

Розвиток, бойове застосування та озброєння авіації

УДК 623

DOI: 10.30748/nitps.2018.33.03

С.М. Звиглянич, М.П. Ізюмський, С.В. Орлов

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

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ПРОВЕДЕННЯ ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ БЕЗПІЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ

У статті розглянутий підхід до оцінки дій розвідувальних безпілотних літальних апаратів. Предметом дослідження є процес організації ведення повітряної розвідки з використанням безпілотних літальних апаратів. Метою статті є обґрунтування способу проведення оцінки дій безпілотних літальних апаратів при проведенні повітряної розвідки, суть якого полягає в кількісному обґрунтуванні раціонального варіанту проведення повітряної розвідки з урахуванням можливостей зенітних ракетних комплексів системи проти-повітряної оборони противника. Розглянути аналітичні залежності, що відбивають основні характеристики розвідувальних безпілотних літальних апаратів. В сукупності із запропонованою імітаційною моделлю подолання безпілотними літальними апаратами системи протиповітряної оборони противника, вони дають можливість оцінити ефективність вибраного варіанту повітряної розвідки за значенням вартості знімання інформації з одиниці площі земної поверхні. Приведені розрахунки спираються на методи дослідження операцій. Запропонований підхід дозволяє в достатній мірі врахувати можливості системи проти-повітряної оборони противника, тим самим забезпечити вибір раціонального варіанту проведення повітряної розвідки заданого району дислокації військ противника.

Ключові слова: система ППО, зенітні керовані ракети, зенітні ракетні комплекси, безпілотні літальні апарати, повітряна розвідка.

Вступ

Постановка проблеми. На сьогодні з урахуванням досвіду останніх локальних війн і військових конфліктах підвищена увага приділяється використанню безпілотної авіації. Найширше застосування безпілотні літальні апарати (БПЛА) знайшли в системах розвідки. Причому на усіх рівнях – від стратегічного до тактичного, і безпосередньо на полі бою.

Тому оцінка дій розвідувальних БПЛА, що лежить в основі обґрунтування раціональних способів ведення розвідки противника з урахуванням можливостей системи протиповітряної оборони (ППО), набуває особливої актуальності.

Аналіз літератури. Новітні збройні конфлікти внесли деякі особливості в застосування безпілотної авіації [1–2]. Висока ефективність застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для проведення повітряної розвідки [3] обумовлює необхідність обґрунтування раціональних способів їх застосування. Нині спостерігається тенденція до підвищення можливостей систем протиповітряної оборони (ППО) до організації боротьби саме з БПЛА [4].

Методи оцінки ефективності застосування розвідувальних БПЛА, як правило, спираються на ряд аналітичних залежностей [5–7]. У тому числі приво-

дяться аналітичні залежності обліку можливостей системи ППО противника по ураженню БПЛА [7].

Такий підхід при оцінці живучості БПЛА без урахування їх траєкторії польоту, тактичної побудови зенітних ракетних комплексів (ЗРК) системи ППО противника, характеристик і можливостей цих комплексів не дозволяє повною мірою отримати адекватну оцінку ситуації, що реально складається, при проведенні повітряної розвідки.

Метою статті є обґрунтування раціонального способу проведення повітряної розвідки заданого району дислокації військ противника з урахуванням технічних характеристик розвідувальної апаратури БПЛА і можливостей його системи ППО.

Виклад основного матеріалу

Одним з основних завдань повітряної розвідки є пошук об'єктів противника в заданій області його території. Найбільш широко використовуваними методами пошуку є баражування в заданому районі (рис. 1) і обліт заданого рубежу у бойових порядках противника (рис. 2) [7].

Тривале знаходження в повітрі при баражуванні підвищує вірогідність знищення БПЛА засобами ППО противника.

