

## **ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УРАЖЕННЯ ЗЕНІТНИМИ РАКЕТНИМИ КОМПЛЕКСАМИ СЕРЕДНЬОЇ ДАЛЬНОСТІ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ ЗІ ШТУЧНО ЗНИЖЕНОЮ ПЛОЩЕЮ ВІДДЗЕРКАЛЕННЯ**

І.Р. Пархомей<sup>1</sup>, С.М. Піскунов<sup>2</sup>, Г.В. Акулінін<sup>3</sup>, О.М. Ставицький<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Національна академія оборони України, Київ,

<sup>2</sup>Об'єднаний науково-дослідний інститут ЗС України, Харків,

<sup>3</sup>Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

*Розглянуті можливі шляхи удосконалення методів виявлення, супроводження, наведення та ураження сучасних засобів повітряного нападу зі штучно зменшеною радіолокаційною помітністю за допомогою зенітних ракетних комплексів середньої дальності військ ППО.*

*ефективна площа віддзеркалення, радіолокаційна помітність, алгоритми управління зенітними керованими ракетами, прийняття рішення.*

**Постановка проблеми та аналіз літератури.** Одним з основних напрямків розвитку сучасних засобів повітряного нападу (ЗПН) є зменшення їх радіолокаційної помітності в різних діапазонах хвиль на основі використання властивостей композиційних матеріалів та спеціальних геометричних форм за рахунок поглинання та розсіювання електромагнітного випромінювання.

Кількість сучасних малопомітних ЗПН, які залучаються до проведення повітряно-наступальних операцій, постійно зростає [1]. Тому, без істотного удосконалення зенітних ракетних комплексів (ЗРК), стає неможливою їх ефективна протидія ЗПН даного типу [2].

Аналіз загальної ідеології і принципів побудови ЗРК середньої дальності, методів реалізації та конструктивних рішень свідчить про наявність у комплексів цього класу значних можливостей щодо їхньої модернізації в напрямку підвищення бойової ефективності в боротьбі із сучасними ЗПН, в тому числі і з цілями зі штучно зниженою ефективною площею віддзеркалення (ЕПВ).

Задача розробки нових чи удосконалення існуючих зенітних ракет, по суті, є похідною для розв'язання загальної проблеми підвищення ефективності застосування ЗРК при стрільбі по сучасним ЗПН.

**Метою статті** є аналіз можливих напрямків вирішення проблеми підвищення ефективності протидії ЗРК середньої дальності цілям зі штучно зниженою ЕПВ.

**Викладання основного матеріалу.** Вихідними даними для розв'язання зазначеної проблеми є наступне: тип, кількість, характеристики

і тактика бойового застосування ЗПН; кількість, розташування і характер об'єктів, що підлягають прикриттю; асигнування, які держава здатна виділити на програму розробки нових чи удосконалення існуючих ЗРК.

Проведений всебічний аналіз основних положень та напрямків удосконалення засобів ППО, які при виділених асигнуваннях забезпечать найбільш високий рівень їх ефективності, показав, що вирішення загальної проблеми розпадається на декілька часткових завдань:

- 1) розробка методів виявлення та супроводження повітряних цілей зі штучно зниженою ЕПВ;
- 2) удосконалення методів наведення та ураження повітряних шлей з штучно зниженою ЕПВ;
- 3) узагальнення запропонованих методів та оцінка їх ефективності.

Проаналізуємо напрями та методи можливого розв'язання кожного окремого завдання.

Ефективна боротьба з літальними апаратами зі штучно зниженою ЕПВ в першу чергу залежить від вирішення задачі виявлення таких цілей. Одним з можливих шляхів вирішення цього завдання є отримання відбитого сигналу від малопомітної цілі за умови отримання концентрованого електромагнітного поля, віддзеркаленого від збудженого прикордонного шару радіопоглинаючого матеріалу, яке відбувається внаслідок резонансу електронів цього шару при падінні електромагнітного поля з частотою кратною частоті вільних коливань кристалічної решітки поглинаючого матеріалу [3]. Виникнення ефекту збудження при опроміненні на певних частотах динамічної повітряної цілі викликає концентрацію енергії розсіяного електромагнітного поля в так званих "вікнах прозорості", що дає можливість виявлення цілі [3].

