

- [3] Dale, Lucia, Amato, Nancy. 2001. Probabilistic roadmaps - Putting it all together. Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation. 2. 1940 - 1947 vol.2.
- [4] Dijkstra, E.W. A note on two problems in connexion with graphs. 1959. Numer. Math. 1, 269–271.
- [5] Khatib, O. Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots. 1986. O. Khatib. Autonomous robot vehicles. Springer, c. 396—404.
- [6] Borenstein, Johann, Koren. 1991. The vector field histogram-fast obstacle avoidance for mobile robots. IEEE Trans. Robotics Autom. 7 278-288.
- [7] K.N. McGuire, G.C.H.E. de Croon, K. Tuyls, A comparative study of bug algorithms for robot navigation, Robotics and Autonomous Systems, Vol 121, 2019, 103261, ISSN 0921-8890.
- [8] Debnath, Sanjoy & Omar, Rosli & Bagchi, Susama & elia nadira, Sabudin & Shee Kandar, Mohd Haris Asyraf & Foyso, K. & Chakraborty, Tapan. 2021. Different Cell Decomposition Path Planning Methods for Unmanned Air Vehicles-A Review. 10.1007/978-981-15-5281 6-8.
- [9] Akshay Kumar Guruji, Himansh Agarwal, D.K. Parsediya, Time-efficient A* Algorithm for Robot Path Planning, Procedia Technology, Volume 23, 2016, Pages 144-149, ISSN 2212-0173.
- [10] S. M. LaValle, Rapidly-Exploring Random Trees: A New Tool for Path Planning, Technical Report. 98-11.

PATH PLANNING OF AN AUTONOMOUS SURFACE VESSEL AND OPTIMIZATION METHODS

Yermolenko Bohdan Oleksiyovich

postgraduate student at Department of Programmable Electronics, Electrical Engineering and Telecommunications

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

bohdan.errmolenko@nuos.edu.ua

Abstract. Autonomous surface vessels (UAVs) and their application in research of various complexity are a relevant field of research. Autonomous surface vessels are devices capable of independently moving through the water environment and performing various tasks and collecting data. It plays an important role in carrying out scientific research of various nature. Constant changes in the dynamic conditions of the environment, the need for energy saving, ensuring safety and efficient performance of tasks pose significant challenges to the process of movement and path planning. The influence of these problems does not allow efficient movement along the given route, and therefore the overall performance of the ANS is greatly reduced.

Keywords: Autonomous surface vessels, navigation, path planning, algorithm of optimized movement.

УДК 629.12.011.001.24

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ЕФЕКТИВНОСТІ НАДВОДНОГО ДРОНУ - КАМІКАДЗЕ

Соломенцев О. І.,

доктор технічних наук, професор НУК

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Україна, м. Миколаїв

solomen@mksat.net

Анотація. Розглянуте визначення показника ефективності надводного дрону -камікадзе. Застосовано метод коефіцієнтів використання. Розглянуті деякі аспекти побудови математичної моделі дрону.

Ключові слова: надводний дрон-камікадзе, показник ефективності, коефіцієнт використання

Вступна частина. В умовах Вітчизняної війни українського народу із московськими загарбниками одним з провідних засобів війни на морі з українського боку стало використання надводних дронів - камікадзе. Розглянемо визначення показника ефективності для таких дронів. Існуючі підходи до розрахунків показників ефективності бойових кораблів викладені у роботі [1]. Далі ми зупинимося на методі коефіцієнтів використання. Цей метод був застосований для атомних підводних човнів у 1999 р., [2], Згодом цей метод отримав подальший розвиток також і стосовно надводних кораблів, [3-5].

Мета роботи. Метою роботи є визначення показника ефективності надводного дрону - камікадзе на підставі методу коефіцієнтів використання.

Основна частина. Нашою метою є визначення вектору тактико-технічних елементів дрону – камікадзе $\bar{X}$. При цьому $\bar{X} = \bar{X}_1 \cup \bar{X}_2$, де $\bar{X}_1$, $\bar{X}_2$ - тактичні та технічні елементи відповідно. В даному випадку до тактичних елементів відносяться маса G та тип вибухівки, радіус дії дрону L_R та швидкість дрону. А технічні елементи - це головні розміри, коефіцієнти повноти, тип рушія. Базове співвідношення методу коефіцієнтів використання для визначення показника ефективності має наступний вигляд, [2-5]:

$$\mathcal{E}(\bar{X}) = \eta_{\Sigma}(\bar{X}_2) \mathcal{E}_0(\bar{X}_1),$$

де $\mathcal{E} = \mathcal{E}(\bar{X}) = \mathcal{E}(\bar{X}_1, \bar{X}_2)$ - показник ефективності, $\mathcal{E}_0 = \mathcal{E}_0(\bar{X}_1)$ - ідеальний (теоретично максимально досяжний) показник ефективності, та $\eta_{\Sigma} = \eta_{\Sigma}(\bar{X}_2)$ - інтегральний коефіцієнт використання, який зазвичай визначається як здобуток часткових коефіцієнтів використання.