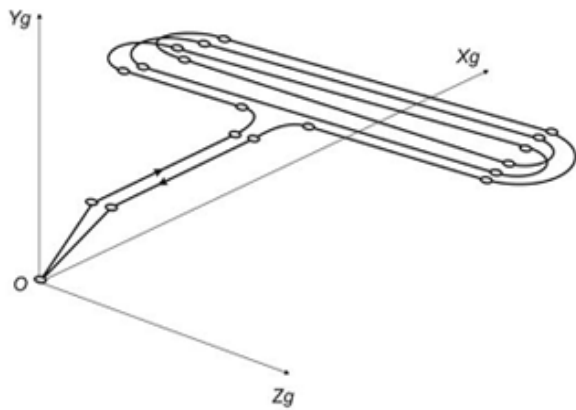


Рис. 1. Баражування в заданому районі

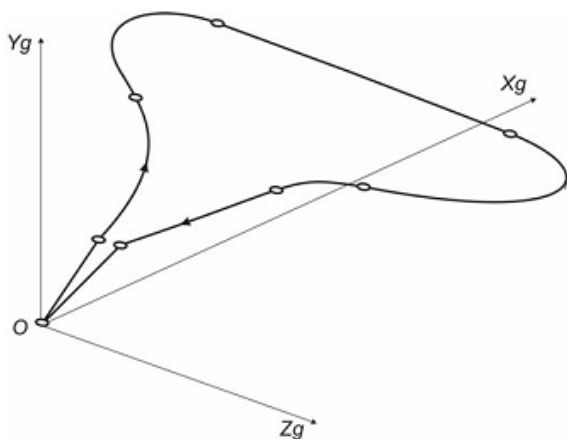


Рис. 2. Обліт заданого рубежу

Обліт заданого рубежу є одним з самих високо-ефективних. Профіль польоту вибирається таким, щоб забезпечити скритність і малопомітність, тим самим утруднити дії ППО противника.

Відмітимо, що при розгляді методів проведення повітряної розвідки одним з основних чинників, що впливає на даний процес, виступає система ППО противника.

Розглянемо узагальнену характеристику розвідувального БПЛА, $C_{1п}$ – вартість виконання бойового завдання [7]:

$$C_{1п} = \frac{C_{ла}}{n_{пр}} + C_{дру} + C_{трм}, \quad (1)$$

де $C_{ла}$ – вартість нового БПЛА;

$n_{пр}$ – розрахункова кількість застосування БПЛА;

$C_{дру}$ – вартість додаткових витратних пристроїв (порохові прискорювачі, піропатрони і т.п.);

$C_{трм}$ – вартість палива і витратних матеріалів.

В якості основної оцінки дій розвідувальних БПЛА може бути використувана вартість знімання інформації з одиниці площі земної поверхні [2]:

$$C_{и} = \frac{C_{1п}}{P_{бз} F_s}, \quad (2)$$

де $P_{бз}$ – вірогідність виконання бойового завдання;

F_s – сумарна площа земної поверхні, що переглядається, в одному вильоті.

Цей показник дозволяє оцінити ефективність застосування будь-якого розвідувального БПЛА з урахуванням його виживаності, затратності і продуктивності його цільового навантаження.

Вірогідність виконання бойового завдання розвідувальними БПЛА представимо як:

$$P_{бз} = K_r P_{пво} P_p P_{об}, \quad (3)$$

де K_r – коефіцієнт готовності БПЛА;

$P_{пво}$ – вірогідність того, що БПЛА не будуть збиті системою ППО противника впродовж розвідувального польоту;

P_p – вірогідність того, що розвідувальна інформація не втратить своєї актуальності за час доведення її до командування, штабу;

$P_{об}$ – вірогідність попадання поодинокого об'єкту розвідки в обдaсть огляду апаратури БПЛА.

Розглянемо величини, що входять у формулу (3).

Коефіцієнт готовності БПЛА K_r характеризує його можливість виконати поставлене завдання, тобто відбиває його технічний стан [8]:

$$K_r = \frac{T_p}{T_e}, \quad (4)$$

де T_p – час безпосереднього функціонування;

T_e – загальний час експлуатації.

