до декомпозиції ТТХ по рівнях ієрархії для кожного класу РЛС так, щоб групи ТТХ характеризували здатність зразка здійснювати певну функцію при виконанні типового бойового завдання [2].

Оскільки оцінку бойової ефективності РЛС передбачається проводити в межах класу ЗРЛ, то достатньо буде обмежитись одноступеневою декомпозицією ТТХ. Усі ТТХ, які безпосередньо впливають на бойову ефективність ЗРЛ повітряного противника, можна об'єднати в такі групи:

- параметри зони виявлення цілей за відсутності завад;
- точнісні характеристики радіолокаційної інформації;
- роздільні здатності по координатах;
- можливості з радіоелектронного захисту;
- можливості з обробки та видачі інформації споживачам;
- експлуатаційні характеристики;
- характеристики мобільності і готовності РЛС до бойового застосування.

Ті ТТХ, які визначають суто технічні або економічні характеристики РЛС і безпосередньо не впливають на бойову ефективність, з переліку вилучені.

3. Суть методики

Одиниці вимірювання ТТХ є різними, що значно ускладнює виконання арифметичних дій, необхідних в окремих процедурах. Тому необхідно виконати попереднє перетворення, яке полягає в стандартизації ТТХ. В

основу стандартизації покладене нормування характеристик відносно еталонного зразка. Нормований показник зразка r_i розраховується за формулою

$$r_i = \begin{cases} \frac{P_i}{P_{ei}}, & \text{якщо збільшення } P_i \text{ означає} \\ & \text{підвищення якості РЛС} \\ \frac{P_{ei}}{P_i}, & \text{якщо збільшення } P_i \text{ означає} \\ & \text{зниження якості РЛС,} \end{cases} \quad (1)$$

де P_i - і-й показник зразка; P_{ei} - і-й показник відповідного еталонного зразка.

У випадку, коли $r_i > 1$, то приймається значення $r_i = 1$. Далі здійснюється вагове складання нормованих показників в групі характеристик і розраховується нормований показник групи ТТХ g_j :

$$g_j = \left(\sum_{i=1}^m r_i k_i \right), \quad (2)$$

де m - кількість показників в групі; r_i - і-й нормований показник в групі; k_i - ваговий коефіцієнт і-го нормованого показника в групі, причому $\sum_{i=1}^m k_i = 1$.

Наступним кроком є вагове складання нормованих показників груп ТТХ. Фактично це і буде оцінка ефективності Q_{ef} зразка ЗРЛ, яка характеризує відповідність зразка еталону чи ОТВ. Знаходження вагових коефіцієнтів здійснюється методом експертних оцінок [3].

Для більшої наочності оцінки відповідності доцільно виразити її у відсотках. Тому остаточна формула буде мати вигляд:

$$Q_{ef} = 100 \left(\sum_{j=1}^n g_j v_j \right), \quad (3)$$

де n - кількість груп ТТХ; v_j - ваговий коефіцієнт j -ої групи ТТХ, причому $\sum_{j=1}^n v_j = 1$.

Значення показників еталонних зразків та вагових коефіцієнтів РЛС різних класів наведені у табл. 1 - 8.

Для спрощення методики для кожного класу РЛС достатньо розглянути лише головну бойову задачу, а саме:

- для РЛС чергового поля метрового діапазону хвиль - ведення радіолокаційної розвідки та видача розвідувальної інформації;

- для РЛС виявлення та цілевказання різних діапазонів хвиль та висотомірів - ведення радіолокаційної розвідки та видача бойової інформації;

- для РЛС чергового поля малих висот дециметрового діапазону хвиль - ведення радіолокаційної розвідки на малих висотах та видача розвідувальної інформації;

- для РЛС виявлення та цілевказання нижнього ярусу поля сантиметрового діапазону хвиль та висотомірів нижнього ярусу поля - ведення радіолокаційної розвідки на малих висотах та видача бойової інформації.