В загальному випадку РЛС виявлення при роботі проти цілей зі зниженою ЕПВ отримує віддзеркалений сигнал, середня потужність якого недостатня для перевищення порогового значення для прийняття рішення про наявність цілі (рис. 1).

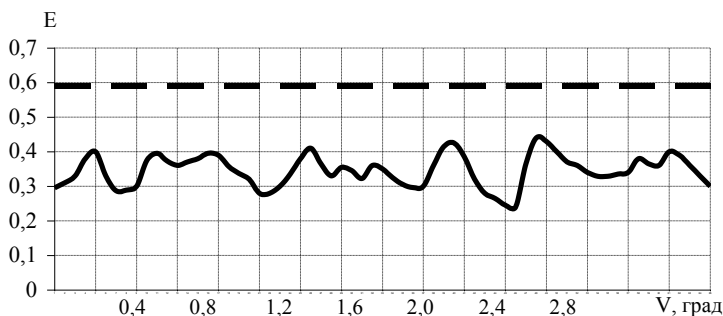


Рис. 1. Залежність амплітуди віддзеркаленого сигналу від цілі з малою ЕПВ від кута падіння  $V$  при однопозиційній локації

В ході фізичного моделювання для визначення розсіяного електромагнітного поля в напрямку приймальної системи були отримані розрахункові залежності напруженості електричного поля у залежності від кута падіння плоскої електромагнітної хвилі для заданого значення вхідного імпедансу покриття (рис. 2) [3].

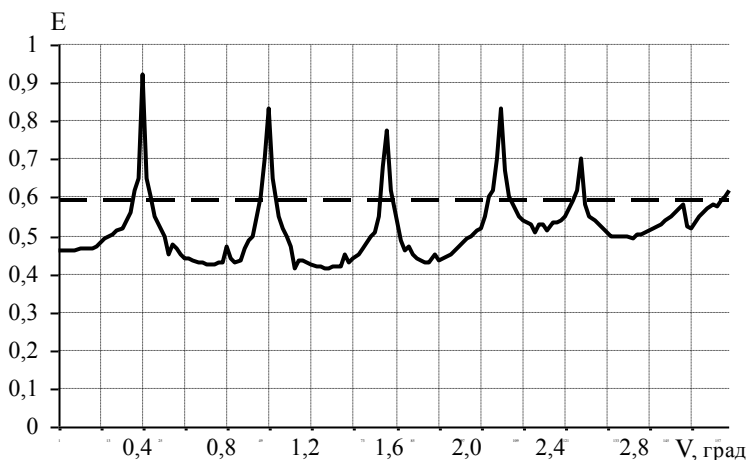


Рис. 2. Залежність амплітуди відбитої від металевого конуса хвилі від кута падіння  $V$  при однопозиційній локації

Перевищення відношення сигнал/шум над граничним значенням дозволяє стверджувати, що при відповідних удосконаленнях приймальної системи і алгоритму виявлення для РЛС ЗРК середньої дальності існують шляхи збільшення ефективності роботи комплексу по цілям зі штучно зниженою ЕПВ.

Аналіз існуючих способів вторинної обробки свідчить про неможливість їх застосування при супроводженні цілей в умовах виникнення інформаційної невизначеності про параметри руху цілі.

Проведені дослідження показують [4], що використання декількох джерел для оцінки параметрів руху цілі від пасивних (тепловізори, оптичні засоби) та активних (РЛС) засобів дозволяють при поєднанні отриманої інформації у вирішальному правилі розв'язати задачу вторинної обробки. Це правило лежить в основі пасивно-активного методу траєкторної підтримки супроводження траси цілі в системах супроводження ЗРК і вирішує завдання відновлення структури спектру відзеркаленого сигналу за допомогою спеціалізованого обчислювача, який реалізує алгоритм швидкого перетворювання Фур'є [4].