Вірогідність того, що розвідувальна інформація не втратить своєї актуальності за час доведення її до командування, штабу, P_p [7] виражається як

$$P_p = e^{-\frac{T_{оп}}{T_{ож}}}, \quad (5)$$

де $T_{оп}$ – час виявлення і передачі даних (є сумою часів: часу на виявлення об'єкту оператором на екрані монітора АРМ, часі ідентифікації об'єкту оператором і часу визначення координат об'єкту);

$\frac{1}{T_{ож}}$ – параметр рухливості об'єкту ($T_{ож}$ – середній час перебування об'єкту розвідки в цьому стані або місці).

У свою чергу, вірогідність попадання поодинокого об'єкту розвідки в обдaсть огляду апаратури БПЛА $P_{об}$ [8] виражається як:

$$P_{об} = \frac{S_{обз}}{S_{п}}, \quad (6)$$

де $S_{обз}$ – площа огляду апаратури цільового навантаження БПЛА в одному вильоті;

S_n – повна площа земної поверхні, на якій виконується бойове завдання по пошуку об'єкту.

Зупинимося детальніше на визначенні значення $P_{пво}$. Для якнайповнішого обліку усіх чинників при обчисленні $P_{пво}$ раціонально використовувати метод імітаційного моделювання. Імітаційний метод дозволяє максимально врахувати як характеристики об'єктів, що беруть участь в досліджуваному процесі, так і використовувати тактичні побудови цих об'єктів. Тут об'єктами виступають БПЛА і ЗРК системи ППО противника.

Нехай в операції бере участь декілька БПЛА, кількість яких визначається завданням, що стоїть перед ними. Для того, щоб за результатами роботи імітаційної моделі оцінити вірогідність ураження БПЛА, введемо в розгляд подію A_i , що полягає в ураженні i -го БПЛА, а також характеристичну випадкову величину x_i [9]:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо подія сталася;} \\ 0, & \text{інакше.} \end{cases}$$

Нехай вірогідність ураження i -го БПЛА p_i є результат роботи імітаційної моделі, тоді математичне очікування числа уражених БПЛА виражається як

$$m_{пр} = \sum_{i=1}^N p_i, \quad (7)$$

де N – число БПЛА, що беруть участь в цій операції.

Відмітимо, основні труднощі розробки імітаційної моделі полягають в необхідності з максимальною точністю наблизити модельований процес до реального.

Імітація процесу застосування БПЛА включає імітацію їх польоту і імітацію бойової роботи ЗРК системи ППО по ураженню виявлених цілей.

Імітація польоту повинна викликати мінімальні програмні труднощі реалізації. При цьому слід зазначити не критичність до точності реалізації самих траєкторій руху БПЛА.

Опис (вибір параметрів) ракетних комплексів ПРО повинен якнайповніше відбивати їх бойові можливості. Розглянемо модель траєкторії руху БПЛА (рис. 3). Модельний час змінюється дискретно від нуля до заданого T_m , що визначає кінець польоту БПЛА, з кроком Δt .

Траєкторія польоту БПЛА задається простим способом – лінійними сплайнами.

Положення БПЛА в просторі описується рівняннями:

$$\begin{aligned} y_{n+1} &= y_n + \left(V^{T_t^m} \Delta t \right) \cos(e_m) \cos(a_m) y_{n+1} = \\ &= y_n + \left(V^{T_t^m} \Delta t \right) \cos(e_m) \cos(a_m); \end{aligned} \quad (8)$$

$$z_{n+1} = z_n + \left(V^{T_t^m} \Delta t \right) \sin(e_m),$$

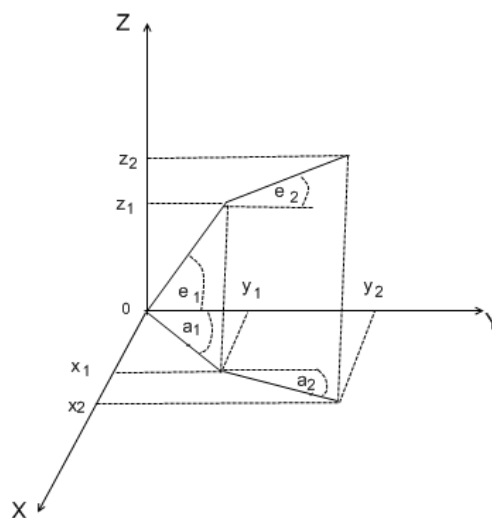


Рис. 3. Модель траєкторії БПЛА

де T_t^m – значення поточного модельного часу, до якого на відріжку m траєкторії БПЛА швидкість, кут місця і азимут не змінюються;

$V^{T_t^m}$ – швидкість БПЛА на відріжку траєкторії m ;

e_m – кут місця польоту БПЛА на відріжку траєкторії m ;

a_m – азимут польоту БПЛА на відріжку траєкторії m ;

Δt – крок зміни модельного часу.

На рис. 3 БПЛА з точки 0 в точку з координатами (x_1, y_1, z_1) до значення поточного часу T_t^1 рухається з середньою швидкістю $V^{T_t^1}$ і заданими кутами e_1, a_1 з дискретним кроком Δt згідно з рівняннями (8).

Далі рух ракети триває аналогічно з новою швидкістю $V^{T_t^2}$ і кутами e_2, a_2 в точку з координатами (x_2, y_2, z_2) до досягнення значення модельного часу T_t^2 , і так далі.

Цей процес триває до досягнення значення модельного часу T_m .

На рис. 4 показані основні зони ураження і пуску ЗРК.

Визначимо основні ТТХ ЗРК, що враховуються в моделі [10–11]:

– дальність ураження (стрільби) – дальність, на якій ціль уражалася з вірогідністю не нижче за задану (розрізняють мінімальну і максимальну дальності);

– висота ураження (стрільби) – висота, на якій цілі уражалися з вірогідністю не нижче за задану (розрізняють мінімальну і максимальну висоти);

– вірогідність ураження цілі – вірогідність появи події, що полягає в нанесенні цілі збитку при стрільбі ЗУР, внаслідок чого цілі не в змозі виконати бойове завдання (цілі може бути ураженою при стрільбі однією або декількома ракетами, тому розглядають відповідну вірогідність ураження P_1 і P_n);

– цільовий канал – сукупність елементів ЗРК, що забезпечує одночасний супровід і обстріл однієї цілі;

– ракетний канал – сукупність елементів ЗРК, що забезпечують одночасно підготовку до старту, старт і наведення однієї ЗУР на ціль;

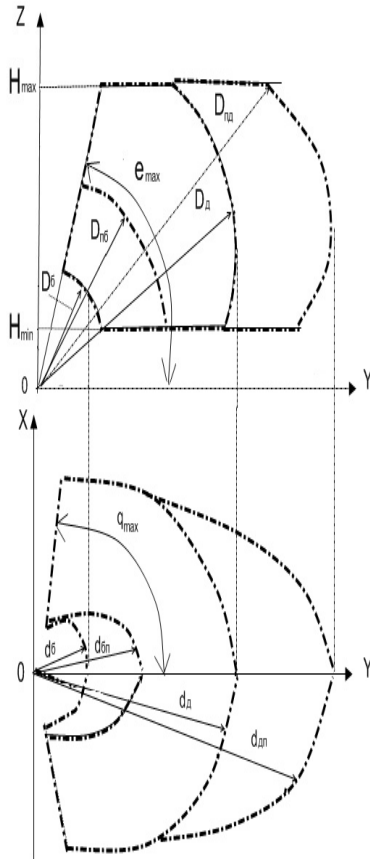


Рис. 4. Зони ураження і пуску ЗРК

– робочий час ЗРК (час реакції) – інтервал часу від початку виявлення цілі до готовності ЗРК до пуску першої ракети, воно визначається часом, який витрачається на пошук і захоплення цілі і на підготовку початкових даних для стрільби;

– зона ураження комплексу – область простору, в межах якої забезпечується ураження повітряної цілі ЗУР із заданою вірогідністю;

– зона пуску ракети – область простору, при знаходженні цілі в якій у момент пуску ракет забезпечується їх зустріч в зоні ураження ЗРК.