Таблиця 1

Всевисотні РЛС чергового поля метрового діапазону хвиль

Група ТТХ	ТТХ РЛС	Значення параметра зразка (P _i)	Еталонне значення параметра (P _{ет})	Нормований параметр (r _i)	Ваговий коефіцієнт параметра в групі (k _i)	Нормований показник групи ТТХ (g _i)	Ваговий коефіцієнт групи ТТХ (v _i)	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Зона виявлення цілей	Дальність виявлення цілі ¹⁾ , в км на висоті 10000 м		320		0,5		0,3	
	Максимальна висота виявлення цілей, км		35		0,3			
	Максимальний кут місця зони виявлення цілей, град		20		0,2			
Точність вимірювання координат	Середньоквадратичні похибки вимірювання координат:						0,2	
	- дальності σ_D , м;		300		0,5			
	- азимуту σ_B , мін. кутова		200		0,5			
Роздільна здатність	Роздільна здатність ²⁾ :						0,1	
	- по дальності Δr , м		1600		0,5			
	- по азимуту $\Delta \beta$, град		7		0,5			
Радіоелектронний захист	Захищеність від загородж. АШЗ: коеф. стиснення зони виявлення при наявності 3-х еквівал. ПАЗ ³⁾			0,6			0,2	
	Захищеність від імпульсних завад ("с" – 1, відсутня – 0)			1				0,2
	Захищеність від пасивних завад: коефіцієнт придушення місцевих предметів, дБ			40				0,4
	Використання методів захисту від ПРР ⁶⁾ (комбінованих – 1, активних – 0,7, пасивних – 0,3, відсутні – 0)			1				0,1
Обробка РЛП	Кількість автоматично та автоматизовано супроводжуваних трас цілей			200			0,1	
	Мінімальний період оновлення інформації ("10 с" – 1, ">10 с" – 0,5)			1				0,3
Експлуатаційні характеристики	Середній час напрацювання на відмову, год			1500			0,1	
	Середн. час відновлення, год			0,5				0,2
	Призначений ресурс, год			50000				0,4

Таблиця 2

Всевисотні РЛС виявлення та цілевказання метрового діапазону хвиль

Група ТТХ	ТТХ РЛС	Значення параметра зразка (P _i)	Еталонне значення параметра (P _{ет})	Нормований параметр (r _i)	Ваговий коефіцієнт параметра в групі (k _i)	Нормований показник групи ТТХ (g _i)	Ваговий коефіцієнт групи ТТХ (v _i)	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Зона виявлення цілей	Дальність виявлення цілі ¹⁾ , в км на висоті 10000 м		320		0,4		0,2	
	Максимальна висота виявлення цілей, км		35		0,2			
	Максимальний кут місця зони виявлення цілей, град		30		0,2			
	Кількість вимірюваних координат (r, β , h)		3		0,15			
	Наявність системи пеленгування ПАЗ, ("с" – 1, відсутня – 0)		1		0,05			
Точність вимірювання координат	Середньоквадратичні похибки вимірювання координат:						0,15	
	- дальності σ_D , м;		150		0,4			
	- азимуту σ_B , мін. кутова		15		0,4			
	- висоти σ_H , м		800		0,1			
	- азимуту ПАЗ ³⁾ $\sigma_{\text{ПАЗ}}$, мінута кутова		30		0,05			
	- кута місця ПАЗ ³⁾ $\sigma_{\text{ЕПАЗ}}$, мінута кутова		30		0,05			
Роздільна здатність	Роздільна здатність ²⁾ :						0,15	
	- по дальності Δr , м		300		0,45			
	- по азимуту $\Delta \beta$, град		4		0,45			
	- по куту місця $\Delta \epsilon$, град		3,5		0,1			
Радіоелектронний захист	Захищеність від загородж. АШЗ: коеф. стиснення зони виявлення при наявності 3-х еквівал. ПАЗ ³⁾			0,6			0,2	
	Захищеність від імпульсних завад ("с" – 1, відсутня – 0)			1				0,1
	Захищеність від пасивних завад: коефіцієнт придушення місцевих предметів, дБ			40				0,4
	Використання методів захисту від ПРР ⁶⁾ (комбінованих – 1, активних – 0,7, пасивних – 0,3, відсутні – 0)			1				0,1
Обробка РЛП	Кількість автоматично та автоматизовано супроводжуваних трас цілей			200			0,1	
	Мінімальний період оновлення інформації ("10 с" – 1, ">10 с" – 0,5)			1				0,3
Експлуатаційні характеристики	Середній час напрацювання на відмову, год			1000			0,1	
	Середн. час відновлення, год			0,5				0,2
	Призначений ресурс, год			30000				0,4
Мобільність і готовність	Час розгортання ("T _p ≤ 1 год" – 1; "1 год > T _p ≤ 10 год" – 0,5; T _p > 10 год – 0)			1			0,1	
	Спосіб пересування ("автомобільний хід" – 1, причепи – 0,8, інше – 0,5)			1				0,3
	Кількість транспортних одиниць ("≤ 2" – 1, "3" – 0,5, "> 3" – 0)			1				0,3

