

Розвиток, бойове застосування та озброєння радіотехнічних військ

УДК 621.396.967.001.4

О.В. Белавін¹, Г.Г. Камалтинов², О.С. Маляренко²

¹ Командування Повітряних Сил Збройних Сил України, Вінниця

² Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ЗОН ВІЯВЛЕННЯ ПЕРВИННИХ ТА ВТОРИННИХ РЛС

Стаття присвячена аналізу можливостей визначення дальностей виявлення на множині висот цілей з різними ефективними поверхнями розсіювання (первинними РЛС), різними характеристиками відповідачі (вторинними РЛС) під час випробувань РЛС в умовах обмеженого за кількістю використання об'єктів. Пропонований експериментально-розрахунковий метод визначення дальності виявлення, оснований на розрахунках з калібруванням деяких апріорно невідомих чинників, що впливають на формування діаграми направленості антени РЛС на реальній позиції, за даними експериментальної частини випробувань. Показані умови і обмеження використання методу. Обґрунтованість методу показано на прикладі запитувача системи радіолокаційного впізнання типу 73Еб.

Ключові слова: випробування РЛС, зона виявлення РЛС, розрахунок дальності виявлення.

Вступ

Постановка проблеми. Параметри зони виявлення є основною характеристикою РЛС, яку визначають під час проведення випробувань із застосуванням об'єктів позиції літаками та іншими літальними апаратами. Однак існує низка факторів, що знижує або обмежує кількість та якість одержуваних даних:

– польоти літаків на обмежених за кількістю висотах, або на висотах, що відрізняються від таких, що необхідні для загальної оцінки можливостей РЛС щодо виявлення цілей;

– обмежений перелік типів (або один тип) літаків за умови потреби оцінки можливостей РЛС щодо виявлення цілей з різними ефективними поверхнями розсіювання (ЕПР);

– висока вартість льотних випробувань обмежує їх кількість;

– використання у літаках штатних відповідачів для випробувань запитувачів (вторинних радіолокаторів – ВРЛ) за умови потреби оцінки можливостей щодо впізнання (виявлення) цілей з еталонним відповідачем.

Тому питання поширення результатів експериментальної оцінки тактико-технічних характеристик радіолокаційної техніки обмеженого обсягу через розрахунки у додаткових умовах випробувань є важливим і актуальним.

Аналіз публікацій. Питанням прямих розрахунків дальності дії РЛС з урахуванням впливу підстильної поверхні та властивостей тропосфери присвячено дуже багато літератури, починаючи з 40-х років минулого століття, наприклад, [1 – 4]. Однак

на практиці одержання множини даних про поточний стан тропосфери на трасі розповсюдження радіохвиль довжиною у сотні кілометрів для оцінки індексу рефракції є неможливим. Інші потрібні експериментальні дані – про ступінь відбиття (поглинання) радіохвиль при відбитті від різних видів поверхні під кутами місця до двох градусів (де й виявляється переважна більшість цілей) – у літературі відсутні, що обумовлено технічною неможливістю розрізнити прямі та відбиті хвилі в цих умовах. Тому метою статті є розглядання можливості прямої оцінки (калібрування) деяких чинників на підставі наявних експериментальних даних щодо виявлення цілей для подальшого проведення розрахунків дальності виявлення в інших умовах.

Основна частина

Методика перерахунку експериментально одержаної дальності виявлення цілі у дальності виявлення цілі з іншою ЕПР, на іншій висоті. Розглянемо випадок перерахунку дальності виявлення цілі D_e з ЕПР σ_e , що одержана експериментально, у дальність виявлення цілі D_p з ЕПР σ_p .

Прийнято рахувати [6, 7], що для оцінки дальності виявлення ПС з ефективною відбиваючою поверхнею, яка відрізняється від заданої при проведенні об'єктів, здійснюється перерахунок отриманої в об'єктах дальності виявлення літака з іншої ЕПР по формулі:

$$D_p = D_e \sqrt[4]{\frac{\sigma_p}{\sigma_e}}, \quad (1)$$

Однак такий підхід є некоректним. Ціль з ЕПР σ_e виявлена на дальності D_e за умови створення на вході РЛС порогової потужності ехо-сигналів:

$$P_{\text{вх}} = \frac{P_{\text{вих}} G(\varepsilon_{\text{ец}}) \sigma_{\text{ец}} A(\varepsilon_{\text{ец}})}{4\pi D_e^4 \cdot K_{2\text{пте}}(D_e)} = \frac{P_{\text{вих}} G^2(\varepsilon_{\text{ец}}) \lambda^2 \sigma_{\text{ец}}}{(4\pi)^2 D_e^4 \cdot K_{2\text{пте}}(D_e)}, \quad (2)$$

де $P_{\text{вих}}$ – вихідна потужність передавального пристрою РЛС (випромінювана потужність), $G(\varepsilon_{\text{ец}}) = G_{\text{макс}} F_3^2(\varepsilon_{\text{ец}})$ – коефіцієнт підсилення антени РЛС у напрямку кута місця цілі $\varepsilon_{\text{ец}}$ з урахуванням впливу підстильної поверхні (Землі), $G_{\text{макс}}$ – максимальний коефіцієнт підсилення антени, $F_3(\varepsilon_{\text{ец}})$ – значення діаграми направленості антени (ДНА) у напрямку $\varepsilon_{\text{ец}}$, $A(\varepsilon_{\text{ец}})$ – ефективна площа антени РЛС у напрямку $\varepsilon_{\text{ец}}$, λ – довжина хвилі, $K_{2\text{пте}}(D_e)$ – коефіцієнт поглинання радіохвиль у тропосфері при двобічному розповсюдженні на трасі довжиною D_e .

Виявлення цілі з ЕПР σ_p мало б відбутись на іншій дальності D_p , яку потрібно знайти через розрахунки, але потужність сигналів відповіді на вході РЛС має бути такою ж, як і для цілі з ЕПР σ_e :

$$P_{\text{вх}} = \frac{P_{\text{вих}} G_{\text{макс}}^2 F_3^4(\varepsilon_{\text{рц}}) \lambda^2 \sigma_{\text{рц}}}{(4\pi)^2 D_p^4 \cdot K_{2\text{птр}}(D_p)}. \quad (3)$$

Із рівності (1) і (2) знаходимо:

$$D_p = D_e \frac{F_3(\varepsilon_{\text{рц}})}{F_3(\varepsilon_{\text{ец}})} \sqrt[4]{\frac{\sigma_{\text{рц}} \cdot K_{2\text{пте}}(D_e)}{\sigma_{\text{ец}} \cdot K_{2\text{птр}}(D_p)}}. \quad (4)$$

Оскільки величина $\varepsilon_{\text{рц}}$ є невідомою, методика розрахунку D_p ітераційним шляхом є наступною.

1. За даними випробувань з реальним літаком з ЕПР σ_e на висоті $H_{\text{ец}}$ експериментально одержано значення D_e . Звідси розраховується $\varepsilon_{\text{ец}}$ з урахуванням еквівалентної кривизни Землі, знаходиться $F_3(\varepsilon_{\text{ец}})$, $K_{2\text{пте}}(D_e)$ і далі величина, яка є еквівалентом порогового сигналу на межі зони виявлення.

$$\gamma_e = \frac{F_3(\varepsilon_{\text{ец}})}{D_e \sqrt[4]{K_{2\text{пте}}(D_e)}} \sqrt[4]{\sigma_{\text{ец}}}. \quad (5)$$

2. Задаємо $D_p \geq D_e$, якщо $\sigma_p > \sigma_e$ або $D_p \leq D_e$, якщо $\sigma_p < \sigma_e$, звідси для висоти $H_{\text{рц}} = H_{\text{ец}}$ розраховуємо $\varepsilon_{\text{рц}}$, знаходимо $F_3(\varepsilon_{\text{рц}})$, $K_{2\text{птр}}(D_p)$ і далі – величину

$$\gamma_p = \frac{F_3(\varepsilon_{\text{рц}})}{D_p \sqrt[4]{K_{2\text{птр}}(D_p)}} \sqrt[4]{\frac{\sigma_{\text{рц}}}{\sigma_{\text{ец}}}}. \quad (6)$$

3. Порівнюємо γ_e і γ_p , якщо вони не рівні, збільшуємо D_p у випадку $\sigma_p > \sigma_e$ або зменшуємо D_p у

випадку $\sigma_p < \sigma_e$, і повторюємо розрахунки, поки не стане $\gamma_e \approx \gamma_p$. Це й буде дальність D_p , яку шукаємо.

4. У разі перерахунків дальності виявлення для цілі з однаковою ЕПР на інших висотах $H_{\text{рц}}$ у (6) приймається $\sqrt[4]{\sigma_{\text{рц}} / \sigma_{\text{ец}}} = 1$, а за початкову дальність береться дальність радігоризонту $D_{\text{рг}}$. Далі розраховується γ_p і порівнюється з γ_e . Якщо вони не рівні ($\gamma_p < \gamma_e$), зменшуємо D_p і повторюємо розрахунки, поки не стане $\gamma_e \approx \gamma_p$. Це й буде дальність виявлення цілі $D_{\text{рц}}$ на висоті $H_{\text{рц}}$.

Із аналогічних (2) – (4) міркувань впливає методика перерахунку дальності виявлення (впізнання) ВРЛ об'єкта з відповідачем, що мав вихідну потужність $P_{\text{в}}$, у дальність виявлення з еталонним відповідачем, що має мінімально припустиму потужність $P_{\text{ве}}$ [5]. При цьому

$$\gamma_e = \frac{F_3(\varepsilon_{\text{ец}})}{D_e \sqrt{K_{\text{пте}}(D_e)}}, \quad (7)$$

$$\gamma_p = \frac{F_3(\varepsilon_{\text{рц}})}{D_p \sqrt{K_{\text{птр}}(D_p)}} \sqrt{\frac{P_{\text{ве}}}{P_{\text{в}}}}, \quad (8)$$

де – $K_{\text{пт}}(D)$ – коефіцієнт поглинання радіохвиль у тропосфері при однібічному розповсюдженні.

Кут місця цілі для проведення розрахунків можна знайти з рис. 1, на якому R_3 – еквівалентний радіус Землі з урахуванням рефракції, що є невідомим, H_A – висота фазового центру антени:

$$\cos \varepsilon_{\text{ц}} = \frac{D^2 + L_1^2 - L_2^2}{2DL_1}, \quad (9)$$

де $L_1 = (R_3 + H_A) \cdot \text{tg} \alpha$;

$$L_2 = (R_3 + H_{\text{ц}}) - \frac{R_3 + H_A}{\cos \alpha};$$

$$\cos \alpha = \frac{(R_3 + H_A)^2 + (R_3 + H_{\text{ц}})^2 - D^2}{2(R_3 + H_A)(R_3 + H_{\text{ц}})}.$$

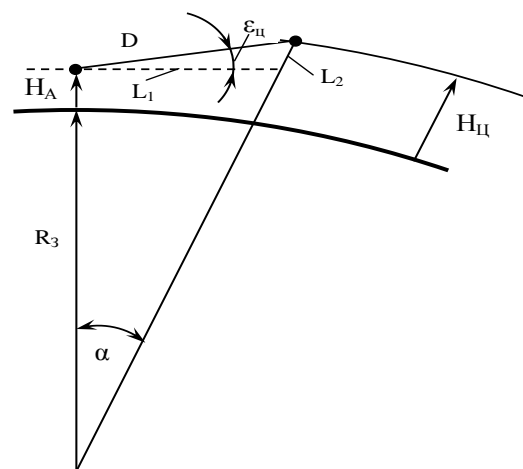


Рис. 1. Співвідношення для розрахунку кута цімісця цілі

Необхідним початковим даним є ДНА у вільному просторі $F(\epsilon_{ц})$, яку може надати для розрахунків розробник РЛС. З урахуванням множника Землі ДНА приймає вигляд:

$$F_3^2(\epsilon_{ц}) = F^2(\epsilon_{ц}) \left[1 + p^2 \left| \frac{F(-\epsilon_{ц})}{F(\epsilon_{ц})} \right|^2 + 2p \left| \frac{F(-\epsilon_{ц})}{F(\epsilon_{ц})} \right| \cos \left(\phi_p + \phi_F + 4\pi \frac{H_A \sin \epsilon_{ц}}{\lambda} \right) \right], \quad (10)$$

де p і ϕ_p – модуль і фаза коефіцієнта відбиття від земної поверхні,

ϕ_F – різниця фаз ДНА у напрямках $\epsilon_{ц}$ і $-\epsilon_{ц}$, враховуючи те, що в обох напрямках випромінювання відбувається у головній пелюстці, вважаємо $\phi_F = 0$,

λ – довжина хвилі.

Коефіцієнт відбиття p залежить від поляризації і довжини радіохвиль, властивостей підстильної поверхні, кута ковзання, який у нашому випадку дорівнює $\epsilon_{ц}$ [1 – 4]. Результируючий коефіцієнт відбиття дорівнює [4]:

$$p(\epsilon_{ц}) = p_0(\epsilon_{ц})(1 - K_{ш})(1 - K_{п}), \quad (11)$$

де $p_0(\epsilon_{ц})$ – коефіцієнт відбиття для гладкої поверхні, для вертикальної поляризації

$$p_{0в}(\epsilon_{ц}) = \frac{\epsilon' \sin(\epsilon_{ц}) - \sqrt{\epsilon' - \cos^2(\epsilon_{ц})}}{\epsilon' \sin(\epsilon_{ц}) + \sqrt{\epsilon' - \cos^2(\epsilon_{ц})}}, \quad (12)$$

для горизонтальної поляризації

$$p_{0г}(\epsilon_{ц}) = \frac{\sin(\epsilon_{ц}) - \sqrt{\epsilon' - \cos^2(\epsilon_{ц})}}{\sin(\epsilon_{ц}) + \sqrt{\epsilon' - \cos^2(\epsilon_{ц})}}, \quad (13)$$

де $\epsilon' = \epsilon_r - j60\lambda\sigma_{п}$ – комплексна діелектрична проникність;

ϵ_r – відносна діелектрична проникність;

$\sigma_{п}$ – питома електрична провідність.

Коефіцієнт шорсткості поверхні із [4]

$$K_{ш} = 1 - \sqrt{\exp\left[-8\left(\frac{\pi\sigma_p}{\lambda} \sin \epsilon_{ц}\right)^2\right]}, \quad (14)$$

де σ_p – середньоквадратичне відхилення нерівності мікрорельєфу;

$K_{п}$ – невідомий коефіцієнт поглинання радіохвиль рослинністю, іншими предметами. Він дуже залежить від поляризації хвиль, характеру рослинності та її стану (суха, волога) і його теоретичні та експериментальні оцінки навіть в обмежених умовах мають великі розбіжності [1].

Теоретична залежність $p_0(\epsilon_{в})$ співпадає з експериментальними даними, наведеними у [1] для сухого ґрунту ($\epsilon' = 4$) та ґрунту середньої вологості ($\epsilon' = 15$). Для малих кутів місця $\epsilon_r \gg j60\lambda\sigma_{п}$, тому $\epsilon' \approx \epsilon_r$, $\phi_p = \pi$.

Поглинання радіохвиль тропосферою у метровому діапазоні є незначним навіть в умовах двобічного розповсюдження, у дециметровому діапазоні на великих дальностях (сотні кілометрів) величини $K_{пт}$, $K_{пг}$ можуть сказатись на результатах розрахунків і їх слід враховувати за даними, наприклад, [3].

Визначення даних про властивості тропосфери та земної поверхні, які недостатні для розрахунків, по результатах експериментальних оцінок дальності виявлення. З розгляду (2) – (14) видно, що, якщо окремі складові для розрахунків можуть бути знайденими, а інші є функціями первісних чинників, то значення R_3 та $K_{п}$ залишаються невідомими. Для їх знаходження потрібна система принаймні трьох рівнянь, які у нашому випадку не є наочними.

Тому може бути використаний графоаналітичний метод, сутність якого полягає в побудові сімейств залежностей $\gamma_e(K_{п})$ для множини R_3 і декількох (припустимо як мінімум трьох) значень D_e , одержаних для різних висот польоту літака.

Проілюструємо можливість методу на прикладі запитувача великої потужності 73Е6. Для апроксимації ДНА запитувача $F(\epsilon_{ц})$ в області кутів $-4^\circ \geq \epsilon_{ц} \geq 4,5^\circ$ знайдено емпіричну формулу:

$$F(\epsilon_{ц}) = \begin{cases} k_1 (\epsilon_{ц} + \epsilon_{\min})^2 + 0,1, & -4,5^\circ < \epsilon_{ц} \leq 0^\circ \\ \cos [k_2 (\epsilon_{\max} - \epsilon_{ц})], & 0^\circ < \epsilon_{ц} \leq 4,5^\circ \end{cases}, \quad (15)$$

де $\epsilon_{\min} = -3,5^\circ$ і $\epsilon_{\max} = +4,5^\circ$ – кути, що відповідають мінімуму і максимуму основної пелюстки ДНА у вертикальній площині;

$$k_1 = \frac{0,4}{\epsilon_{\min}^2} = 0,033 \text{ град}^{-1}, \quad k_2 = \frac{\pi/3}{\epsilon_{\max}} = 0,233 \text{ град}^{-1} -$$

нормуючі коефіцієнти.

Для забезпечення розрахунків на ПЕОМ знайдено апроксимацію $K_{пт}(D, \epsilon_{в})$ відповідно до даних [3], які перераховані для однобічного розповсюдження, $\lambda = 20$ см, малих кутів місця (до 2°):

$$K_{пт} = K_{птм} (1 - e^{-D/b}) \text{ [дБ]}, \quad (16)$$

$$\text{де } K_{птм} = 1,65e^{-\epsilon_{ц}^2/2} \text{ [дБ];}$$

$b = 170$ км – нормуючий множник.

На рис. 2 наведені залежності $\gamma_e(K_{п}, R_3)$ для трьох пар висота-дальність впізнання 73Е6:

$$D_e = 8 \text{ км}, \quad H_{ц} = 0,5 \text{ км};$$

$$D_e = 200 \text{ км}, \quad H_{ц} = 3 \text{ км};$$

$$D_e = 345 \text{ км}, \quad H_{ц} = 9 \text{ км}.$$

За умови коректного (в однакових умовах) проведення випробувань певні криві мають пересіктись у деякій точці $\gamma_e(K_{п}, R_3)$. Така точка є і вона на рис. 2 помічена. З більш детальних розрахунків випливає: випробування проведені на позиції, для якої $K_{п} = 0,17$, тропосфера в районі випробувань створює декілька знижену рефракцію, яка відповідає $R_3 = 8350$ км.

Таким чином, для одержання вірогідних результатів застосування експериментально-розрахункового метода необхідно провести "калібрування" обчислювального апарату, для чого необхідними і достатніми є експериментальні дані про дальність упізнання на трьох висотах.

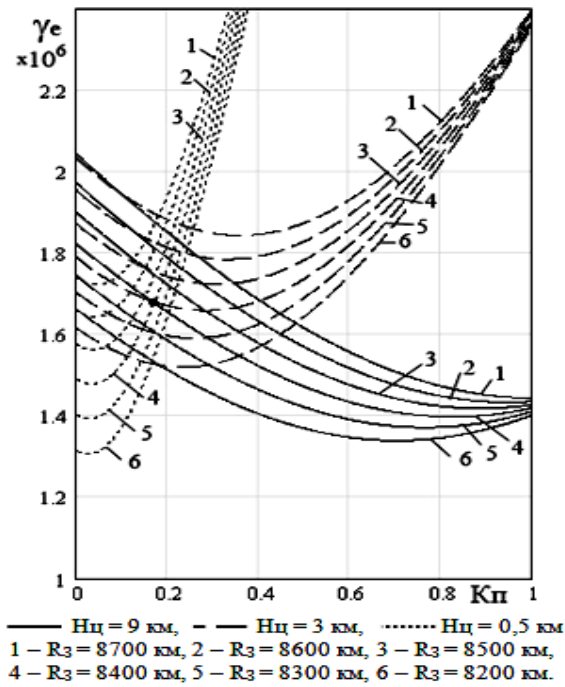


Рис. 2. Залежності $\gamma_e(K_n, R_3)$

Перерахунок дальності впізнання запитувача 73Е6 на інші висоти, дальності впізнання по еталонному відповідачу. Із застосуванням одержаної методики проведемо для наочності перерахунки дальностей упізнання на іншу потужність відповідача. Відповідач – виріб 6201 – має припустимий діапазон вихідної потужності 7,8 дБ. Прийемо у (7) $P_{ве}/P_v = 0,25$. У вільному просторі (без впливу Землі) перерахунки дальності впізнання були б прості:

$$D_{рвп} = D_e \sqrt{P_{ве} / P_v} \quad (17)$$

Величини $D_{рвп}$ і D_p , що одержані згідно з (17) та за запропонованою методикою, наведені для різних висот цілі та K_n у табл. 1.

Різниця між $D_{рвп}$ і D_p є дуже великою і вказує на те, що не можна в пряму перераховувати дальність упізнання з поправкою на потужність відповідача (як не можна, очевидно, в пряму перераховувати дальність виявлення цілі у первинній РЛС на іншу ЕПР цілі). Розрахунки, що проведені для сухого ($\epsilon_r = 4$) та вологого ($\epsilon_r = 25$) ґрунту, відносно гладкого степу ($\sigma_p = 2$ см), орної не боронованої землі ($\sigma_p = 10$ см) та навіть для $\sigma_p = 20$ см ($\sigma_p/\lambda=1$) показали, що ці фактори хоча й впливають на абсолютне значення дальності впізнання, але для перерахунків дальності не є значущими.

Спостерігається велика залежність D_p від K_n , що підтверджує необхідність знаходження K_n для

розрахунків. Видно різну залежність D_p від K_n на різних висотах: на малих та середніх висотах D_p падає з ростом K_n , на великих висотах – різко падає і далі коливається навколо близьких дальностей. Це обумовлено різним ходом залежностей $\gamma_p(D_p)$ у припорогових областях, що показано на рис. 3, і прольотом цілю над першою (нижньою) пелюсткою зони впізнання на висоті 20 км у разі $K_n > 0,2$.

Аналогічно з пошуком параметрів зони впізнання для еталонного відповідача відповідно до методики (7) – (15) можна перераховувати результати льотних експериментів на обмеженій кількості висот на інші висоти польоту, якщо в (8) прийняти $P_{ве}/P_v = 1$. Розраховані дальності впізнання 73Е6 на різних висотах наведені у табл. 2. За порогове значення узято при цьому $\gamma_e = 1,625 \cdot 10^{-6}$ (рис. 2). Для порівняння у табл. 2 наведені результати розрахунків D_p без урахування загасання в тропосфері.

Таблиця 1

Величини $D_{рвп}$ і D_p					
Висота цілі H_c , км	0,5	3	9	20	
Дальність упізнання за формуляром НРЗ, км	83	200	345	520	
$D_{рвп}$, км	42	100	173	260	
D_p , км ($k_p=0,25$),	$K_n = 0$	80	188	320	477
	$K_n = 0,1$	78	187	319	475
	$K_n = 0,3$	73	183	314	377
	$K_n = 0,5$	66	175	305	379
	$K_n = 0,7$	59	162	278	381
	$K_n = 0,9$	52	139	240	378
$K_n = 1$	48	127	235	374	

Таблиця 2

Результати розрахунків D_p						
Висота цілі, км	0,2	0,3	0,5	1	2	3
D_p з урахуванням $K_{пт}$, км	55	66	83	117	164	200
D_p без урахування $K_{пт}$, км	54	65	83	116	164	200
Висота цілі, км	5	8	10	12	15	20
D_p з урахуванням $K_{пт}$, км	257	323	359	392	435	492
D_p без урахування $K_{пт}$, км	258	325	363	398	442	512

Видно, що урахування загасання в тропосфері має значення на великих дальностях (великих висотах польоту). Розходження дальності впізнання на висоті 20 км з даними формуляру склало 5,4%, що можна вважати доброю збіжністю.

Звернемо увагу на те, що використовувати запроповану методику для розрахунків дальностей впізнання допустимо лише за умови відповідності позиції запитувача вимогам [5]. Щоб уникнути впливу рельєфу та оцінювати лише вплив енергетичних характеристик запитувача на дальність впізнання необхідно на позиція з нульовими або негативними кутами за-

криття у напрямку польоту літаків. У [5] рекомендовано, наприклад, обирати таку позицію із сектором шириною 45 градусів, як мінімум – із сектором у три ширини діаграми направленості антени. Позиція у цьому секторі має бути плоскою і горизонтальною в радіусі 100 м, вільною від відбиваючих споруд, інших об'єктів, непровідних або поглинаючих перешкод у межах 400 м. У протилежному випадку розбіжності результатів розрахунків і реальних дальностей упізнання є неконтрольованими.

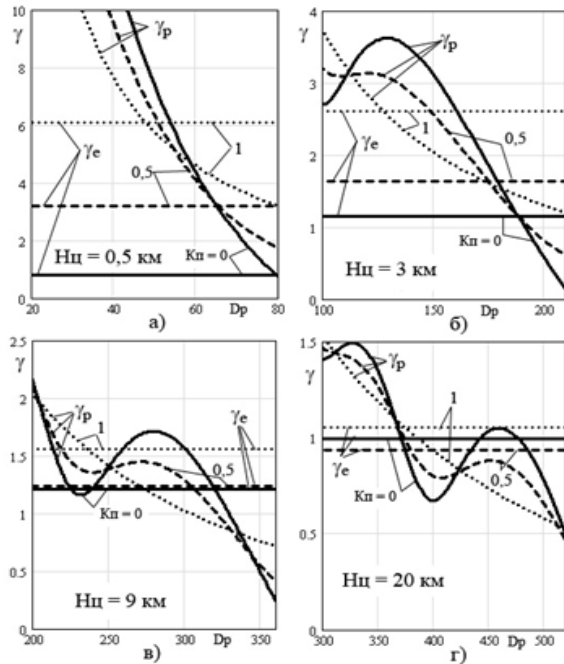


Рис. 3. Залежності $\gamma_p(D_p)$

Додамо до цього, що експериментально-розрахунковий метод є також недійсним у разі відсутності даних про ДНА запитувача.

Таким чином, проведені дослідження показали можливість застосування експериментально-розрахункового методу визначення параметрів зони впізнання

(виявлення) за умови наявності початкових даних стосовно ДНА запитувача (РЛС) та дальності впізнання (виявлення) на деяких принаймні трьох висотах, що одержані практичними випробуваннями.

Висновок

1. Експериментально-розрахунковий метод визначення параметрів зони виявлення (впізнання) може бути застосований за умови наявності початкових даних стосовно ДНА РЛС (запитувача) та дальності впізнання (виявлення) на деяких висотах, що одержані практичними випробуваннями, у кількості не менше трьох.

2. Реалізація методу дозволить зменшити обсяг польотних випробувань та знизити їх вартість.

Список літератури

1. Альперт Я.Л. Распространение радиоволн / Я.Л. Альперт, В.Л. Гинзбург, Е.Л. Фейнберг. – М.: Изд. теоретико-технической литературы, 1953. – 883 с.
2. Голев К.В. Расчет дальности действия радиолокационных станций / К.В. Голев. – М.: Сов. радио, 1962. – 204 с.
3. Справочник по радиолокации / Под ред. М. Скольника. – Нью-Йорк, 1970. – Пер. с англ. (в 4 томах) под общ. ред. К.Н. Трофимова. – Т. 1. Основы радиолокации / Под ред. Я.С. Ицхоки. – М.: Сов. радио, 1976. – 456 с.
4. Радиозлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник / Я.Д. Ширман, С.Т. Багдасарян и др.; под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
5. Radar Sensor Performance Analysis. SUR.ET1. ST03.1000-STD-01-01. – Brussels: Eurocontrol, 1997.
6. Испытания РЛС (оценка характеристик) / А.И. Леонов, С.А. Леонов, Ф.В. Нагулинко и др.; под ред. А.И. Леонова. – М.: Радио и связь, 1990. – 208 с.
7. Дубас В.Н. Полигонные испытания радиолокационных станций слежения на стадии их разработки / В.Н. Дубас, В.А. Иванов, В.Г. Путьтин. – К.: АНУ, 1993. – 132 с.

Надійшла до редколегії 5.10.2012

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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ЗОН ОБНАРУЖЕНИЯ ПЕРВИЧНЫХ И ВТОРИЧНЫХ РЛС

О.В. Белавин, Г.Г. Камалтынов, А.С. Маляренко

Статья посвящена анализу возможностей определения дальности обнаружения на множестве высот целей с разными эффективными поверхностями рассеяния (первичными РЛС), разными характеристиками ответчиков (вторичными РЛС) при испытаниях РЛС в условиях количественного ограничения использования облетов. Предложен экспериментально-расчетный метод определения дальности обнаружения, основанный на расчетах с калибровкой некоторых априорно не известных факторов, влияющих на формирование диаграммы направленности антенны РЛС на реальной позиции, по данным экспериментальной части испытаний. Показаны условия и ограничения использования метода. Обоснованность метода показана на примере запросчика системы радиолокационного опознавания типа 73Е6.

Ключевые слова: испытания РЛС, зона обнаружения РЛС, расчет дальности обнаружения

EXPERIMENTALLY-CALCULATION METHOD OF ESTIMATION OF PARAMETERS OF AREAS OF DISCOVERY PRIMARY AND SECOND RADAR

O.V. Belavin, G.G. Kamaltynov, O.S. Maliarenko

This article analyzes the possibilities of determining the range of detection on a set of objectives with different heights of the effective scattering surface (primary radar), different characteristics of response-Pins (secondary radar) Tests radar in quantitative restriction of overflights. An the range of detection experimental-calculation method of determining the range of detection, based on calculations with calibration of some factors influencing on formings of diagram of orientation of aerial radar on the real position not known a priori, is offered, from data of experimental part of tests. Conditions for and limitations of the method. The validity of the method is shown by the example of radar interrogator IFF system 73E6.

Keywords: testing the radar, the zone of detection of radar, calculation of range of detection.