

3. Соломенцев, О.І. Розрахунок сценарію бойового застосування ракетно - артилерійського катера берегової оборони Морська стратегія держави. Розвиток та реалізація морського потенціалу України. Матеріали Міжнародного наукового форуму. - Київ, 2016.- с.139-142

4. Соломенцев, О.І. Расчёт показателя эффективности надводного корабля по методу коэффициентов использования Инновации в суднобудоуванні та океанотехніці. Матеріали Х Міжнародної науково-технічної конференції. Том 2. – Миколаїв, НУК.- 2019.-с. 16-23

5. Соломенцев, О.І. До визначення коефіцієнту бойової стійкості надводного корабля Матеріали ХІІІ Міжнародної науково-технічної конференції “Інновації в суднобудоуванні та океанотехніці”.– Миколаїв: НУК, 2022. -с. 582-585

6 Соломенцев, О.І. О взаимосвязи между составными частями теории проектирования судов. Вісник НУК за 2010 р. - Миколаїв: НУК, 2011.-с. 4-13

7. Соломенцев, О.І. Визначення ймовірності викриття та радіусу викриття надводного дрону – камікадзе при використанні радіолокації. Див текст доповіді у цьому збірнику

8. Соломенцев, О.І. Визначення ймовірності викриття та радіусу викриття надводного дрону – камікадзе при використанні оптико-електронних засобів. Див текст доповіді у цьому збірнику

9. Соломенцев, О.І. Визначення ймовірності враження в залежності від радіусу викриття надводного дрону – камікадзе. Див текст доповіді у цьому збірнику

Determining of the measure of efficiency for the surface drone - kamikaze

Solomentsev Oleg Ivanovich

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

Abstract. Was learned the determining of the measure of efficiency for the surface drone – kamikaze. Utility coefficients method was used. Also were learned some general principles of the forming of the surface drone kamikaze mathematical model

Key words: surface drone kamikaze, measure of efficiency, utility coefficient

УДК 629.12.011.001.24

ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНОСТІ ВИКРИТТЯ ТА РАДІУСУ ВИКРИТТЯ НАДВОДНОГО ДРОНУ-КАМІКАДЗЕ ПРИ ВИКОРИСТАННІ РАДІОЛОКАЦІЇ

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 радіолокації з метою подальшого визначення коефіцієнту бойової стійкості.

Ключові слова: надводний дрон - камікадзе, ймовірність викриття, радіолокаційні засоби

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

Мета роботи. Метою даної роботи є пошук шляхів пошуку ймовірності P_{BK} та радіусу викриття R_{BK} надводного дрону – камікадзе при застосуванні радіолокації.

Основна частина. Відмітимо деякі особливості, що відрізняють протирадіолокаційний захист дрону від протирадіолокаційного захисту звичайних надводних кораблів із особовим складом на борту.

1. Протирадіолокаційний захист надводних кораблів має дві складові. По-перше, це захист від викриття радіолокаційними станціями (РЛС) кораблів супротивника. Такі радіолокаційні станції зазвичай ведуть пошук у відносно низькочастотному та довгохвильовому діапазоні. По-друге, це захист від дії радіолокаційних голівок самонаведення крилатих ракет. Бортові РЛС крилатих ракет мають бути максимально компактними, у зв'язку з чим вони високочастотні та короткохвильові. При цьому для звичайних кораблів друга задача - пріоритетна у порівнянні із першою. У той же час основним засобом ураження дрону є скорострільна малокаліберна артилерія, бо витратити на дрон дорогу крилату ракету ніхто не буде. Тому дрон слід розраховувати на захист тільки від стаціонарних корабельних та берегових РЛС, із відповідною частотою. Зокрема, це означає, що ефективність архітектурного захисту (тобто придання надводній частині корабля спеціальної форми) у низькочастотному діапазоні стає менш ефективною, аніж у високочастотному діапазоні.

2. При протирадіолокаційному захисті надводних кораблів з особовим складом застосовуються як вогневі (активні) засоби (Hard Kill), це зенітні ракетні комплекси та зенітна артилерія, так і невогневі (пасивні) засоби (Soft Kill). До пасивних засобів відносяться застосування протирадіолокаційних покриттів, постановка спеціальних кутових віддзеркалювачів, постановка радіоелектронних завад за допомогою спеціальних РЛС електронної боротьби. Для дрону цей перелік суттєво звужується: практично залишається тільки застосування протирадіолокаційних покриттів, [2,3].

Аналітична залежність, що пов'язує між собою потужність N_O сигналу, що віддзеркалений від дрону та прийшов на приймач РЛС супротивника із параметрами РЛС, що виконує радіолокаційний пошук, та характеристиками цілі, має у відповідних джерелах назву основного рівняння радіолокації. У це рівняння, разом із низкою параметрів, що характеризують пошукову РЛС, входить один-єдиний параметр, що характеризує ціль. Цим параметром є ефективна площа розсіювання дрону (ЕПР) $\sigma_{ЕПР}$, що залежить від вектору технічних елементів дрону $\bar{X}$, $\sigma_{ЕПР} = \sigma_{ЕПР}(\bar{X})$. При цьому радіус викриття $R_{BK} \approx C_R \sqrt[4]{\sigma_{ЕПР}}$, де коефіцієнт C_R , розрахункові залежності для якого є загальновідомими, залежить тільки від характеристик радіолокаційної станції, але не від характеристик корабля, пошук якого ведеться.