Таблиця 3

Всевисотні РЛС виявлення та цілевказання дециметрового діапазону хвиль

Група ТТХ	ТТХ РЛС	Значення параметра зразка (P _i)	Еталонне значення параметра (P _{ei})	Нормований параметр (r _i)	Ваговий коефіцієнт параметра в групі (k _i)	Нормований показник групи ТТХ (g _i)	Ваговий коефіцієнт групи ТТХ (v _i)
1	2	3	4	5	6	7	8
Зона виявлення цілей	Дальність виявлення цілі ¹⁾ , в км на висоті 10000 м		340		0,4		0,2
	Максимальна висота виявлення цілей, км		35		0,2		
	Максимальний кут місця зони виявл. цілей, град		45		0,2		
	Кількість вимірюваних координат (r, β, h)		3		0,15		
	Наявність сист. пеленг. ПАЗ, ("є" – 1, відсутня – "0")		1		0,05		
Точність вимірювання координат	Середньоквадратичні похибки вимірювання координат:						0,15
	- дальності σ _р , м;		100		0,4		
	- азимуту σ _β , мін. кутова		15		0,4		
	- висоти ²⁾ σ _h , м		600		0,1		
	- азимуту ПАЗ ³⁾ σ _{ПАЗ} , мінута кутова		20		0,05		
- кута місця ПАЗ ³⁾ σ _{ПАЗ} , мінута кутова		25		0,05			
Роздільна здатність	Роздільна здатність ³⁾ :						0,15
	- по дальності Δr, м		300		0,45		
	- по азимуту Δβ, град		4		0,45		
	- по куту місця Δε, град		3		0,1		
Радиоелектронний захист	Захищеність від загородж. АПЗ: коеф. стиснення зони виявлення при наявності 3-х еквівал. ПАЗ ⁴⁾		0,6		0,4		0,2
	Захищеність від імпульсних завад ("є" – 1, відсутня – 0)		1		0,1		
	Захищеність від пасивних завад: коеф. придушення місцевих предметів, дБ		40		0,4		
	Використання методів захисту від протирадіолокаційних ракет ⁶⁾ (комбінованих – 1, активних – 0,7, пасивних – 0,3, відсутні – 0)		1		0,1		
Обробка РЛС	К-ть автоматично та автоматизовано супроводж. трас цілей		200		0,7		0,1
	Мінімальний період оновлення інформації ("10 с" – 1, ">10 с" – 0,5)		1		0,3		
Експлуатаційні характеристики	Середній час напрацювання на відмову, год		1000		0,4		0,1
	Середній час відновлення, год		0,5		0,2		
	Призначений ресурс, год		30000		0,4		
Мобільність	Час розг. ("T _p ≤ 1 год" – 1; "1 год > T _p ≤ 5 год" – 0,5; T _p > 5 год – 0)		1		0,4		0,1
	Спосіб перес. ("автомоб. хід" – 1, причепа – 0,5, інше – "0")		1		0,3		
	Кількість транспортних одиниць ("1" – 1, "2" – 0,5, ">2" – 0)		1		0,3		

