

УДК 621.396.96

В.Й. Климченко, В.О. Тютюнник

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

МЕТОДИКА ОПЕРАТИВНОЇ ОЦІНКИ ЗОН ВИЯВЛЕННЯ ЦІЛЕЙ ЛІТАКОМ ДАЛЬНОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ І УПРАВЛІННЯ ЗА ВИСОКОЇ ЧАСТОТИ ПОВТОРЕННЯ ЗОНДУВАЛЬНИХ ІМПУЛЬСІВ

Розглядаються особливості виявлення цілей оглядовими імпульсно-доплерівськими радіолокаційними станціями (РЛС), що встановлюються на літаках дальнього радіолокаційного виявлення і управління (ДРЛВіУ), та основні фактори, які впливають на розміри і конфігурацію зон виявлення цілей такими РЛС. Сутність методики оперативної оцінки зон виявлення цілей літаком ДРЛВіУ, оснащеним імпульсно-доплерівською РЛС, полягає у обчисленні для кожного імпульсного об'єму в межах зони огляду відношення потужності відбитого від цілі сигналу, накопиченого в певному доплерівському фільтрі, до потужності суміші пасивних завад і власних шумів приймального каналу, накопичених в тому ж самому фільтрі, і порівнянні означеного відношення із заданим порогом. За викладеною методикою виконаний розрахунок зон виявлення цілей типу винищувач, крилата ракета, вертоліт літаком ДРЛВіУ при його польоті над морем і над сушею. Наведені в статті результати розрахунків носять лише оцінний характер, оскільки підстильна поверхня вважається однорідною в усій зоні дії ДРЛВіУ. Методика може бути використана й для розрахунку реальних зон виявлення цілей літаками ДРЛВіУ над конкретною місцевістю за наявністю цифрових топографічних карт рельєфу місцевості з необхідною деталізацією відбивної здатності місцевості.

Ключові слова: імпульсно-доплерівська РЛС, авіаційні комплекси дальнього радіолокаційного виявлення і управління, зона виявлення цілей, пасивні завади.

Постановка завдання

Основним режимом роботи бортових оглядових РЛС, які встановлюються на сучасних літаках ДРЛВіУ, є імпульсно-доплерівський режим – режим високої частоти повторення (ВЧП) зондувальних імпульсів, яка становить десятки кілогерц.

В режимі ВЧП форма зони виявлення цілей істотно залежить від швидкості та курсу їх зближення з носієм [1]. Крім того, на форму та розміри зони виявлення цілей суттєво впливають рельєф та характер покриття підстильної поверхні. Тому для правильного вибору зон баражування літаків дальнього радіолокаційного виявлення і управління та режимів їхнього польоту виникає потреба в оперативній оцінці форми та розмірів зони виявлення цілей різних класів. У відкритій літературі наводяться лише точкові дані про зони виявлення цілей літаками ДРЛВіУ у вигляді значень максимальної дальності виявлення цілей певного класу на зустрічних курсах. Повний опис форми та розмірів зон з урахуванням хоча б основних факторів, які тим чи іншим чином впливають на формування зон, відсутній. Є тільки окремі зауваження щодо наявності так званих зон доплерівської режекції в бортових напрямках [2].

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки такої методики розрахунку зон виявлення цілей літаками ДРЛВіУ, яка б забезпечувала оперативну оцінку їх можливостей по виявленню цілей в конкретних умовах бойового застосування.

Виклад основного матеріалу

В РЛС з високою частотою повторення зондувальних сигналів для виявлення цілей використовуються частотні та енергетичні відмінності між віддзеркаленнями від пасивних завад і від цілей [3]. Весь інтервал однозначного вимірювання доплерівського зсуву частот перекривається набором фільтрів, смуга пропускання яких узгоджена з часом накопичення ехо-сигналів. Такий набір фільтрів встановлюється для кожного елемента розрізнення в межах інтервалу однозначного вимірювання дальності. Для кожного імпульсного об'єму в межах зони огляду розраховується потужність віддзеркалень від підстильної поверхні і від цілі, а також визначаються номери доплерівських фільтрів, в яких накопичуються завади і сигнал від цілі. Взявши в тих фільтрах, де накопичуються сигнали від цілі, відношення потужності відбитого від цілі сигналу до потужності суміші пасивних завад і власних шумів приймального каналу, і порівнявши його із заданим порогом, можна визначити області простору, де ціль буде виявлена із заданими ймовірностями правильного виявлення і хибних тривог. В цьому полягає сутність методики оперативної оцінки зон виявлення цілей літаком ДРЛВіУ в режимі ВЧП.