Вирішальне правило для ототожнення параметрів вимірів активно-пасивних засобів, при їхній роботі в асинхронному режимі, буде мати вид [5]:

$$Z = \sum_{k=1}^{T_{\text{РЛС}}(T_{\text{ПАС}})} \frac{(r_k - M(r_k))^2}{\sigma_{r_k}^2} \leq C,$$

де  $Z$  – оціночне значення параметра, що вимірюється;  $T_{\text{РЛС}}$  ( $T_{\text{ПАС}}$ ) – періодичність надходження інформації від активних (пасивних) засобів повітряної розвідки;  $r_k$  – поточна відстань до об'єкту;  $M(r_k)$  – математичне очікування значення відстані до об'єкту, що спостерігається;  $\sigma_r$  – середнє квадратичне відхилення очікування оціненого значення дальності до об'єкту.

Рішення про приналежність параметрів вимірів у результаті опрацювання даних циклу  $T_{\text{РЛС}}$  і декількох  $T_{\text{ПАС}}$  приймається, якщо при деякому  $k$  значення  $Z$  не перевищує заданий поріг  $C$ .

Для оцінки якості запропонованого методу ототожнення на рис. 3 представлена залежність  $F_{\text{ЛГ}} = f\left(\frac{r^2}{\sigma^2}\right)$  імовірності помилкового рішення від значення параметра нецентральності при фіксованому значенні імовірності правильного визначення  $P = \text{const}$ .

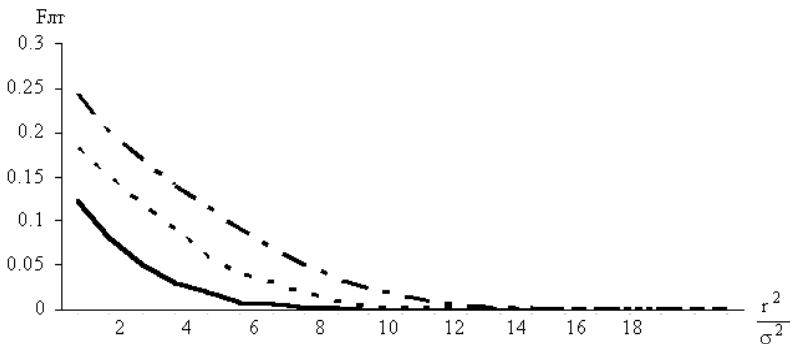


Рис. 3. Графік залежності імовірності помилкового рішення від значення параметра нецентральності:

- · — · — — значення імовірності прийняття помилкового рішення, при імовірності правильного  $P = 0,7$ ;
- — — — значення імовірності прийняття помилкового рішення, при імовірності правильного  $P = 0,8$ ;
- значення імовірності прийняття помилкового рішення, при імовірності правильного  $P = 0,9$

Результати розрахунків показали, що при відстані між динамічними об'єктами в діапазоні 150...250 м і при імовірності ухвалення рішення правильного ототожнення вимірів  $P = 0,9$ , імовірність помилкового рішення не перевищує значення 0,1.

Таким чином, реалізація даного методу ототожнення вимірів РЛС і

пасивних засобів виявлення дозволяє істотно зменшити кількість помилок траєкторій на етапах зав'язки і їхньому супроводі.

Завдання ураження цілі викликає необхідність створення умов виводу ЗРК в область допустимого промаху, тобто остаточного усунення інформаційної невизначеності про параметри руху цілі. Це завдання може бути вирішене за допомогою методу адаптації управління ЗРК до малоінформаційних віддзеркалених сигналів, під якою розуміється створення алгоритмів управління зенітною ракетою на основі математики нечітких множин та реалізація їх в пристрої управління ракетою – нечіткому логічному регуляторі.

Вивід та утримання ЗРК в межах допустимого промаху відбувається за допомогою формування команд управління в залежності від логічного визначення рівня сигналу кутової швидкості обертання лінії візування ракета-ціль. Приналежність величини відхилення до одного з діапазонів “малого”, “середнього”, “великого” відхилення цілі від лінії візування визначається за допомогою функції приналежності. На основі логічної інформації формується відповідна команда управління в систему управління польотом (СУП) на рулі зенітної ракети.

На рис. 4, рис. 5 показані порівняльні розподіли промахів штатної та модифікованої СУП при маневруванні різними способами.