Таблиця 4

Всевисотні РЛС виявлення та цілевказання сантиметрового діапазону хвиль

Група ТТХ	ТТХ РЛС	Значення параметра зразка (P _i)	Еталонне значення параметра (P _{ei})	Нормований параметр (r _i)	Ваговий коефіцієнт параметра в групі (k _i)	Нормований показник групи ТТХ (g _i)	Ваговий коефіцієнт групи ТТХ (v _i)
1	2	3	4	5	6	7	8
Зона виявлення цілей	Дальність виявлення цілі ¹⁾ , в км на висоті 10000 м		340		0,4		0,2
	Максимальна висота виявлення цілей, км		35		0,2		
	Максимальний кут місця зони виявл. цілей, град		45		0,2		
	Кількість вимірюваних координат (r, β, h)		3		0,15		
	Наявність системи пеленгування ПАЗ, ("є" – 1, відсутня – 0)		1		0,05		
Точність вимірювання координат	Середньоквадратичні похибки вимірювання координат:						0,15
	- дальності σ _р , м;		150		0,4		
	- азимуту σ _β , мін. кутова		15		0,4		
	- висоти ²⁾ σ _h , м		500		0,1		
	- азимуту ПАЗ ³⁾ σ _{ПАЗ} , мінута кутова		15		0,05		
- кута місця ПАЗ ³⁾ σ _{ПАЗ} , мінута кутова		20		0,05			
Роздільна здатність	Роздільна здатність ³⁾ :						0,15
	- по дальності Δr, м		300		0,45		
	- по азимуту Δβ, град		3		0,45		
	- по куту місця Δε, град		2,5		0,1		
Радиоелектронний захист	Захищеність від загородж. АПЗ: коеф. стиснення зони виявлення при наявності 3-х еквівал. ПАЗ ⁴⁾		0,7		0,4		0,2
	Захищеність від імпульсних завад ("є" – 1, відсутня – 0)		1		0,1		
	Захищеність від пасивних завад: коеф. придушення місцевих предметів, дБ		40		0,4		
	Використання методів захисту від ПРР ⁶⁾ (комбінованих – 1, активних – 0,7, пасивних – 0,3, відсутні – 0)		1		0,1		
Обробка РЛС	К-ть автоматично та автоматизовано супроводж. трас цілей		200		0,7		0,1
	Мінімальний період оновлення інформації ("10 с" – 1, ">10 с" – 0,5)		1		0,3		
Експлуатаційні характеристики	Середній час напрацювання на відмову, год		1000		0,4		0,1
	Середн. час відновл., год		0,5		0,2		
	Призначений ресурс, год		30000		0,4		
Мобільність	Час розг. ("T _p ≤ 0,5 год" – 1; "0,5 год > T _p ≤ 2 год" – 0,5; T _p > 2 год – 0)		1		0,4		0,1
	Спосіб перес. ("автомоб. хід" – 1, причепа – 0,5, інше – "0")		1		0,3		