В імпульсно-доплерівських РЛС при скважності 5...10 використовують "гладкі" зондувальні сигнали (без внутрішньо-імпульсної модуляції) [4]. В цьому випадку потужність одиночного імпульсно-

го сигналу $P_{см}$, відбитого від еталонної цілі з ефективною поверхнею розсіяння (ЕПР) $\sigma_{ет}$, що знаходиться на максимальній дальності r_M , буде визначатись таким співвідношенням:

$$P_{см} = \frac{P_i G_a A_{эф} \sigma_{ет}}{(4\pi)^2 L_{втр} r_M^4} = \frac{E \sigma_{ет}}{(4\pi)^2 r_M^4}, \quad (1)$$

де P_i – імпульсна потужність передавача; G_a – коефіцієнт підсилення передавальної антени; $A_{эф}$ – ефективна площа приймальної антени; $L_{втр}$ – коефіцієнт втрат в трактах РЛС і при поширенні хвиль; E – енергетичний потенціал РЛС з урахуванням втрат:

$$E = \frac{P_i G_a A_{эф}}{L_{втр}}. \quad (2)$$

Для виявлення цілей із заданими ймовірностями правильного виявлення і хибних тривог необхідно щоб накопичений у певному фільтрі сигнал перевищував накопичені власні шуми приймального тракту в цьому ж фільтрі в $q_{ет}$ раз:

$$\frac{K_c E \sigma_{ет}}{(4\pi)^2 r_M^4} \geq P_{ш} q_{ет}, \quad (3)$$

де $q_{ет}$ – поріг виявлення накопиченого сигналу від еталонної цілі; K_c – коефіцієнт накопичення сигналів у фільтрі.

Звідси потужність власних шумів $P_{ш}$ можна визначити як:

$$P_{ш} = \frac{K_c E \sigma_{ет}}{(4\pi)^2 r_M^4 q_{ет}}. \quad (4)$$

Для цілі з довільною ЕПР $\sigma_{ц}$, розташованій у просторі на дальності $r_{ц}$ і під кутом місця відносно літака ДРЛВІУ $\varepsilon_{ц}$, потужність відбитого сигналу буде визначатись таким чином:

$$P_c = \frac{K_c \cdot E \cdot \sigma_{ц}}{(4\pi)^2 r_{ц}^4} F^4(\varepsilon_{ц}), \quad (5)$$

або з урахуванням дискретизації процесу по дальності з кроком Δr , тобто при знаходженні цілі в k -тому елементі дальності:

$$P_{c_k} = \frac{K_c E \sigma_{ц}}{(4\pi)^2 (k\Delta r)^4} F^4(\varepsilon_{ц_k}), \quad (6)$$

де $F(\varepsilon_{ц_k})$ – значення нормованої діаграми направленості антени (ДНА) в напрямку на ціль, що знаходиться в k -му елементі дальності; K_c – кое-

фіцієнт накопичення сигналу в фільтровій системі обробки.

Особливістю режиму ВЧП є те, що інтервал однозначного вимірювання дальності до цілі є значно меншим, ніж максимальна дальність виявлення цілей (рис. 1). Це означає, що ціль, перебуваючи насправді на дальності $r_{ц}$, буде виявлена на дальності $r'_{ц}$:

$$r'_{ц} = r_{ц} - \left[\frac{r_{ц}}{cT_{п}} \right] \frac{cT_{п}}{2}. \quad (7)$$

або в елементах розрізнення Δr (дискретах дальності):

$$r'_{ц} = \Delta r k - \left[\frac{k}{K} \right] \Delta r K, \quad (8)$$

де k – номер елемента розрізнення по дальності, в якому перебуває ціль; $T_{п}$ – період повторення зондувальних імпульсів; c – швидкість світла; $K = \left[\frac{cT_{п}}{2\Delta r} \right]$ – кількість елементів розрізнення (дискрет дальності) в межах інтервалу однозначного вимірювання дальності.

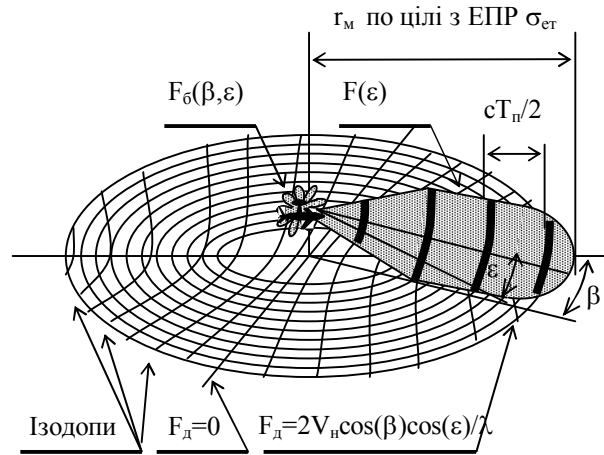


Рис. 1. До пояснення умов роботи бортової РЛС в режимі ВЧП

Перейшовши від неперервних величин до дискретних значень, можна встановити співвідношення між реальним значенням номера елемента розрізнення по дальності k , в якому перебуває ціль і елементом по дальності k' , в якому буде накопичуватись сигнал від неї в фільтровій системі обробки:

$$k' = k - \left[\frac{k}{K} \right] K, \quad (9)$$

а також зворотну відповідність, тобто визначити, в якому елементі дальності k може перебувати ціль, якщо сигнал від неї буде накопичуватися в k' -му елементі дальності в фільтровій системі обробки:

$$k = k' + qK, \quad q = 0, 1, 2, \dots, Q, \quad (10)$$

де Q – кратність неоднозначності по дальності в межах зони виявлення цілей:

$$Q = \left\lfloor \frac{2r_M}{cT_{\Pi}} \right\rfloor. \quad (11)$$

Отже з урахуванням (7)...(11) отримуємо:

$$P_{c_{k'}} = \frac{K_c E \sigma_{\Pi}}{(4\pi)^2 ((k' + qK)\Delta r)^4} F^4(\varepsilon_{\Pi}(k' + qK)). \quad (12)$$

Фільтрова система обробки сигналів являє собою набір доплерівських фільтрів для кожного кільця дальності в межах інтервалу однозначного вимірювання дальності. Ширина смуги пропускання фільтрів узгоджується з часом накопичення пачки сигналів, а кількість фільтрів N вибирається такою, щоб перекрити весь інтервал однозначного вимірювання доплерівського зсуву частот від $-F_n/2$ до $+F_n/2$, де F_n – частота повторення зондувальних імпульсів.

Сигнали від цілі будуть накопичуватися в одному з фільтрів, центральна частота якого дорівнює доплерівському зсуву частоти ($F_{дс}$) ехо-сигналу:

$$F_{дс} = \frac{2V_n \cos(\beta - \beta_n) \cos(\varepsilon_{\Pi})}{\lambda} - \frac{2V_{\Pi} \cos(\beta - \beta_{\Pi})}{\lambda}, \quad (13)$$

де V_n , V_{Π} – швидкість носія та цілі; β – поточний азимут; β_n , β_{Π} – курс носія та цілі; λ – довжина хвилі.

Отже, для прийняття рішення про виявлення цілі в заданому імпульсному об'ємі необхідно визначити доплерівський зсув $F_{дс}$ ехо-сигналів від цілі, тобто визначити номер фільтра n , в якому буде накопичуватися сигнал від цілі:

$$n = \left\lfloor \frac{F_{дс} + \frac{\Delta F}{2}}{\Delta F} \right\rfloor, \quad (14)$$

де ΔF – ширина смуги пропускання фільтра, і порівняти потужність ехо-сигналу з потужністю накопичених в цьому ж фільтрі завад.

Накопичення пасивних завад в фільтрах при використанні режиму ВЧП має також свої особливості. Оскільки при ВЧП зондувальних імпульсів інтервал однозначного вимірювання дальності значно менший ніж максимальна дальність виявлення цілей, то пасивна завада, яка діє в імпульсному об'ємі,

де знаходиться ціль, є результатом накладання відбиттів від багатьох опромінених головним променем і бічними пелюстками ДНА ділянок на поверхні, які мають розмір $\Delta r \times (\Delta \beta r)$, де Δr , $\Delta \beta$ – розрізнявальні здатності РЛС по дальності і азимуту.

При цьому завади будуть накопичуватися в різних фільтрах, оскільки доплерівський зсув частоти залежить від кутового положення опроміненої ділянки відносно курсової лінії носія локатора (рис. 1):

$$F_{д} = \frac{2V_n \cdot \cos(\beta) \cos(\varepsilon)}{\lambda}. \quad (15)$$

Потужність накопичених в n -му фільтрі завад в k' -му кільці дальності на m -тому азимутальному напрямку може бути визначена таким чином:

$$P_{з(k,m,n)} = K_3 \left(\sum_{m'=m+1}^{m+M-1} \sum_{q=0}^Q P_{0(k'+qK),m',n} \Pi_{(k'+qK),m',n} + \sum_{q=0}^Q P_{0(k'+qK),m,n} \Pi_{(k'+qK),m,n} \right), \quad (16)$$

