

Література

1. Соломенцев, О.І. Визначення показника бойової ефективності дрону -камікадзе. Див текст доповіді у цьому збірнику, стор.
2. Матвеевцев, А.В., Патраков Ю.М. Оптимизация структур конструкционных радиопоглощающих материалов Труды Крыловского государственного научного центра, 2012.- Вып. 352.- с. 87-90
3. Joon-Tae Hwang, Suk-Yoon Hong, Jee-Hun Song. Radar Cross Section Analysis Using Physical Optics and Its Application to Marine Targets. Journal of Applied Mathematics and Physics, 2015.- Issue 3.- p. 166-171
4. Loke Yew Kok, S. Naval Survivability and Sustainability Reduction Study – Surface Ship. Master’s of Science Thesis. - Naval Postgraduate School. - Monterey, 2012. - 137 p
5. Kwang Sik Kim. Naval Ship Survivability Assessment by the Probabilistic Density Functions. Journal of Computational Design and Engineering, 2014. - Vol. 1.- № 4.- p. 266-271
6. Маковецкий, П.В., Васильев В.Г. Отражение радиолокационных сигналов Л.: Ленинградский институт авиационного приборостроения, 1975.-50 с.
7. Шепета, А.П., Бажин, С.А., Давидчук, А.Г. Экспериментальные характеристики эхосигналов кораблей, наблюдаемых локаторами бортовых систем обработки информации. Информационно-управляющие системы, 2005. - № 2.- с. 7-12
8. Соломенцев, О.И., Лэ Ван Тхань Определение вероятностных характеристик дальности обнаружения корабля при помощи радиолокации Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю “Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд”. - Миколаїв, НУК, 2013.- с. 157-161

Determining of the probability of detection and the range of detection of the surface drone-kamikaze with the help of radar

Solomentsev O. I.

National University of Shipbuilding named after admiral Makarov, Ukraine, Nikolayev

Abstract. Was learned the determining of the probability of detection and the detection range with the help of radar of the surface drone kamikaze. Aim of learning was correct determination of the utility coefficient, witch was used as a measure of efficiency of the surface drone kamikaze.

Key words: surface drone kamikaze, probability of detection, radars

УДК 629.12.011.001.24

ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНОСТІ ВИКРИТТЯ ТА РАДІУСУ ВИКРИТТЯ НАДВОДНОГО ДРОНУ-КАМІКАДЗЕ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ОПТИЧНО-ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ

Соломенцев О. І.,

доктор технічних наук, професор НУК

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Україна, м.Миколаїв

solomen@mksat.net

Анотація. Розглянуто визначення ймовірності та радіусу викриття надводного дрону -камікадзе при використанні оптично-електронних засобів з метою подальшого визначення коефіцієнту бойової стійкості. Цей коефіцієнт є складовою частиною показника ефективності дрону, коли зазначений показник визначається за допомогою методу коефіцієнтів використання.

Ключові слова: надводний дрон - камікадзе, показник ефективності, ймовірність викриття, електронно-оптичні засоби

Вступна частина. У доповіді [1] розглянуте визначення показника ефективності дрону - камікадзе за допомогою коефіцієнтів використання, у тому числі і коефіцієнта бойової стійкості. Для визначення цього коефіцієнту необхідно знайти ймовірність викриття дрону за допомогою оптично-електронних засобів P_{BK} та радіус викриття R_{BK} , [1], Пошук зазначених величин і є темою даної доповіді.

Мета роботи. Метою даної роботи є пошук шляхів визначення ймовірності P_{BK} та радіусу викриття R_{BK} дрону – камікадзе при застосуванні оптично-електронних засобів

Основна частина. Далі ми обмежимося тільки пасивними оптико-електронними засобами. В цьому випадку ймовірність викриття може бути визначена апроксимацією Росселя-Вільсона, що має наступний вигляд [2, с.10]:

$$P_{BK} = \frac{\left(\frac{S_N}{\bar{S}_N}\right)^E}{1 + \left(\frac{S_N}{\bar{S}_N}\right)^E}; \quad E = 4,0 + 1,2 \left(\frac{S_N}{\bar{S}_N}\right),$$

де S_N - співвідношення «сигнал-шум» при використанні пасивних оптично-електронних засобів, \bar{S}_N - середнє у статистичному сенсі співвідношення «сигнал-шум», $\bar{S}_N \approx 2,8$, [2].