Таблиця 5

Висотоміри діапазону хвиль 2500...2900 МГц

Група ТТХ	ТТХ РЛС	Значення параметра зразка (P _i)	Еталонне значення параметра (P _{ei})	Нормований параметр (r _i)	Ваговий коефіцієнт параметра в групі (k _i)	Нормований показник групи ТТХ (g _i)	Ваговий коефіцієнт групи ТТХ (v _i)	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Зона виявлення цілей	Дальність виявлення цілі ¹⁾ , в км на висоті 10000 м		365		0,5		0,25	
	Максимальний кут місця зони виявлення цілей, град		45		0,4			
	Наявність системи пеленгування ПАЗ, ("є" – 1, відсутня – 0)		1		0,1			
Точність вимірювання координат	Середньоквадратичні похибки вимірювання координат:						0,25	
	- дальності σ _D , м;		150		0,1			
	- азимуту σ _β , мінута кутова		20		0,05			
	- висоти σ _H , м		300		0,8			
	- кута місця ПАЗ ³⁾ σ _{εПАЗ} , мінута кутова		10		0,05			
Роздільна здатність	Роздільна здатність ⁵⁾ :						0,15	
	- по дальності Δr, м		200		0,4			
	- по азимуту Δβ, град		3		0,3			
	- по куту місця Δε, град		1,5		0,3			
Радіоелектронний захист	Захищеність від загороджувальних АПЗ: коефіцієнт стиснення зони виявлення при наявності 3-х еквівалентних ПАЗ ⁴⁾			0,6			0,15	
	Захищеність від імпульсних завад ("є" – 1, відсутня – 0)			1				0,1
	Захищеність від пасивних завад: коефіцієнт придушення місцевих предметів, дБ			40				0,4
	Використання методів захисту від протирадіолокаційних ракет ⁶⁾ (комбінованих – 1, активних – 0,7, пасивних – 0,3, відсутні – 0)			1				0,1
Експлуатаційні характеристики	Середній час напрацювання на відмову, год			1000			0,1	
	Середній час відновлення, год			0,5				0,2
	Призначений ресурс, год			30000				0,4
Мобільність і готовність	Час розгортання ("T _p ≤ 0,5 год" – 1; "0,5 год > T _p ≤ 2 год" – 0,5; T _p > 2 год – 0)			1			0,1	
	Спосіб перес. ("автом. хід" – 1, причепа – 0,5, інше – 0)			1				0,3
	Кількість транспортних одиниць ("1" – 1, "2" – 0,5, ">2" – 0)			1				0,3

Таблиця 6

Маловисотні РЛС чергового поля дециметрового діапазону хвиль

Група ТТХ	ТТХ РЛС	Значення параметра зразка (P _i)	Еталонне значення параметра (P _{ei})	Нормований параметр (r _i)	Ваговий коефіцієнт параметра в групі (k _i)	Нормований показник групи ТТХ (g _i)	Ваговий коефіцієнт групи ТТХ (v _i)	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Зона виявлення цілей	Дальність виявлення цілі ¹⁾ , в км на висоті 1000 м		120		0,5		0,25	
	Максимальна висота виявлення цілей, км		10		0,3			
	Максимальний кут місця зони виявлення цілей, град		30		0,2			
Точність вимірювання координат	Середньоквадратичні похибки вимірювання:						0,15	
	- дальності σ _D , м;		200		0,5			
	- азимуту σ _β , мінута кутова		20		0,5			
Роздільна здатність	Роздільна здатність ⁵⁾ :						0,1	
	- по дальності Δr, м		300		0,5			
	- по азимуту Δβ, град		4		0,5			
Радіоелектронний захист	Захищеність від загородж. АПЗ: коефіцієнт стиснення зони виявл. при наявності 1-го еквів. ПАЗ ⁴⁾			0,6			0,2	
	Захищеність від імпульсних завад ("є" – 1, відсутня – 0)			1				0,2
	Захищеність від пасивних завад: коефіцієнт придушення місцевих предметів, дБ			40				0,4
	Використання методів захисту від ППП ⁶⁾ (пасивних – 1, відсутні – 0)			1				0,1
Обробка РЛП	К-сть автоматично та автоматизовано супроводж. трас цілей			150			0,1	
	Мінімальний період оновлення інформації ("5 с" – 1, ">5 с" – 0,5)			1				0,3
Експлуатаційні характеристики	Середній час напрацювання на відмову, год			1500			0,1	
	Середній час відновлення, год			0,5				0,2
	Призначений ресурс, год			50000				0,4
Мобільність і готовність	Час розгортання ("T _p ≤ 0,5 год" – 1; "0,5 год > T _p ≤ 1 год" – 0,5; T _p > 1 год – 0)			1			0,1	
	Спосіб пересування ("автомобільний хід" – 1, інше – 0)			1				0,3
	Кількість транспортних одиниць ("1" – 1, "2" – 0,5, ">2" – 0)			1				0,3