де K_3 – коефіцієнт накопичення завад в фільтрах; m – поточне азимутальне положення антени відносно курсу носія (поточний номер сектора розрізнення); m' – поточний номер сектора розрізнення відносно головного променю ДНА; $M = \lfloor 360^\circ / \Delta \beta^\circ \rfloor$ – максимальне число азимутальних розрізень; $P_{0(k'+qK),m',n}$ – потужність завад, прийнятих бічними пелюстками ДНА від $(k'+qK)$ -го елемента дальності на m' -тому азимутальному напрямку відносно головного променю ДНА, і накопичених в n -му фільтрі; $P_{0(k'+qK),m,n}$ – потужність завад, прийнятих головним променем ДНА від $(k'+qK)$ -го елемента дальності на m -му азимутальному напрямку головного променя ДНА від курсової лінії носія, і накопичених в n -му фільтрі; $\Pi_{(k'+qK),m',n}$ – ознака накопичення завад, прийнятих бічними пелюстками ДНА від $(k'+qK)$ -го елемента дальності на m' -му азимутальному напрямку відносно головного променя ДНА, в n -му фільтрі:

$$\Pi_{(k'+qK),m',n} = \begin{cases} 0, & F_{д(k'+qK),m'} \neq F_{д_n} \pm \frac{\Delta F}{2}, \\ 1, & F_{д(k'+qK),m'} = F_{д_n} \pm \frac{\Delta F}{2}, \end{cases} \quad (17)$$

де $F_{д(k'+qK),m'}$ – доплерівський зсув частоти завад, прийнятих бічними пелюстками ДНА, від $(k'+qK)$ -го елемента дальності на m' -му азимутальному напрямку від головного променю ДНА; $F_{д_n}$ – центральне значення частоти n -го фільтра;

$\Pi_{(k'+qK),m,n}$ – ознака накопичення завад, прийнятих головним променем ДНА від $(k'+qK)$ -го елемента дальності на m -тому азимутальному напрямку головного променя ДНА від курсової лінії носія в n -му фільтрі:

$$\Pi_{(k'+qK),m,n} = \begin{cases} 0, & F_{D(k'+qK),m} \neq F_{Dn} \pm \frac{\Delta F}{2}; \\ 1, & F_{D(k'+qK),m} = F_{Dn} \pm \frac{\Delta F}{2}. \end{cases} \quad (18)$$

Потужність завад, прийнятих бічними пелюстками ДНА, від $(k'+qK)$ -го елемента дальності на m' -тому азимутальному напрямку від головного променя ДНА визначається такими чинниками:

$$P_{\beta_{(k'+qK),m'}} = E \frac{\Delta r \Delta \beta \sigma_{(k'+qK),m'}}{(4\pi)^2 I_{(k'+qK)}^3} \times F_0^4(\varepsilon_{(k'+qK)}, \beta_{m'}), \quad (19)$$

де $r_{(k'+qK)} = \Delta r(k'+qK)$ – дальність до елемента розрізнення; $\sigma_{(k'+qK),m'}$ – питома відбивна здатність поверхні в елементі розрізнення; $F_0(\varepsilon_{(k'+qK)}, \beta_{m'})$ – рівень бічних пелюсток ДНА в напрямку на елемент розрізнення; $\beta_{m'} = \Delta \beta m'$ – азимут елемента розрізнення відносно головного променя ДНА.

З урахуванням виразів (5)....(19) можна знайти поточне значення відношення "сигнал/(завада + шум)" q у загальному вигляді для кожного імпульсного об'єму зони огляду $\Delta r_k \times \Delta \beta_m \times \Delta \varepsilon$ і для того фільтра n , в якому накопичується ехо-сигнал від цілі:

$$q = \frac{P_{c_k}}{P_{3k,m,n}}. \quad (20)$$

Для визначення потужності відбитих сигналів від цілі і підстильної поверхні необхідно розраховувати для кожної розрахункової точки кутового положення цілі $\varepsilon_{ц}$, кутового положення площадки поверхні ε_3 , над якою знаходиться ціль, і кута ковзання (падіння на поверхню Землі) електромагнітних хвиль ε_k .

Кутове положення цілі $\varepsilon_{ц}$ при $H_{ц} \ll r$ можна визначити (рис. 2) за спрощеним співвідношенням:

$$\varepsilon_{ц} = -\arctg \frac{H_{ц} - H_{ц} + \sqrt{r^2 + R_{3e}^2} - R_{3e}}{r}. \quad (21)$$

Напрямок ε_3 на площадку поверхні, над якою знаходиться ціль, визначається при $H_{ц} \ll r$ за співвідношенням (рис. 2):

$$\varepsilon_3 = -\arctg \frac{H_{ц} + \sqrt{r^2 + R_{3e}^2} - R_{3e}}{r}. \quad (22)$$

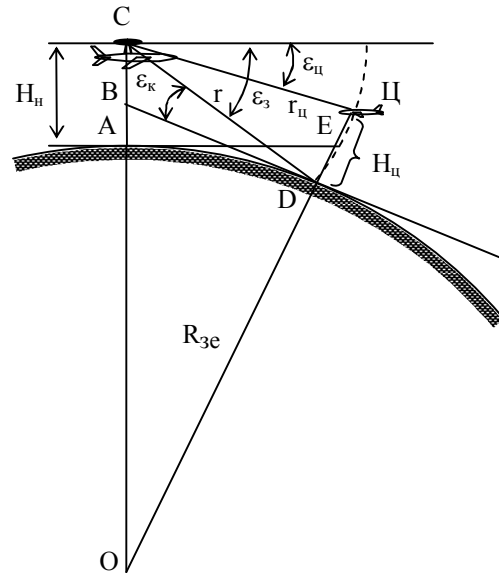


Рис. 2. До визначення кута місця цілі $\varepsilon_{ц}$, пасивної завади ε_3 та кута ковзання ε_k