Радіус викриття, якщо базуватися на дисертаційному дослідженні [3, с. 154], може бути визначений як

$$R_{BK} = \sqrt{\frac{A_T A_e S_N}{4\pi}} \leq R_{BK}^*; \quad A_T = \rho_T F_{OEC} R_{BK}^* = 3,62(\sqrt{h_A} + \sqrt{h_{II}}),$$

где R_{OBH2}^* - радіус прямої видимості оптично - електронного засобу з урахуванням рефракції, h_A - висота антени над морською поверхнею, метри,

h_{II} - висота цілі над морем, метри, A_T - апертура оптично - електронного засобу, F - фізична (фактична) площа розкриття детектора оптично - електронного засобу, ρ_T - коефіцієнт концентрації, A_e - поправка на кінцеву ширину полоси пропускання оптично - електронного засобу.

Співвідношення «сигнал-шум» S_N у роботі [4] визначається як $S_N = \frac{u_{II}}{\sqrt{D_e}}$, де u_{II} - електрична напруга на клеммах оптично - електронного приладу, що обумовлена викриттям на фоні інфрачервоного випромінювання Сонця 9у денний час), атмосфери та моря стороннього об'єкту (можливо, цілі), і D_e - дисперсія електричної напруги на клеммах оптично - електронного приладу, що обумовлена виникненням т. зв. теплового шуму (шуму Джонсона) і визначається згідно із формулою Найквіста, [4]. Тоді після описаних у роботі [4, с. 148-151] перетворень отримуємо:

$$S_N = \frac{\Delta u_{II}(T)}{\sqrt{D_e}} = \Delta T \frac{\alpha \beta F}{\pi \sqrt{ab} \cdot \Delta \nu} \int_0^\infty \tau_0(\lambda) D_\lambda(\lambda) \frac{\partial r_p(\lambda, T)}{\partial T} d\lambda, \quad (1)$$

де λ - довжина електромагнітної хвилі T , - абсолютна температура, a, b - розміри чуттєвого елемента приймача оптико-електронного засобу, при цьому $\alpha = \frac{a}{f}$, $\beta = \frac{b}{f}$,

де f - фокусна відстань об'єктива оптико-електронного приладу, $\Delta\nu$ - частотна полоса електричного фільтра оптично-електронного приладу, $\tau_0(\lambda)$ - спектральний коефіцієнт пропускання, D_λ - спектральна здібність до викриття чуттєвого елемента приймача оптично-електронного засобу, ΔT - підвищення температури, завдяки якому на екрані оптично-електронного пристрою з'являється сторонній об'єкт (можливо, ціль), і, нарешті, $r_p = r_p(\lambda, T)$ - перевищення спектральної щільності енергетичної яскравості завдяки присутності цілі над фоном.

Величини ΔT та $r_p = r_p(\lambda, T)$ пов'язані між собою законом Планка

$$\Delta T = \frac{hc}{k_B \lambda} \cdot \frac{1}{\ln\left(1 + \frac{2hc^2}{r_p \lambda^5}\right)}, \quad (2)$$

де c - швидкість світла, k_B - константа Больцмана, $k_B = 1,37 \cdot 10^{-23}$ Дж/град К, h - константа Планка, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

Тобто, зафіксуємо $\Delta T = \Delta T_0$. Тоді кожному значенню величини $r_p = r_p(\lambda, T_0)$ можна поставити у відповідність знайдену по формулі (2) величину ΔT_0 .

Розглянемо визначення $r_p = r_p(\lambda, T)$, визначивши цю величину згідно із законом Планка як

$$r_p(\lambda, T) = K_K \left[\frac{C_1}{\pi \cdot \lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda T}\right) - 1} \right], \quad (3)$$

де $C_1 = 3,74 \cdot 10^{-16}$ Вт·м², и $C_2 = 1,44 \cdot 10^{-2}$ м·град К - перша та друга константи випромінювання у законі Планка, а K_K - коефіцієнт, що визначається умовою $\int_0^\infty r_p(\lambda, T) = R_\Sigma(T)$,

де R_Σ - перевищення інтегральної енергетичної яскравості корабля над яскравістю фону.