Таблиця 7

Маловисотні РЛС виявлення та цілевказання сантиметрового діапазону хвиль

Група ТТХ	ТТХ РЛС	Значення параметра зразка (P _i)	Еталонне значення параметра (P _{ei})	Нормований параметр (r _i)	Ваговий коефіцієнт параметра в групі (k _i)	Нормований показник групи ТТХ (g _i)	Ваговий коефіцієнт групи ТТХ (v _i)
1	2	3	4	5	6	7	8
Зона виявлення цілей	Дальність виявлення цілі ¹⁾ , в км на висоті 1000 м		130		0,4		0,2
	Максимальна висота виявлення цілей, км		10		0,2		
	Максимальний кут місця зони виявлення цілей, град		45		0,2		
	Кількість вимірюваних координат (r, β, h)		3		0,15		
	Наявність системи пеленгування ПАЗ, ("е" – 1, відсутня – 0)		1		0,05		
Точність вимірювання координат	Середньоквадратичні похибки вимір. координат:						0,15
	- дальності σ _D , м;		150		0,4		
	- азимуту σ _B , мінута кутова		15		0,4		
	- висоти ²⁾ σ _H , м		400		0,1		
	- азимуту ПАЗ ³⁾ σ _{ВПАЗ} , мінута кутова		15		0,05		
	- кута місця ПАЗ ³⁾ σ _{єПАЗ} , мінута кутова		20		0,05		
Роздільна здатність	Роздільна здатність ³⁾ :						0,15
	- по дальності Δ _r , м		300		0,45		
	- по азимуту Δ _β , град		3		0,45		
	- по куту місця Δ _ε , град		2,5		0,1		
Радіоелектронний захист	Захищеність від загородж. АПЗ: коефіцієнт стиснення зони виявлення при наявності 3-х еквів. ПАЗ ⁴⁾			0,7	0,4		0,2
	Захищеність від імпульсних завад ("е" – 1, відсутня – 0)			1	0,1		
	Захищеність від пасивних завад: коеф. придушення місцевих предметів, дБ			40	0,4		
	Використання методів захисту від ПРР ⁵⁾ (комбінованих – 1, активних – 0,7, пасивних – 0,3, відсутні – 0)			1	0,1		
Обробка РЛ	К-сть автоматично та автоматизовано супроводж. трас цілей			150	0,7		0,1
	Мінімальний період оновлення інформації ("5 с" – 1, ">5 с" – 0,5)			1	0,3		
Експлуатац. характеристики	Середній час напрацювання на відмову, год			1000	0,4		0,1
	Середній час відновлення, год			0,5	0,2		
	Призначений ресурс, год			30000	0,4		
Мобільність і готовність	Час розг. ("T _p ≤ 0,5 год" – 1; "0,5 год > T _p ≤ 1 год" – 0,5; T _p > 1 год – 0)			1	0,4		0,1
	Спосіб перес. ("автом. хід" – 1, причепи – 0,5, інше – 0)			1	0,3		
	Кількість транспортних одиниць ("1" – 1, "2" – 0,5, ">2" – 0)			1	0,3		