Питома відбивна здатність поверхні $\sigma_0(\varepsilon_k)$ залежить від типу поверхні, кута ковзання (падіння) та довжини електромагнітних хвиль. В багатьох довідниках [5 – 7] наводяться такі дані, але тільки до кутів падіння не менше 10° . Для кутів падіння відмінних від 10° можна користуватись такою апроксимацією [7]:

$$\sigma_0(\varepsilon_k) = \begin{cases} \sigma_0(10^\circ) \frac{\sin(\varepsilon_{кр})}{\sin(10^\circ)} \left(\frac{\varepsilon_k}{\varepsilon_{кр}} \right)^4, & \varepsilon_k < \varepsilon_{кр}, \\ \sigma_0(10^\circ) \frac{\sin(\varepsilon_k)}{\sin(10^\circ)}, & \text{при } \varepsilon_{кр} \leq \varepsilon_k \leq 45^\circ, \\ \sigma_0(10^\circ) \frac{\sin(30^\circ)}{\sin(10^\circ)} \left(\frac{\sin(\varepsilon_k)}{\sin(30^\circ)} \right)^8, & \varepsilon_k > 45^\circ, \end{cases} \quad (23)$$

де $\varepsilon_{кр} \approx \frac{\lambda}{16h_H}$ – критичний кут ковзання, при якому характер відбиття наближається до дзеркального і який залежить від довжини хвилі λ та середньоквадратичного значення висоти нерівностей місцевості h_H .

Кут ковзання (падіння на поверхню Землі) електромагнітних хвиль ε_k визначається, як кут між дотичною до поверхні Землі в точці падіння і лінією з точки падіння на електричний центр антени літака ДРЛВіУ. Виходячи з теореми косинусів для трикутника OCD (рис. 2):

$$\varepsilon_k = \arccos \frac{r^2 + R_{3e}^2 - (R_{3e} + H_{ц})^2}{2r R_{3e}} - \frac{\pi}{2}. \quad (24)$$

Розрахунок зон виявлення має сенс лише в області радіовидимості.

Тому для кожної розрахункової точки, після визначення її кута місця відносно фазового центра антени РЛС, необхідно порівняти знайдений кут місця з кутом закриття ($\varepsilon_{\text{закр}}$), який розраховується за відомою формулою:

$$\varepsilon_{\text{закр}} = -\arctg \frac{\sqrt{(R_{\text{зе}} + H_{\text{н}})^2 - R_{\text{зе}}^2}}{R_{\text{зе}}} \quad (25)$$

і розрахунки здійснюються за умовою $\varepsilon_{\text{ц}} > \varepsilon_{\text{закр}}$.

Розміри та конфігурація зон виявлення цілей бортовими РЛС в режимі високої частоти повторення залежать від великої кількості факторів, основними серед яких є висота, швидкість, курс польоту цілі і носія та ЕПР цілі.

З використанням вище наведеної методики для режиму ВЧП були розраховані зони виявлення для трьох типових класів цілей: літаків тактичної авіації (рис. 3), крилатих ракет (рис. 4) і малошвидкісних цілей (рис. 5).

При розрахунках зон виявлення цілей виходили з того, що енергетичний потенціал бортової РЛС, яка працює в сантиметровому діапазоні, обраний

таким, при якому максимальна дальність виявлення цілі з ЕПР $\sigma_{\text{ц}}=2...3 \text{ м}^2$ у вільному просторі, без впливу земної поверхні, становить 400 км, що приблизно відповідає можливостям літаків дальнього радіолокаційного виявлення і управління типів Е-3А та А-50.

В режимі ВЧП форма зони виявлення цілей істотно залежить від швидкості польоту та курсу їх зближення з носієм. Найкращі можливості для виявлення цілей утворюються для швидкісних цілей, що виконують політ на зустрічних курсах відносно літака ДРЛВіУ.

Аналіз конфігурації зон виявлення повітряних об'єктів літаками ДРЛВіУ [8] свідчить, що для забезпечення безпровального виявлення і супроводження середньшвидкісних цілей в зоні радіусом 250...300 км необхідне одночасне чергування не менше ніж двох літаків ДРЛВіУ, які здійснюють політ в зонах баражування на зустрічних курсах (рис. 6).