Далі зазначимо, що ймовірність $P_{BK} = P'_{DR}(S_N, P_{HT}) = P'_{BK}(S, T_N)$, де $S_N = \frac{N_O}{N_{Ш}}$ є співвідношення

«сигнал-шум», $N_O = C_N \frac{\sigma_{ЕПР}}{R_{BK}^4}$. де коефіцієнт C_N залежить тільки від характеристик РЛС, але не

дрону, $N_{Ш}$ є потужність шуму, $N_{Ш} = \frac{k_B T}{\tau_P}$, де $k_B = 1,37 \cdot 10^{-23}$ Дж/град К- константа Больцмана,

T - температура у градусах Кельвіна (град К) під час роботи радару, τ_{HT} - протяжність одного радіолокаційного імпульсу, P_{HT} є ймовірність необґрунтованої тривоги, та $T_N = -\ln P_{JT}$. Для не випадкової ЕПР маємо, [4]:

$$P'_{BK}(\bar{X}) = 1 - \frac{1}{2} \Phi_2 \left(\sqrt{T_N} - \sqrt{S_N [\sigma_{ЕПР}(\bar{X}) + 0,5]} \right); \quad \Phi_2(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-u^2) du.$$

Якщо ж ЕПР не випадкова, але сигнал, що отримується, містить певні випадкові флуктуації, то слід використовувати залежність [5]:

$$P'_{BK} = P'_{BK}(S_N, P_{IT}) = \exp(-S_N) \int_{P_N}^1 I_0(2\sqrt{S_N \ln x}) dx \approx \left[1 + \frac{2S_N T_N}{2 + S_N^2} \right] \exp[-2T_N(2 + S_N)],$$

де $S_N = S_N[\sigma_{EPP}(\bar{X})]$, а I_0 - функція Бесселя нульового порядку мнимого аргументу.

Якщо ЕПР є випадковою величиною, то $S_N = K_S \sigma_{EPP}$, где K_S - не випадковий множник. В цьому випадку, знаючи щільність ймовірності ЕПР $f_\sigma(\sigma_{EPP})$, можна знайти також і щільність ймовірності тепер вже випадкової величини S_N .

Застосуємо далі формулу повної ймовірності. Тоді знайдемо ймовірність викриття дрону $P_{BK} = P''_{BK}$ для випадкового відношення потужності сигналу до потужності шуму S_N та при розгляді необгрунтованої тривоги як випадкової події, що характеризується ймовірністю $P_{IT} = \exp(-T_N)$, у наступному вигляді:

$$P''_{BK} = \int_0^\infty P''_{BK}(S_N) f_S(S_N) dS_N.$$

Щодо щільності розподілу ЕПР $f_\sigma(\sigma_{EPP})$ зазначимо наступне. Найпростіша та здавна загальновідома залежність в цьому випадку відповідає відсутності на дроні т.зв «блискучих точок», тобто таких невеликих по відношенню до загальної площі контуру корабля вище КВЛ районів, які вносять великий вклад у величину ЕПР. В цьому випадку ЕПР створюється більш-менш рівномірно поверхнею дрона. Тоді можна застосувати експоненційний розподіл, [6]:

$$f_\sigma(\sigma_{EPP}) = f_\sigma^{(0)}(\sigma_{EPP}) = \frac{1}{\bar{\sigma}_{EPP}} \exp\left(-\frac{\sigma_{EPP}}{\bar{\sigma}_{EPP}}\right), \quad (1)$$

де $\bar{\sigma}_{EPP} = \bar{\sigma}_{EPP}(\bar{X})$ - середня ЕПР, що залежить від вектору $\bar{X}$.

Якщо ж «блискучі точки є, то можна використовувати узагальнений розподіл Релея у вигляді:

$$f_\sigma(\sigma_{EPP}) = \frac{1 + \vartheta}{\bar{\sigma}_{EPP}} \exp\left[-\vartheta - (\vartheta + 1) \frac{\sigma_{EPP}}{\bar{\sigma}_{EPP}}\right] I_0\left(2\sqrt{\vartheta(1 + \vartheta) \frac{\sigma_{EPP}}{\bar{\sigma}_{EPP}}}\right). \quad (2)$$

Тут значення $\vartheta = 0$ відповідає відсутності блискучих точок, і тоді співвідношення (2) переходить у співвідношення (1). У загальному ж випадку параметр ϑ має визначатися на підставі експериментів, [7]. Крім того, якщо ЕПР розглядається як випадкова величина, то радіус загалом викриття слід також розглядати як випадкову величину, [8]. Але, оскільки радіус викриття відносно слабо змінюється із зміною ЕПР (нагадаємо, що $R_{BK} \approx C_R \sqrt[4]{\sigma_{EPP}}$, $C_R \neq C_R(\sigma_{EPP})$), то для початкових стадій проектування дрону-камікадзе можна вважати величину R_{BK} не випадковою, у тому числі і тоді, коли ЕПР розглядається як випадкова величина.

Висновок. Розглянуті можливі підходи до визначення ймовірності викриття та радіусу викриття дрону-камікадзе за допомогою радарів. Радіус викриття може розглядатися як детермінований параметр у тому числі і тоді, коли ефективна поверхня розсіювання (ЕПР) є випадковою. Для зменшення ЕПР дрону-камікадзе більш доцільним є використання протирадіолокаційних покриттів, ніж архітектурного захисту.

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.