Таблиця 8

Висотоміри нижнього ярусу поля

Група ТТХ	ТТХ РЛС	Значення параметра зразка (P _i)	Еталонне значення параметра (P _{ei})	Нормований параметр (r _i)	Ваговий коефіцієнт параметра в групі (k _i)	Нормований показник групи ТТХ (g _i)	Ваговий коефіцієнт групи ТТХ (v _i)
1	2	3	4	5	6	7	8
Зона виявлення цілей	Дальність виявлення цілі ¹⁾ , в км на висоті 1000 м		140		0,5		0,25
	Максимальний кут місця зони виявлення цілей, град		30		0,4		
	Наявність системи пеленгування ПАЗ, ("е" – 1, відсутня – 0)		1		0,1		
Точність вимірювання координат	Середньоквадр. похибки вимірювання координат:						0,25
	- дальності σ _D , м;		150		0,1		
	- азимуту σ _B , мін. кутова		20		0,05		
	- висоти ²⁾ σ _H , м		150		0,8		
	- кута місця ПАЗ ³⁾ σ _{єПАЗ} , мінута кутова		10		0,05		
Роздільна здатність	Роздільна здатність ³⁾ :						0,15
	- по дальності Δ _r , м		200		0,4		
	- по азимуту Δ _β , град		3		0,3		
	- по куту місця Δ _ε , град		1		0,3		
Радіоелектронний захист	Захищеність від загородж. АПЗ: коеф. стиснення зони виявл. при наявності 3-х еквів. ПАЗ ⁴⁾			0,6	0,4		0,15
	Захищеність від імпульсних завад ("е" – 1, відсутня – 0)			1	0,1		
	Захищеність від пасивних завад: коеф. придушення місцевих предметів, дБ			40	0,4		
	Використання методів захисту від ПРР ⁵⁾ (комбінов. – 1, активних – 0,7, пасивних – 0,3, відсутні – 0)			1	0,1		
Експл. характеристики	Середній час напрацювання на відмову, год			1000	0,4		0,1
	Середній час відновл., год			0,5	0,2		
	Призначений ресурс, год			30000	0,4		
Мобільність і готовність	Час розг. ("T _p ≤ 0,5 год" – 1; "0,5 год > T _p ≤ 1 год" – 0,5; T _p > 1 год – 0)			1	0,4		0,1
	Спосіб пересування ("автомобільн. хід" – 1, інше – 0)			1	0,3		
	Кількість транспортних одиниць ("1" – 1, ">1" – 0)			1	0,3		

Примітки

1) Дальності виявлення наведені:
– для ймовірності правильного виявлення $P \geq 0,8$ та ймовірності хибних тривог $F \leq 10^{-3}$ цілей з ефективного поверхню розсіювання: 2 м^2 – для сантиметрового діапазону хвиль, 3 м^2 – для дециметрового діапазону хвиль, 5 м^2 – для метрового діапазону хвиль;

– для усього діапазону робочих частот при відсутності навісних завад.

2) Похибки визначення висоти наведені для наступних умов:

– до дальностей, які не перевищують 200 км – для ЗРЛ верхнього ярусу поля, 120 км – для ЗРЛ нижнього ярусу поля;

– для кутів місця над горизонтом, які перевищують значення половини ширини діаграми направленості антени для висотомірів та половини ширини нижнього променя у трикоординатних РЛС з паралельним оглядом простору у вертикальній площині.

³⁾ Середньоквадратичні похибки визначення пеленга постановників АШЗ задані для умов пеленгування поодинокого літака-постановника, що створює активну шумову заваду зі спектральною щільністю 2...10 Вт/МГц.

⁴⁾ Під еквівалентним постановником активних завод (ПАЗ) мається на увазі постановник, що знаходиться на дальності 200 км від РЛС, на висоті 10 км та випромінює в напрямку на РЛС активні шумові завади (АШЗ) зі спектральною щільністю потужності 10 Вт/МГц.

⁵⁾ Роздільна здатність за кутом місця для трикоординатних РЛС та висотомірів задані для кутів місця над горизонтом, які перевищують значення половини ширини діаграми направленості антени для висотомірів та половини ширини нижнього променя у трикоординатних РЛС з паралельним оглядом простору у вертикальній площині.

⁶⁾ Методи захисту від протирадіолокаційних ракет (ПРР): пасивні – різноманітні методи зміни режимів випромінювання зондувальних сигналів; активні – використання відволікаючих джерел випромінювання; комбіновані – сукупність пасивних та активних методів.