А для створення суцільної зони виявлення малошвидкісних цілей двох літаків недостатньо (рис. 7) і загальна кількість літаків дальнього радіолокаційного виявлення і управління, що одночасно чергують в зоні, може зрости до 3...4.

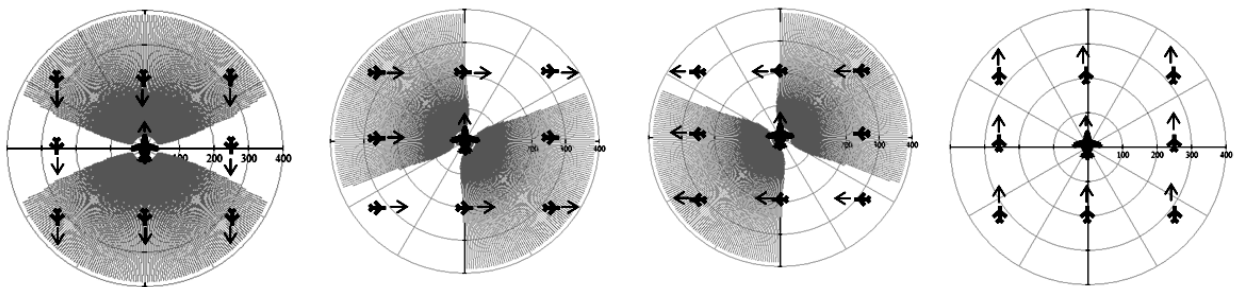


Рис. 3. Зони виявлення на малих висотах літаків тактичної авіації ($\sigma_{\text{ц}}=2 \text{ м}^2$) літаком ДРЛВіУ типу Е-3А при $H_{\text{н}}=9 \text{ км}$, $V_{\text{н}}=200 \text{ м/с}$, $\beta_{\text{н}}=0^\circ$, $H_{\text{ц}}=100 \text{ м}$, $V_{\text{ц}}=300 \text{ м/с}$ та різних ракурсах цілі

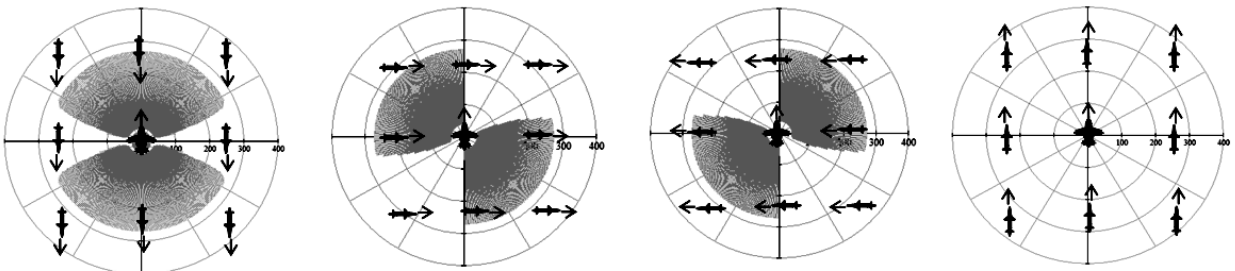


Рис. 4. Зони виявлення малорозмірних цілей типу крилата ракета ($\sigma_{\text{ц}}=0,5 \text{ м}^2$) літаком ДРЛВіУ типу Е-3А при $H_{\text{н}}=9 \text{ км}$, $V_{\text{н}}=200 \text{ м/с}$, $\beta_{\text{н}}=0^\circ$, $H_{\text{ц}}=100 \text{ м}$, $V_{\text{ц}}=250 \text{ м/с}$ та різних ракурсах цілі

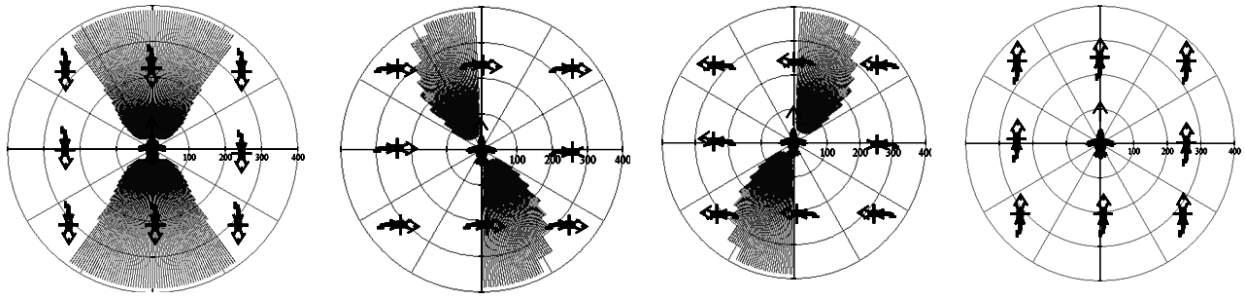


Рис. 5. Зони виявлення малошвидкісних цілей типу вертоліт ($\sigma_{ц}=2 \text{ м}^2$) літаком ДРЛВіУ типу Е-3А при $H_{ц}=9 \text{ км}$, $V_{ц}=200 \text{ м/с}$, $\beta_{ц}=0^\circ$, $H_{ц}=100 \text{ м}$, $V_{ц}=50 \text{ м/с}$ та різних ракурсах цілі