Основною метою бойового використання дрону-камікадзе є доставка бажано найбільшої кількості вибухівки масою G морем на бажано найбільшу відстань L_R . Отже, при визначенні ідеального показника ефективності можливі такі дві ситуації. В першому випадку відстань L_R не задається, і її бажано збільшити. В цьому випадку маємо $\mathcal{E}_0 = \mathcal{E}_0(\bar{X}_1) = k_{THT} G L_R$, де k_{THT} - тротильовий еквівалент для прийнятого типу вибухівки. В іншому випадку відстань $L_R = L_{R0}$ задається - зокрема, це може бути відстань між певним пунктом на контрольованому Україною узбережжі та тимчасово окупованим Севастополем. В цьому випадку основною метою використання дрону -камікадзе є доставка бажано найбільшої кількості вибухівки на задану відстань у бажано найкоротший час. Якщо так, то приходимо до того, що $\mathcal{E}_0 = \mathcal{E}_0(\bar{X}_1) = k_{THT} G v$.

Розглянемо далі визначення коефіцієнта використання $\eta_{\Sigma} = \eta_{\Sigma}(\bar{X}_2)$. Фактичний коефіцієнт використання буде дорівнювати ідеальному коефіцієнту (іншими словами, завдання на ураження ворожого корабля гарантовано буде виконане) за наступних умов:

- система керування спрацює без відмов;
- система підриву спрацює без відмов;
- дрон не буде викритий та знищений супротивником до того, як підірветься разом із кораблем супротивника;
- дрон не має перекинутися під час руху під впливом вітру та хвилювання або під час крутих поворотів.

Розглянемо, що з цих умов має бути узяті до уваги під час визначення технічних елементів дрону. Безвідмовне функціонування системи керування та системи підриву визначається:

- ступенем кваліфікованості операторів;
- ступенем досконалості приладів.

Обидва ці фактори не пов'язані безпосередньо із вибором тактико-технічних елементів дрону.

Умови відсутності перекидання під впливом вітру та хвиль мають бути узяті до уваги через обмеження математичної моделі. У той же час умова виживання дрону в умовах протидії супротивника є надзвичайно важливою. Тому згідно із загальними принципами вибору цільової функції та обмежень у математичній моделі [6] зазначену умову доцільно безпосередньо включити до показника ефективності. Отже, якщо $\mathcal{O}_0 = \mathcal{O}_0(\bar{X}_1) = k_{THT} GL_R$, то коефіцієнт $\eta_\Sigma = \eta_\Sigma(\bar{X}_2)$ являтиме собою ймовірність викриття та знищення дрону до того, як він виконає своє завдання. Тоді для дрону коефіцієнт бойової стійкості, що був визначений для надводного корабля у роботах [4,5], приймає для дрону -камікадзе більш простий вигляд:

$$\eta_\Sigma = \eta_\Sigma(\bar{X}_2) = 1 - P_{BK}(\bar{X}_2)P_{BP}(t_{BP}); t_{BP} = \frac{R_P - R_0}{v} - t_3; t_3 = t_{KL} + t_P;$$

$$R_P = R_{BK}, R_{BK} < R_{AK}; R_P = R_{AK}, R_{BK} > R_{AK},$$

де $P_{BK}(\bar{X}_2)$ - ймовірність викриття дрону радіолокаційними або електронно-оптичними засобами;

P_{BP} - умовна ймовірність враження викритого дрону за умови, що він перебував під вогнем супротивника протягом часу t_{BP} ;

R_{BK} - відстань, на якій дрон може бути викрито радіолокаційними або електронно-оптичними засобами (вважається невинуватою);

R_{AK} - дальність стрільби артилерійського комплексу супротивника;

R_0 - довжина «мертвої зони» засобів ураження;

t_{RK} - час, потрібний для класифікації цілі;

t_P - час, потрібний на реакцію артилерійського комплексу.

Якщо ж $\mathcal{O}_0 = \mathcal{O}_0(\bar{X}_1) = k_{THT} Gv$, то буде

$$\eta_\Sigma = \eta_\Sigma(\bar{X}_2) = \eta_v(BX, \bar{X}_2)[1 - P_{BK}(\bar{X}_2)P_{BP}(t_{BP})],$$

де коефіцієнт $\eta_v = \eta_v(BX, \bar{X}_2)$ характеризує зменшення швидкості дрону в умовах вітру та хвиль у порівнянні із його швидкістю на тихій воді.

Тут BX є інтенсивність хвилювання, що вимірюється у баллах.

Визначення ймовірності та дальності викриття при використанні радіолокації та оптично-електронних засобів описане у доповідях [7,8], а визначення ймовірності враження у доповіді [9]. Обмеження з остійності та керованості у математичній моделі дрону-камікадзе будуть розглянуті окремо пізніше.

Висновок. Запропонована структура та отримані основні структурні залежності для визначення показника ефективності дрону - камікадзе за методом коефіцієнтів використання. Для подальших досліджень ключовим є аналітичне визначення ймовірності виживання дрону в умовах протидії супротивника.

Література

1. Соломенцев, О.И. Об одном способе анализа тенденций развития надводных кораблей Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції//“Інновації в суднобудуванні та океанотехніці”. – Миколаїв: НУК, 2020. Частина II. -с. 375-382
2. Худяков, Л.Ю. “Virginia”- вместо или вместе с “Seawolf”? Судостроение, 1999. - №5.- с.25-32

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 ХІІ 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.