4 Алгоритм оцінки ефективності ЗРЛ РТВ

Алгоритм оцінки ефективності ЗРЛ РТВ зводиться до послідовного виконання наступних дій: а) класифікація засобу радіолокації, що оцінюється, тобто визначення до якого з наведених класів РЛС відноситься зразок; б) у відповідності з класом зразка вибирається одна з наведених таблиць для проведення розрахунків; в) занесення відповідних параметрів зразка в стовпчик 3 ("Значення параметра зразка (P_i)") вибраної таблиці, з попереднім перерахуванням деяких значень параметрів у відповідності з умовами, що вказані в таблиці; г) нормування параметрів оцінюваного зразка відносно еталонного у відповідності з виразом (1) і занесення значення r_i в графу 5 ("Нормований па-

раметр (r_i)"); д) розрахунок за співвідношенням (2) нормованих показників (g_j груп ТТХ і занесення значення g_j в графу 7 ("Нормований показник групи ТТХ (g_j)")); г) проведення розрахунку показника ефективності зразку ЗРЛ $Q_{\text{еф}}$ за формулою (3). Отриманий в процентах результат $Q_{\text{еф}}$ показує ефективність зразка ЗРЛ при виконанні бойової задачі в порівнянні з еталоном, ефективність якого дорівнює 100%.

Проведене для прикладу у відповідності з викладеною методикою порівняльне оцінювання РЛС П-18, П-18МА і МР-1 показує, що означені засоби відповідають оперативно-тактичним вимогам до всевисотних РЛС чергового поля метрового діапазону хвиль (таблиця 1) на 48%, 83% і 95% відповідно.

Висновки

Запропоновано просту методику чисельної оцінки ефективності перспективних РЛС РТВ Повітряних Сил, що розроблюються або модернізуються. Суть методики полягає в порівнянні вибраних показників РЛС з відповідними еталонними, які призначаються окремо для кожного класу РЛС.

Список літератури

1. Методичні рекомендації щодо заповнення карток експертного опитування для оцінки технічного рівня зразків ОВТ та систем озброєння / ЦНДІ ОВТ. – К., 2010. – 33 с.
2. Тактика радіотехнічних військ: Навчальний посібник / Б.В. Бакуменко, В.І. Боровий, В.В. Ковкін та ін.; за ред. Б.В. Бакуменка. – Х.: ХУПС, 2007. – 228 с.
3. Камалтинов Г.Г. Методика визначення граничного стану засобів радіолокації / Г.Г. Камалтинов, Д.А. Дончак, В.І. Климченко // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ДП ЦНДІ НУ. – 2012. – № 2(22)/2012. – С. 17-21.

Надійшла до редколегії 14.08.2013

Рецензент: д-р техн. наук, професор С.П. Лещенко, Харківський університет Повітряних Сил, Харків.

МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЛС НА СООТВЕТСТВИЕ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

В.И. Климченко, М.Р. Арасланов, А.В. Белавин

Предлагается методика численной оценки эффективности средств радиолокации на основе использования интегрального показателя образа $Q_{\text{еф}}$, который показывает степень соответствия тактико-технических характеристик (показателей) образца заданному эталону при выполнении конкретного боевого задания. Суть методики заключается в весовом суммировании нормированных частных показателей РЛС. Перечень параметров РЛС и вклад в $Q_{\text{еф}}$ каждого из них зависит от назначения (класса) РЛС и конкретного боевого задания.

Ключевые слова: оценка эффективности, средства радиолокации, тактико-технические характеристики, интегральный показатель, весовая функция.

METHOD OF EVALUATION OF INDEXES OF EFFICIENCY OF RADAR ON ACCORDANCE TO THE OPERATIONAL-TACTICAL REQUIREMENTS

V.I. Klimchenko, M.R. Araslanov, A.V. Belavin

The paper suggest method of numerical measuring of efficiency of means of radiolocation on the basis of usage of an integral index $Q_{\text{еф}}$ which shows a degree to accordance of tactical-technical characteristics (metrics) of the model to the measurement standard at realization of the concrete battle task. Essence of method consists in weighted summation of the rationed partial metrics of radar. The list of parametres of radar and contribution each of them in $Q_{\text{еф}}$ depends of from purpose (class) of radar and the concrete battle task.

Keywords: estimation of efficiency, radiolocation facilities, tactical-technical characteristics, integral index, weight function.