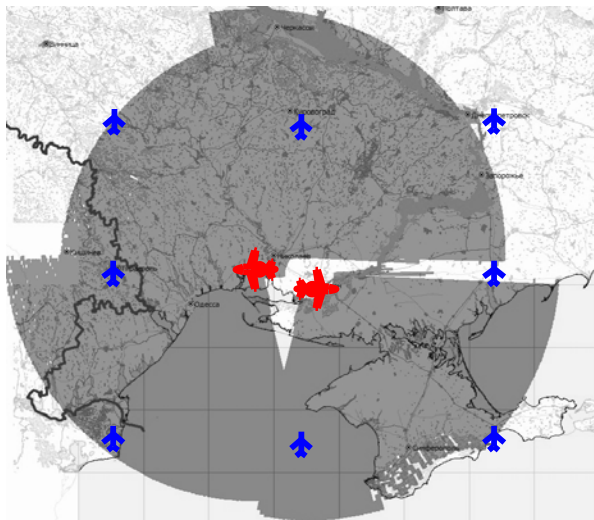


Рис. 6. Варіант побудови сукупної зони виявлення швидкісних цілей двома літаками ДРЛВіУ

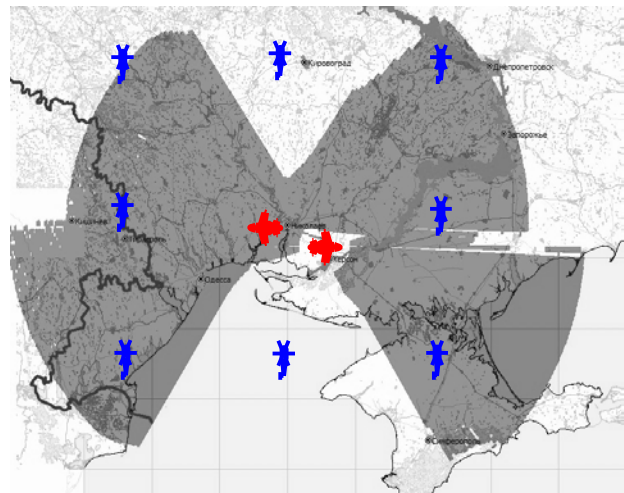


Рис. 7. Варіант побудови сукупної зони виявлення малошвидкісних цілей двома літаками ДРЛВіУ

Висновки

1. Необхідність оперативної оцінки зон виявлення повітряних цілей літаками ДРЛВіУ впливає з наявності цілої низки факторів, які суттєво впливають на вибір режимів польоту і режимів роботи бортової РЛС в залежності від типу місцевості та характеру вирішуваних завдань.

2. Основною особливістю оглядових РЛС, встановлених на літаках-носіях, є те, що виявлення повітряних цілей ними здійснюється на фоні потужних віддзеркалень від поверхні Землі, спектрально-кореляційні властивості яких залежать не тільки від характеру підстеляючої поверхні, а й від параметрів руху літака-носія.

3. Сутність методики оперативної оцінки зон виявлення цілей літаком дальнього радіолокаційного виявлення і управління при високій частоті повторення зондувальних імпульсів полягає у знаходженні для кожного імпульсного об'єму в межах зони огляду потужності віддзеркалень від підстильної

поверхні і від цілі, а також визначенні номерів доплерівських фільтрів, в яких накопичуються завади і сигнал від цілі. Порівнюючи в тому фільтрі, де накопичився сигнал від цілі, потужність суміші сигналу, пасивних завад і власних шумів приймального каналу з порогом, можна визначити умову виявлення цілі.

4. В зонах виявлення цілей на бокових ракурсах утворюються великі провали, розмір і глибина яких залежать від багатьох факторів, основними з яких є характер місцевості, діапазон хвиль та способи обробки сигналів.

5. Без урахування рельєфу та топографії місцевості отримані за викладеною методикою результати, можуть носити лише оцінний характер, оскільки підстеляюча поверхня вважається однорідною в усій зоні дії ДРЛВіУ. Для розрахунку реальних зон виявлення цілей літаками дальнього радіолокаційного виявлення і управління над конкретною місцевістю необхідно враховувати її рельєф і топографію.

Список літератури

1. Гандурин В.А. Особенности зоны обнаружения низколетящих воздушных объектов доплеровской радиолокационной станции / В.А. Гандурин, А.П. Кирсанов. – Радиотехника. – 2007. – № 10. – С. 43-47.
2. Верба В.С. Авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения. Состояние и тенденции развития / В.С. Верба. – М.: Радиотехника, 2008. – 432 с.
3. Литвинов В.В. Самолёты дальнего радиолокационного обнаружения: обзор за 1958 - 2008 гг. / В.В. Литвинов // Сборник научных трудов 3-го Международного радиоэлектронного форума "Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития". – Т. 1, ч. 1. – Х., 2008. – С. 56–60.
4. Литвинов В.В. Самолёты дальнего радиолокационного обнаружения: проблема выбора основных решений / В.В. Литвинов // Наука і оборона. – 1994. – № 3 – С. 3-9.
5. Справочник по радиолокации в 4 т. / Под ред. М. Сколника; пер. с англ. Под общ. ред. К.Н. Трофимова. – М.: Сов. радио, 1976. – Т. 1. – 456 с.
6. Кулемин Г.П. Радиолокационные помехи от моря и суши РЛС сантиметрового и миллиметрового диапа-

зонов / Г.П. Кулемин // Сборник трудов международной научно-технической конференции "Современная радиолокация". – К., 1994. – С. 23-29.

7. Аналитическая модель оценки уровня мешающих отражений от земной поверхности для импульсных РЛС обнаружения / Пушков О.В. и др. // Научно-методические материалы в/ч 03444. – Калинин, 1978. – Вып.7 (63). – С. 164-171.

8. Деякі аспекти можливого використання авіаційних комплексів дальнього радіолокаційного виявлення та управління в Збройних Силах України / Д.А. Гриб, С.П. Лещенко, В.Й. Климченко, Г.Г. Камалтинов, О.М. Колеснік // Наука і оборона. – 2013. – № 1. – С. 64-72.

Надійшла до редколегії 7.05.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.П. Лещенко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МЕТОДИКА ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ЗОН ОБНАРУЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ САМОЛЕТОМ ДАЛЬНОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЕ ПОВТОРЕНИЯ ЗОНДИРУЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ

В.И. Климченко, В.А. Тютюнник

Рассматриваются особенности обнаружения целей обзорными импульсно-доплеровскими РЛС, устанавливаемыми на самолетах дальнего радиолокационного обнаружения и управления (ДРЛОУ), и основные факторы, которые влияют на размеры и конфигурацию зон обнаружения целей такими РЛС. Сущность методики оперативной оценки зон обнаружения целей самолетом ДРЛОУ, оснащенным импульсно-доплеровской РЛС, заключается в вычислении для каждого импульсного объема в пределах зоны обзора отношения мощности отраженного от цели сигнала, накопленного в определенном доплеровском фильтре, к мощности смеси пассивных помех и собственных шумов приемного канала, накопленных в том же фильтре, и сравнении отмеченного отношения с заданным порогом. По изложенной методике выполнен расчет зон обнаружения целей типа истребитель, крылатая ракета и, вертолет самолетом ДРЛОУ при его полете над морем и над сушей. Приведенные в статье результаты расчетов носят лишь оценочный характер, поскольку подстилающая поверхность считается однородной во всей зоне действия ДРЛОУ. Методика может быть использована и для расчета реальных зон обнаружения целей самолетами ДРЛОУ над конкретной местностью при наличии цифровых топографических карт рельефа местности с необходимой детализацией отражательной способности местности.

Ключевые слова: импульсно-доплеровская РЛС, авиационные комплексы дальнего радиолокационного обнаружения и управления, зона обнаружения целей, пассивные помехи.

METHOD OF OPERATIVE ESTIMATION OF AIR TARGET DETECTION AREAS BY AIRCRAFT OF AIRBORNE EARLY RADAR WARNING AND CONTROL WHICH USE HIGH PULSE REPETITION FREQUENCY

V.I. Klimchenko, V.A. Tyutyunnik

The features of target detection by surveillance pulse Doppler radar, which is placed on aircraft of airborne early radar warning and control (AWAC), and main factors, which influence on air target detection areas characteristics, are considered. The summary of method, which is considered, consist of calculating ratio of result accumulation of reflected pulses in certain Doppler filter and power of sums of self-noise and passive clutter that was accumulated in same Doppler filter for each pulse volume. Then the calculated ratio is comparing with threshold. The AWAC areas of targets detection were calculated for fighter, cruise missile and helicopter, when AWAC was situated above sea and ground. The results, which were received, are assessed results, because the surface of ground was supposed homogeneous into whole AWAC area. The method, which was considered, can be used practically for calculating actual AWAC areas on condition that actual digital maps, which describe actual reflecting properties of ground, will be used.

Keywords: pulse Doppler radar, airborne early radar warning and control, areas of targets detection, passive clutter.