Далі використаємо інтегральне співвідношення [4], що пов'язує закони Планка та Стефана - Больцмана:

$$\frac{C_1}{\pi} \int_0^\infty \frac{d\lambda}{\lambda^5 \left[\exp\left(\frac{C_2}{\lambda T}\right) - 1 \right]} = \sigma T^4,$$

де $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²/град⁴ К – константа Стефана-Больцмана.

Тоді коефіцієнт K_K у формулі (3) визначиться як $K_K = K_K(T) = \frac{R_\Sigma(T)}{\sigma T^4}$. А для визначення величини R_Σ застосуємо рівняння енергетичного балансу дрону для інфрачервоного випромінювання, [2,5-7]:

$$R_\Sigma(T) = R_1(T) + R_2(T) + \Delta R_1(T) + \Delta R_2(T) - R_0(T), \quad (4)$$

где $R_0(T)$ - потужність випромінювання фону на одиницю поверхні;

$R_1(T)$ - складова потужності випромінювання на одиницю поверхні, пов'язана із нагріванням конструкцій корпусу дрону;

$R_2(T)$ - складова потужності випромінювання на одиницю поверхні, що пов'язана із гарячими газами при вихлопі;

$\Delta R_1(T)$ - складова потужності випромінювання на одиницю поверхні, що бере до уваги можливі багатократні дифузні віддзеркалення від елементів корпусу інфрачервоного випромінювання морських хвиль та перевіддзеркаленого від морських хвиль інфрачервоного випромінювання атмосфери:

$\Delta R_2(T)$ - складова потужності випромінювання на одиницю поверхні, що бере до уваги наявність перевіддзеркаленого від корабля інфрачервоного випромінювання атмосфери.

Всі складові рівняння (4) відомі та можуть бути обчислені, [2,5-7]. Можлива незначна похибка співвідношення $K_K = K_K(T) = \frac{R_\Sigma(T)}{\sigma T^4}$ може бути пов'язана з тим, що усім складовим формули (4) приписано безперервний спектр, тоді як спектр складової $R_2(T)$ є дискретним.. В той же час неявно прийняте у роботі [3] припущення про те, що $R_2(T) + \Delta R_1(T) + \Delta R_2(T) \approx R_0(T)$, і відповідно $R_2(T) \approx R_1(T)$, може бути пов'язане із помітною похибкою.

Висновок. Отримані аналітичні залежності для визначення ймовірності викриття та радіусу викриття для морського дрону-камікадзе у випадку застосування супротивником оптико-електронних засобів. Ці результати мають бути використані для подальшого визначення коефіцієнту бойової стійкості дрону.

Література

1. Соломенцев, О.І. Визначення показника бойової ефективності дрону -камікадзе. Див текст доповіді у цьому збірнику, стор.
2. Vaitekunas, D.A., Thompson, J., Reid F. IR Vulnerability of Modern Naval Warships Using SHIP/IR NTCS. ASNE 21st Century Combatant Technology Symposium, 2000.- 17 p.
3. Kara, M.Y. Development and Application of Dynamic Architecture Flow Optimization to Assess the Impact of Energy Storage of Naval Ship Mission Effectiveness, System Vulnerability and Recoverability PhD Thesis.- Virginia Politechnic Institute and State University. - Blacksburg, 2022. - 213 p.
4. Тымкул, В.М., Тымкул Л.В.Оптико-электронные приборы и системы. Теория и методы энергетического расчёта. Новосибирск - ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия», 2005.- 194 с.
5. Vaitekunas, D.A., Lawrence O.E. Infrared Scene Capabilities of ShipIR Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) publication, 1999.- 11 p.
6. Vaitekunas, D.A. IR Susceptibility of Naval Ships Using ShipIR/NTCS. Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) publication, 2010.- 9 p.
7. Kuk Il Han, Dong-Geon Kim, Jun-Hyuk Choi. Study on the Seasonal IR Signature Characteristics of a Naval Ship with Plume Gas Effect Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, 2013.- Vol. 16.- № 4.- p. 545-553

Determining of the probability of detection and the range of detection of the surface drone-kamikaze with the help of EO sensors

Solomentsev O.I.

National University of Shipbuilding named after admiral Makarov, Ukraine, Nikolayev

Abstract. Was learned the determining of the probability of detection and the detection range with the help of radar of the surface drone kamikaze. Aim of learning was correct determination of the utility coefficient, witch was used as a measure of efficiency of the surface drone kamikaze.

Key words: surface drone kamikaze, probability of detection, EO sensors