Основним результатом цього етапу досліджень являються уточнення, що стосуються розмірів зони ураження ЗРК при стрільбі по цілях зі штучно зниженою ЕПВ. Використання даних про розміри зони ураження, що були отримані в процесі модернізації, в майбутньому надасть можливість оцінити приріст ефективності ЗРК при боротьбі з цілями з малою ЕПВ, який може бути отриманий за рахунок запропонованих рішень по проведенню модернізації ЗРК при моделюванні його функціонування з відбиття типового повітряного нападу.

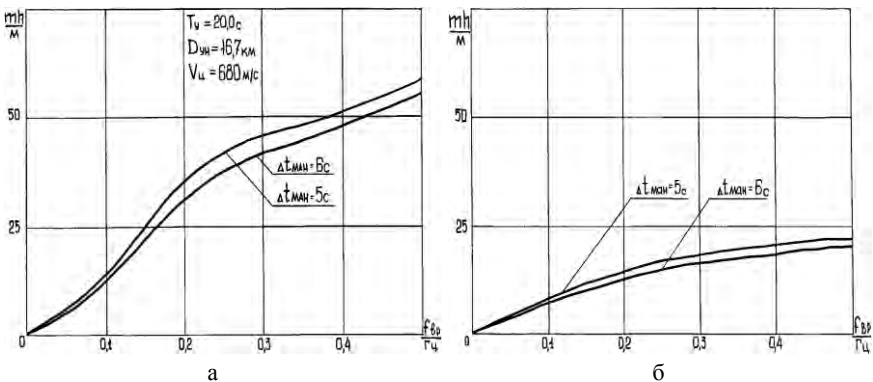


Рис. 4. Розподіл промахів штатної (а) та синтезованої (б) СУП (маневр «Спадаюча спіраль») при ЕПВ  $S = 0,01 \text{ м}^2$

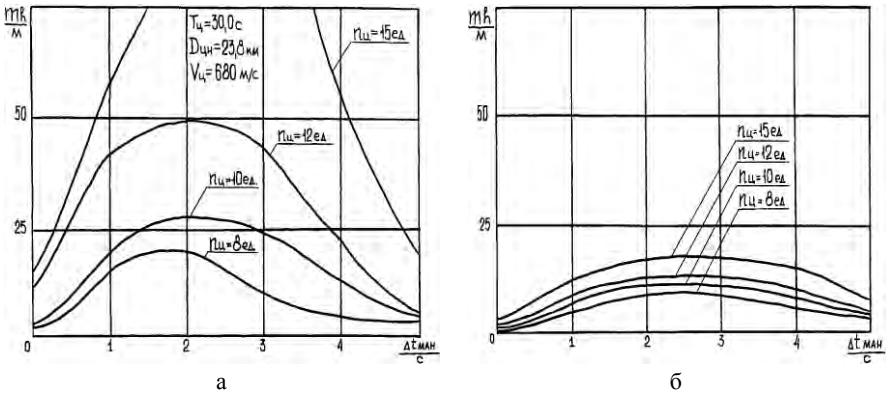


Рис. 5. Розподіл промахів штатної (а) та синтезованої (б) СУП (маневр «Кобрування») при ЕПВ  $S = 0,01 \text{ м}^2$

На заключному етапі дослідження необхідно провести всебічний техніко-економічний аналіз всіх науково-технічних рекомендацій, що пропонуються в процесі модернізації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Слипченко В.И. Войны шестого поколения. Оружие и военное искусство будущего. – М.: Вече, 2002. – 384 с.
2. Моделивання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку): Монографія / Г.А. Дробаха, В.П. Городнов, М.О. Єрмошин, С.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко. – Х.: ХВУ, 2004. – 409 с.
3. Пархомей І.Р. Літак „Стелс” як об’єкт радіолокації // Адаптивные системы управления. – К.: КПИ, 2000. – Вып. 3 (24) – С. 26-32.
4. Пархомей И.Р. Методика синтеза адаптивных алгоритмов управления самонаводящихся ЗУР, повышающих эффективность их боевого применения // Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ „КПІ”. – К.: КПІ, 1999. – № 1. – С. 193-196.
5. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию. – К.: КВЦ, 2000. – 428 с.

Надійшла 6.06.2006

**Рецензент:** доктор технічних наук, доцент Г.В. Єрмаков,  
Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба.