

УДК 621.396:621.396.26

О.В. Коломійцев¹, В.Е. Кудряшов¹, Д.Г. Васильєв¹, І.Я. Загоруйко¹, С.С. Ворошилов²¹Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків²Військова частина А0666

ДРУГИЙ РІД ПОМИЛОК СТРІЛЬБИ РАКЕТАМИ ПО НЕТИПОВИМ ЦІЛЯМ ЗРК МАЛОЇ ДАЛЬНОСТІ

Розглянуті характеристики радіовибухувача (РВ), розподіл скалярного поля його приймальної антени та імовірність спрацювання при стрільбі по цілях. Визначенні відношення сигнал–шум у рознесеній двокоординатній системі РВ і ефективну поверхню розсіювання освітлювальної міни типу С-4. Здобуті значення ймовірностей спрацювання РВ при стрільбі по різноманітним цілям. Це дозволяє оцінити подію підриву бойової частини ракети при стрільбі по нетиповим цілям. Розкрито сутність роботи РВ у проміжній зоні його приймальної антени. Представлені отримані аналітичні вирази та розрахунки.

Ключові слова: радіовибухувач, імовірність спрацювання, відношення сигнал–шум, ефективна поверхня розсіювання.

Вступ

Постановка проблеми. Другий рід помилок стрільби ракетами – це помилки системи підриву ракети, або помилки спрацювання радіовибухувача. Усі повітряні цілі з ефективною поверхнею розсіювання іншою ніж 1–1,5 м² є нетиповими цілями (НЦ). Тому задача визначення імовірності спрацювання РВ при стрільбі по НЦ зенітного ракетного комплексу (ЗРК) малої дальності, включаючи освітлювальну міну С-4 є актуальною [1, 2].

Аналіз публікацій по існуючим системам та пристроям [1, 4, 6, 9] показує, що не визначенні діаграми спрямованості (ДС) РВ, включаючи ближню зону, середньоквадратичного відхилення (СКВ) помилки спрацювання РВ та імовірність його спрацювання при стрільбі по НЦ.

Метою статті є представлення результатів розрахунку параметрів РВ ЗРК при стрільбі по НЦ, типу освітлювальна 120 мм міна С-4.

Виклад основного матеріалу

Положення середньої поверхні спрацювання РВ відносно ракети визначається, головним чином, кутом нахилу головної пелюстки ДС його приймальної антени [2, 6].

В дальній зоні антен РВ кутові розподілення електромагнітного поля не залежить від значень промаху ракети. Дальня зона r_0 для хвильоводноцільової антен РВ дорівнює [6, 12]

$$r_0 \approx 2L^2/\lambda, \quad (1)$$

де L – лінійний розмір антен (передавача РВ – 0,224 м; приймальної системи РВ – 0,56 м); λ – довжина хвилі РВ (до 0,03 м).

Максимальне значення радіусу спрацювання РВ ρ_{\max} [2], при якому він спрацює з імовірністю 0,5 з урахуванням (1) дорівнює

$$\rho_{\max} = r_0 \sin(m_{\phi P} + 3\sigma_{\phi P}), \quad (2)$$

де $m_{\phi P}$ – математичне сподівання, або середній кут спрацювання РВ, $\sigma_{\phi P}$ – середнє квадратичне відхилення (СКВ) кута спрацювання РВ.

Для визначення значення $m_{\phi P}$ проведенні дослідження антен РВ в атестованій луна-камері НДІРВ (м. Харків). Вид ДС передавальної антени РВ представлені на рис. 1. По вісі ординат вказана потужність сигналу $P(\Theta)$ (дБ), по вісі абсцис – кут повороту антени Θ (град).

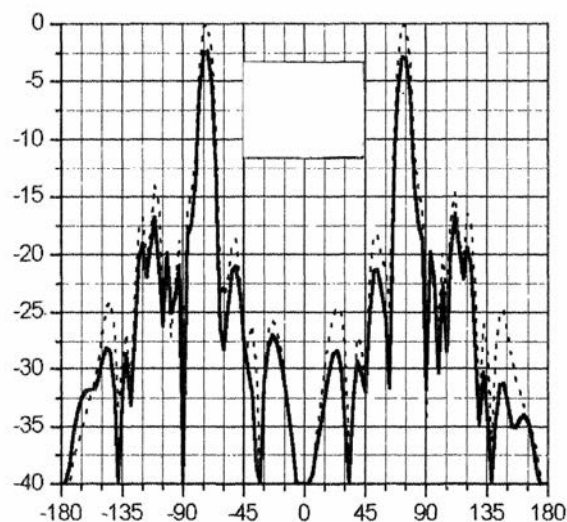


Рис. 1. Діаграма спрямованості передавальної антени радіовибухувача

Ширина ДС по половинній потужності дорівнює приблизно 10^0 , рівень перших бокових пелюсток пригнічений та не більше 15 дБ. Передавальна антена РВ має 10 ламелій, тобто [5, 9]

$$\Theta_{0,5} \approx 51\lambda/(nd_n), \quad (3)$$

де n – кількість ламелей в хвильоводно-щільовій антені; $d_n = 0,5\lambda$ – відстань між фазовими центрами ламелей хвильоводно-щільової антени РВ.

Підрахунок по виразу (3) надає значення $\Theta_{0,5}$ яке дорівнює приблизно $10,2^\circ$, що співпадає з вимірами в луна-камері. Проведенні вимірювання приймальної антени РВ. Ширина ДС дорівнює $4,4^\circ$ при 23 ламелях в хвильоводно-щільової антени. Рівень бокових пелюсток та величина фону приймальної антени аналогічна (рис. 1) передавальної антени РВ. Кут нахилу ДС приймальної антени, або $m_{\text{ФР}}$ дорівнює 55° , а $\sigma_{\text{ФР}} = \Theta_{0,5} / 6$, тоді з виразу (2) отримуємо, що $\rho_{\text{max}} = 17,6$ м. Хоча ρ_{max} ЗРК змінюється у межах від 9 м до 23,3 м в залежності від значень помилок наведення ракет (ПНР) [1, 2], так

$$\rho_{\text{max}} \geq m + 3\sigma, \quad (4)$$

де m – систематична складова ПНР; σ – середнє квадратичне відхилення (СКВ) ПНР.

Для осереднених значень m, σ відповідно у 1,5 та 5 м [1], в подальшому приймаємо величину ρ_{max} (4) 16,5 м для дальній зоні антен РВ. Тоді осереднене значення r_0 приблизно дорівнює (2) 19,6 м, що не суперечить (1).

Використовуємо найбільш загальний випадок імовірності спрацювання РВ $P(\rho)$ при даному значенні промаху ракети ρ . Подія спрацювання РВ дорівнює [2, 10]

$$P(\rho) = 1 - F\left[\frac{\rho - m_\rho}{\sigma_\rho}\right], \quad (5)$$

де $F(Z)$ – функція розподілу нормального та центрованого нормального розподілення; m_ρ – математичне очікування радіусу спрацювання РВ; σ_ρ – СКВ випадкових величин радіусу спрацювання РВ; m_ρ та σ_ρ – відповідають типовій цілі в обумовлених (типових) умовах зустрічі.

В (5) випадкова величина m_ρ має той же фізичний зміст, що і $m_{\text{ФР}}$, тобто $m_\rho = m_{\text{ФР}}$. Причому (5), коли [2] $\rho = \rho_{\text{max}} = m_\rho$ та $\sigma_\rho = \sigma_{\text{ФР}}$, тоді $P(\rho) = 0,5$. За допомогою простих перетворень σ_ρ в картинній площині стрільби зводиться до виразу

$$\sigma_\rho = \left[\frac{r \sin(\Theta_{0,5} / 2)}{3} \right] \cdot \left\langle \left[\sin\left(\frac{\pi}{2} + m_{\text{ФР}} - \frac{\Theta_{0,5}}{2}\right) \right]^{-1} \times \left[\sin\left(\frac{\pi}{2} - m_{\text{ФР}} - \frac{\Theta_{0,5}}{2}\right) \right]^{-1} \right\rangle, \quad (6)$$

де r – відстань між приймальною антеною та ціллю.

Останнє рівняння упрощується, коли $\rho_{\text{max}} \geq m_\rho$. У цьому випадку отримуємо

$$\sigma_\rho \approx 0,0447 \cdot r.$$

При стрільбі по НЦ типу С-4 значення $\rho_{\text{max С-4}}$ зменшується за рахунок малої ефективної поверхні розсіювання (ЕПР) 120 мм освітлювальної міни та дорівнює

$$\rho_{\text{max С-4}} \approx \rho_{\text{max}} \cdot \sqrt[4]{\sigma_{\text{С-4}} / \sigma_{\text{Т.Ц.}}}, \quad (7)$$

де $\sigma_{\text{С-4}}$ – ЕПР освітлювальної міни типу С-4; $\sigma_{\text{Т.Ц.}}$ – ЕПР типової цілі (ТЦ).

Середнє значення $\sigma_{\text{Т.Ц.}}$ дорівнює $1,25 \text{ м}^2$. Тобто, для спрацювання РВ по НЦ повинна знаходитися на відстані меншій ніж ТЦ. При цьому порушується вираз (1) і НЦ виявляється в проміжній зоні ДС приймальної антени РВ. В проміжній зоні на монотонне зниження амплітуди електромагнітного поля (ЕМП) по закону $1/r$ накладається осцилююче коливання, яке затухає [12]. Причому, поняття ДС можливо використовувати в проміжній зоні (зоні Френеля) лише умовно [5, 11, 12]. Для визначення імовірності спрацювання РВ при стрільбі по НЦ треба оцінити потужність ЕМП приймальної антени та СКВ помилок спрацювання РВ.

Для визначення скалярного поля дифракції в сферичних координатах $F(P)$ у проміжній зоні приймальної антени використовуємо вираз [11], який спрощений

$$F(P) = \frac{1(1 + \cos \Theta) \exp(-ikr)}{2\lambda r} \int_{-0,5L}^{0,5L} \exp \times \left[ik \left(\xi \cos \Theta - \frac{\xi^2 - \xi \cos \Theta}{2r} \right) \right] d\xi, \quad (8)$$

де $\iota = \sqrt{-1}$; $k = 2\pi/\lambda$; $X = r\alpha$; $Y = r\beta$; $Z = r \cos \theta$;

$$r \approx Z + \left[(X - \xi)^2 + (Y - \eta)^2 \right] / (2Z);$$

r – відстань між початком трьохмірної системи координат X, Y, Z та точкою спостереження; Θ – кут між напрямком в точку, де визначається поле, і віссю Z у трьохмірній системі координат; $G(\xi, \eta)$ – розподілення поля в площині апертури антени (для антени РВ з рівномірним розподілом амплітуд та фази маємо $G(\xi, \eta) = 1$).

На рис. 2 представлені результати розрахунку по виразу (8), по вісі абсцис кут сканування Θ (рад.), а по вісі ординат

$$[F(P)]^2 = D_\xi(\Theta) \text{ (дБ)}.$$

Крива помічена рисками (найнижча) $D1(\Theta)$ на рис. 2 побудована коли r дорівнює $2L^2/\lambda$, це дальня зона приймальної антени РВ (зона Фраунгорера). Безперервна крива $D2(\Theta)$ на рис. 2 здобута при r , яке дорівнює $L^2/(2,5\lambda)$ – проміжна зона антени ($\sim 4,0$ м).

Коли $L^2/(12,5\lambda)$ – то це границя між зоною реактивного ближнього кола та проміжною зоною антени ($\sim 0,8$ м) – відмічена точками крива $D3(\Theta)$ на рис. 2 – найвища.

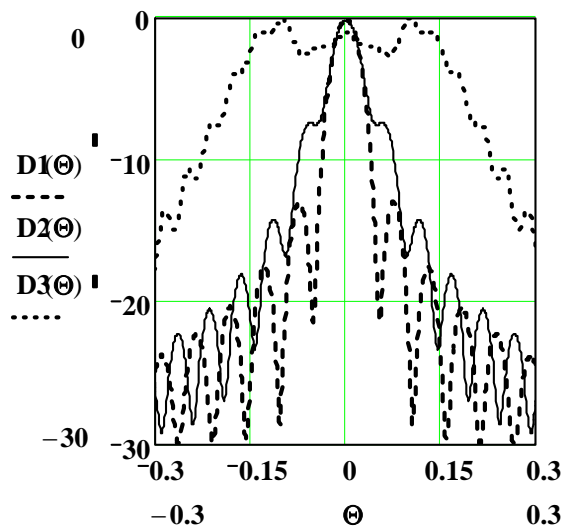


Рис. 2 Скалярне поле дифракції приймальної антени радіовибухувача

Збільшення умовної ДС антени РВ поблизу зони реактивного ближнього поля дорівнює 7,23 рази відносно ДС антени в дальній зоні, що добре співпадають з [13].

Вводимо апроксимацію умовної ДС приймальної антени по рівні 3 дБ та отримуємо

$$\Theta(\rho) \approx \frac{180}{\pi} \left\{ 0,077 + 0,6 \left[1 - \exp \left[- \left(\frac{1,5}{\rho} \right)^4 \right] \right] \right\}. \quad (9)$$

Відношення сигнал-шум $q^2/2$ (в дальній зоні антени) рознесеної двохпозиційної системи РВ дорівнює [13]

$$\frac{q^2}{2} = \frac{P_{\Pi} G_{\Pi} G_{\Pi P} \lambda^2 \sigma_{T.Ц.}}{(4\pi)^3 P_{\Pi P} r_{\Pi}^2 r_{\Pi P}^2 \Delta}, \quad (10)$$

де P_{Π} – імпульсна потужність передавача РВ ($\sim 0,5$ кВт); G_{Π} , $G_{\Pi P}$ – коефіцієнти підсилення передавальної та приймальної РВ відповідно; $P_{\Pi P}$ – чутливість радіоприймального пристрою РВ; $\sigma_{T.Ц.}$ – ефективна поверхня розсіювання типової цілі; r_{Π} , $r_{\Pi P}$ – відстані від антени передавача та антени приймального пристрою до цілі відповідно; Δ – втрати в системі ($\sim 14,4$ дБ).

Коефіцієнт підсилення антени РВ знаходиться з виразу [6, 8]:

$$G_{\Pi} \approx 3,2 \cdot 10^4 / (\Theta_{0,5\beta} \Theta_{0,5\epsilon}). \quad (11)$$

Для передавальної антени РВ $\Theta_{0,5\beta} = 360^0$ та $\Theta_{0,5\epsilon} \approx 10,5^0$, відповідно для приймальної – $\Theta_{0,5\beta} = 180^0$ та $\Theta_{0,5\epsilon} \approx 4,4^0$, тоді $G_{\Pi} \approx 8,6$ і $G_{\Pi P} \approx 81,8$.

Гранична чутливість радіоприймального пристрою [14]

$$P_{\Pi P} = k T_0 \Pi_{\Pi} (K_{\Pi} - 1 + \gamma_A), \quad (12)$$

де k – постійна Больцмана; T_0 – стандартна (абсолютна) температура ($\sim 300^0$ К); Π_{Π} – смуга пропускання радіоприймального пристрою (~ 14 МГц); $\tau_{\text{ІМП}}$ – тривалість імпульсу передавача РВ ($\sim 0,1$ мкс); K_{Π} – коефіцієнт шуму радіоприймального пристрою РВ (~ 79);

$$\gamma_A = T_0 / T_A -$$

відносна шумова температура приймальної антени РВ, де T_A – еквівалентна шумова температура приймальної антени, причому

$$T_A = \eta_A T_{\Sigma} + (1 - \eta_A) T_0$$

і при типових умовах зустрічі ракети з ціллю $\eta_A \approx 0,9$, $T_{\Sigma} \approx 13^0$ К отримуємо $T_A \approx 42^0$ К.

З виразу (12) отримуємо

$$P_{\Pi P} \approx 4,5 \cdot 10^{-12} \text{ Вт.}$$

Відстань між фазовим центром поперечної прямокутної хвильоводно-щільової антени передавача r_{Π} з огляду проведених досліджень дорівнює

$$r_{\Pi} = (r_{\Pi P} \sin \alpha_{\Pi}) / \sin \alpha_{\Pi P}, \quad (13)$$

де α_{Π} – кут похилу ДС антени передавального пристрою відносно вектору швидкості ракети $\alpha_{\Pi} \approx 75^0$; $\alpha_{\Pi P}$ – кут похилу ДС антени приймального пристрою відносно вектору швидкості ракети $\alpha_{\Pi P} \approx 55^0$.

З виразу (13) отримуємо, коли $r_{\Pi P} = L^2 / \lambda$, тоді $r_{\Pi} \approx 8,9$ м. На відстані до цілі L^2 / λ відношення сигнал-шум (10) приблизно дорівнює 52,7 дБ, що суттєво більше чутливості РВ по спрацюванню [9].

З урахуванням виразу (7) та коли

$$\rho_{\max C-4} \leq \sin (m_{\phi P} + 3\sigma_{\phi P}) L^2 / \lambda,$$

щільність потужності на приймальній антені пропорційна $1/r$ [12].

Тоді, відношення сигнал-шум $q^2/2_{\Pi P}$ в проміжній зоні приймальної антени

$$\frac{q^2}{2_{\Pi P}} = \frac{P_{\Pi} G_{\Pi} G_{\Pi P} \lambda^2 \sigma_{T.Ц.}}{(4\pi)^3 P_{\Pi P} r_{\Pi}^2 r_{\Pi P}^2 \sin(m_{\phi P} + 3\sigma_{\phi P}) \Delta}, \quad (14)$$

де $\sigma_{\phi P} = \Theta(\rho) / 6$, вираз (9).

Співвідношення виразів (10) та (14) надає $\tau_{\text{ПР}} / (L^2 / \lambda)$. В підсумку отримуємо значення промаху ракети $\rho_{\text{max C-4}}$, при якому РВ спрацьовує з імовірністю 0,5, коли стрільба ведеться по НЦ, так

$$\rho_{\text{max C-4}} \approx \sqrt[3]{\frac{\rho_{\text{max}}^4 \sigma_{\text{C-4}}}{\sigma_{\text{ТЦ}} (L^2 / \lambda) \sin(m_{\text{ФР}} + 3\sigma_{\text{ФР}})}}. \quad (15)$$

При входженні цілі в ближню зону РВ виконуючий пристрій ракети повинен накопичувати не менше, як 7–8 відбитих сигналів від цілі [6]. При їх накопичуванні здійснюється підрив бойової частини ракети.

Час знаходження НЦ у ЕМП РВ $\tau_{\text{РВ}}$

$$\tau_{\text{РВ}} = 8v_{\text{Р}} T,$$

де $v_{\text{Р}}$ – середня швидкість ракети, коли точка зустрічі ракети з ціллю на відстані приблизно 3,0 км (~530 м/с [1]); T – період слідування імпульсів передавального пристрою РВ (0,1 мс [6]).

З останнього маємо

$$\tau_{\text{РВ}} \approx 0,43 \text{ м}.$$

Коли відстань до цілі менше $0,5L\sqrt[3]{L/\lambda}$ [12], то НЦ знаходиться у реактивному ближньому полі. Приймаємо припущення, що за рахунок дуже значної величини сигнал-шум (від 87 дБ до 102 дБ) відбувається багатократне відбиття сигналів від НЦ, та корпусі ракети. При цьому є затікання ЕМП цих сигналів на вхід приймальної антени, тобто РВ стійко спрацьовує.

В [8] представлені результати, які дуже добре співпадають з експериментальними та теоретичними дослідженнями ЕПР конусу-циліндра та циліндра-конічної поверхні при горизонтальній поляризації. Кут розносу в двохпозиційній радіолокаційній системі дорівнює 30° . Геометричні розміри цих циліндрів близькі до геометричних розмірів НЦ, яка використовується при тактичних навчаннях з бойовою стрільбою (ТН з БС). Розміри циліндру при дослідженні ЕПР, конусу-циліндра [8] дорівнюють: висота $8,85\lambda$ (~26,5 см) та діаметр $3,85\lambda$ (~11,5 см). Геометричні розміри циліндра при дослідженні ЕПР циліндра-конічної поверхні [8] дорівнюють: висота $4,1\lambda$ (~12,3 см.) та діаметр $2,5\lambda$ (~7,5 см).

Враховуючи умови підльоту ракети до цілі типовий кут зондування НЦ дорівнює $25^\circ \pm 3^\circ$. Хоча з досвіду проведення ТН з БС доцільно вимірювати ЕПР на інтервалі $\pm 15^\circ$, при тому ж куті зондування. Усереднене значення ЕПР циліндрів при куті підльоту $25^\circ \pm 15^\circ$ приблизно дорівнює $6,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ [8]. Усереднення здійснювалось по 15 прорахункам кожного циліндра в секторі 30° з обліком розмірів НЦ.

Потрібно відмітити, що при аналізі ЕПР в інтервалі $\pm 3^\circ$ усереднене значення ЕПР приблизно дорівнює $4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$.

Коли ракета знаходиться над НЦ у секторі $\pm 6,4^\circ$ значення ЕПР дорівнює не менше 1 м^2 [8]. В подальшому величину $6,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ використовуємо в якості ЕПР освітлювальної 120-мм міни типу С-4 (НЦ).

Використовуючи вираз (15) визначимо найбільше значення промаху ракети $\rho_{\text{max C-4}}$, при якому РВ спрацьовує з імовірністю 0,5 з урахуванням ЕПР НЦ. Так $\rho_{\text{max C-4}}$ має три значення в залежності від ЕПР НЦ $3,5 \text{ м}$ ($6,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$), $3,1 \text{ м}$ ($4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$) та $15,6 \text{ м}$ (1 м^2). За допомогою виразів (5, 6, 15) отримуємо імовірність спрацювання РВ $P_1(\rho)$ в залежності від часткового значення промаху ракети ρ , яка приведена на рис. 3.

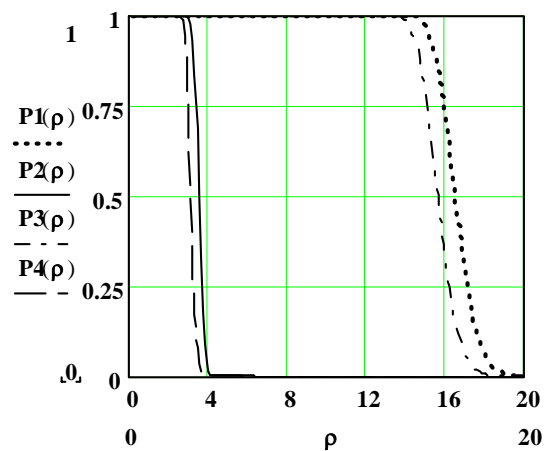


Рис. 3. Імовірність спрацювання РВ в залежності від часткового значення промаху ракети

Крива $P_4(\rho)$ помічена рисками (перша зліва) (рис. 3) побудована коли $\sigma_{\text{C-4}} = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Безперервна крива (друга зліва) $P_2(\rho)$ – здобута при $\sigma_{\text{C-4}}$, яке дорівнює $6,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Коли $\sigma_{\text{C-4}} = 1 \text{ м}^2$ – крива $P_3(\rho)$ помічена рисками з крапками (третья зліва) і по ТЦ – крива $P_1(\rho)$ помічена крапками (четверта зліва).

На рис. 3 приведені числові значення основного показника другого роду помилок стрільби – імовірність спрацювання радіовибухувача ракети.

Висновки

Дослідження антенних систем РВ в лунокамері НДІРВ дозволили визначити кути похилу діаграм спрямованості його антен, їх ширину по половинній потужності та рівень бокових пелюсток.

Кут похилу приймальної (передавальної) антен та ширина їх діаграм спрямованості відповідно дорівнюють $\sim 75^\circ$ ($\sim 55^\circ$) та $\sim 10,5^\circ$ ($\sim 4,4^\circ$).

Обґрунтоване середнє значення найбільшого радіусу спрацювання РВ при стрільбі по ТЦ, яке дорівнює 16,5 м.

Дослідження скалярного поля антен РВ дозволили оцінити його СКВ помилок спрацювання, було враховано зменшення амплітуди ЕМП по закону $1/r$.

Розглянуті енергетичні характеристики РВ, прораховані втрати в його радіолокаційній системі (~14,4 дБ), коефіцієнти підсилення антен (передавальна ~8,6 та приймальна ~81,8), чутливість радіоприймального пристрою (~ $4,5 \cdot 10^{-12}$ Вт) та поріг по спрацюванню (~ $7,13 \cdot 10^{-8}$ Вт), тощо.

Здобуті вирази та розраховані відстані на яких спрацює РВ або ні, при стрільбі по НЦ. При відстані до НЦ більше ~4 м радіо вибухувач не може накопичити 7 – 8 імпульсів відбитих сигналів від НЦ, підрив БЧ не відбувається.

Проведена оцінка ефективної поверхні розсіювання аналогічних цілей, обґрунтовано осереднене значення ЕПР НЦ, яке приблизно дорівнює $6,8 \cdot 10^{-3}$ м².

В залежності від умов зустрічі ракети з НЦ найменше значення ЕПР – $4,7 \cdot 10^{-3}$ м².

Список літератури

1. *Пособие по изучению Правил стрельбы. Ч. 3. ЗРК "ОСА-АК"*. – М.: Воениздат, 1983. – 168 с.
2. *Основы стрельбы и управления огнём зенитных ракетных комплексов, ч. 1. Общие вопросы стрельбы и управления огнём. Под ред. Г.В. Семёнова*. – К.: КВАИУ, 1971. – 468 с.
3. *Торопчин А.Я. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торопчин та ін.* – К.: МО України, 2003. – 368 с.

4. *Неупокоев Ф.К. Стрельба зенитными ракетами. 3 – е издание / Ф.К. Неупокоев*. – М.: Воениздат, 1991. – 343 с.

5. *Шифрин В.С. Основы теории антенн / В.С. Шифрин*. – Х., ВИРТА им. Говорова Л.А., 1982. – 256 с.

6. *Ракеты 9М33М2, 9М33М3. Техническое описание*. – М.: МО СССР, 1982.

7. *Теоретические основы радиолокации / Под ред. Я.Д. Ширмана*. – М.: Сов. радио, 1970. – 560 с.

8. *Справочник по радиолокации / Под ред. Скольникова Том 1. Основы радиолокации. Под ред. Я.С. Чухочки*. – М.: Сов. радио, 1976. – 456 с.

9. *Медведев Ю.М. Теоретические основы построения ЗРК / Ю.М. Медведев, В.М. Клименков, В.Я. Головятенко*. – Х.: МО Украины, ХВУ, 1994. – 254 с.

10. *Бронштейн И.Н. Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А. Семиндяев*. – М.: Наука, 1981. – 720 с.

11. *Справочник по радиолокации / Под ред. Скольникова. Т. 2. Радиолокационные антенные устройства. Под ред. П.И. Дудника*. – М.: Сов. радио, 1977. – 408 с.

12. *Сканирующие антенные системы СВЧ / Перевод с английского. Под ред. Г.Т. Маркова и А.Ф. Чаплина*. – М.: Сов. радио, 1966. – 536 с.

13. *Справочник по радиолокации / Под ред. Скольникова. Т. 4. Радиолокационные станции и системы / Под ред. М.М. Вейсбейна*. – М.: Сов. радио, 1978. – 368 с.

14. *Приёмные устройства радиолокационных сигналов / Под ред. А.А. Письменецкого*. – Х.: АРТА, 1965. – 510 с.

15. *Левин Б.Р. Теория случайных процессов и её применение в радиотехнике Б.Р. Левин*. – М.: Сов. радио, 1957. – 496 с.

Надійшла до редколегії 15.02.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Є.Л. Казаков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ВТОРОЙ РОД ОШИБОК СТРЕЛЬБЫ РАКЕТАМИ ПО НЕТИПОВЫМ ЦЕЛЯМ ЗРК МАЛОЙ ДАЛЬНОСТИ

А.В. Коломийцев, В.Е. Кудряшов, Д.Г. Васильев, И.Я. Загоруйко, С.С. Ворошилов

Рассмотрены характеристики радиовзрывателя (РВ), распределение скалярного поля его приемной антенны и вероятность срабатывания при стрельбе по целям. Определены отношения сигнал-шум в разнесенной двухпозиционной системе РВ и эффективная поверхность рассеивания осветительной мины типа С-4. Получены значения вероятности срабатывания РВ при стрельбе по различным целям. Это позволяет оценить событие подрыва боевой части ракеты при стрельбе по нетиповым целям. Раскрыта сущность работы РВ в промежуточной зоне его приемной антенны. Представлены полученные аналитические выражения и расчеты.

Ключевые слова: радиовзрыватель, вероятность срабатывания, отношение сигнал-шум, эффективная поверхность рассеивания.

SECOND SORT OF ERRORS OF FIRING ROCKETS ON THE UNMODEL AIMS OF ZENITHAL ROCKET COMPLEX OF SHORTER-RANGE

A.V. Kolomitsev, V.E. Koodrjashov, D.G. Vasilev, I.Y. Zagoruiko, S.S. Voroshilov

Descriptions of detonating radiofuse (RF), distributing of the scalar field of his receiving aerial and probability of wearing-out, are considered at firing on aims. The relations of noisy-signal are certain in set about the two position system of RV and effective surface of dispersion of lighting mine of type of C-4. The values of probability of wearing-out of RF are got at firing on different aims. It allows to estimate the event of injury of battle part of rocket at firing on unmodel aims. Essence of work of RF is exposed in the intermediate area of his receiving aerial. The got analytical expressions and calculations are presented.

Keywords: detonating radiofuse, probability of wearing-out, relation of noisy-signal, effective surface of dispersion.