Основними характеристиками зони ураження ЗРК (рис. 4) являються: горизонтальна (похила) дальність до далекої і ближньої меж d_d (D_d) і d_b (D_b), мінімальна і максимальна висоти H_{min} і H_{max} , грани-

чний курсовий кут α_{max} і максимальний кут місця e_{max} .

Зону пуску (рис. 4) визначимо з розрахунку того, що ЗУР досягне меж зони ураження в площині OZY за час

$$t_{гпр} = \frac{D_d}{V_{зур}}, \quad (9)$$

де $V_{зур}$ – швидкість ЗУР.

Тоді дальність, що визначає межу зони пуску, визначається як

$$D_{пд} = D_d + V_p t_{гпр}. \quad (10)$$

Для площини OXY межа зони пуску визначається аналогічно.

Відмітимо, що точність визначення зони пуску порівнянна з точністю завдання траєкторії руху БПЛА.

Розглянемо модель РЛС. Дальність дії РЛС є однією з найважливіших характеристик, що визначає можливість виконання бойового завдання по виявленню, супроводу і виміру координат цілі і визначається дальністю виявлення $L_{об}$. Виявлення цілі відбувається з деякою вірогідністю $P_{об}$. Здається мінімальне значення ЕПР цілей, які може виявити дана РЛС.

У рамках даної імітаційної моделі облік роботи РЛС зводиться до обчислення дальності до цілі. Якщо ЕПР цілі дозволяє її виявити РЛС, то методом жереба [12] визначається факт виявлення цілі.

Дано вербальний опис роботи імітаційної моделі. Описується угруповання ЗРК шляхом завдання відповідних характеристик і визначення їх координат в системі прямокутних координат на місцевості.

Задаються траєкторії польоту БПЛА. Встановлюється граничний час моделювання T_m , а також дискретний крок зміни модельного часу Δt .

Задається число реалізацій моделі N (опосередковано впливає на точність роботи моделі). Обнуляються лічильники ураження в реалізаціях для кожного БПЛА – $S_1 = 0, S_2 = 0, \dots, S_n$.

Процес проведення розвідки заданого району розвивається в часі. Для кожного кроку модельного часу Δt положення кожного БПЛА в просторі розглядається по черзі кожним ЗРК на предмет можливості почати прицілювання. Для цього, якщо відстань від ЗРК до БПЛА не перевищує дальності виявлення $L_{об}$, і ЕПР цілі відповідає ТТХ РЛС, методом жереба встановлюється факт виявлення БПЛА. Після встановлення факту виявлення фіксується час виявлення і робиться відмітка, що цей ЗРК узияв на супровід цей БПЛА.

Надалі даний БПЛА вже не виступає як ціль для інших ЗРК. Тобто, в якійсь мірі реалізується

процес управління розподілом цілей між ЗРК описаного угруповання.

Після закінчення робочого часу, якщо цей БПЛА не вийшов із зони пуску, проводиться пуск. Залежно від числа ракетних каналів на цільовий канал обчислюється вірогідність ураження:

$$P_{\Pi} = 1 - (1 - p_1)^k, \quad (11)$$

де k – число ракетних каналів на один цільовий.

Далі, по методу жереба встановлюється факт ураження цього i -го БПЛА в цій реалізації. У разі ураження лічильник числа ураження i -го БПЛА збільшується на одиницю:

$$S_i = S_i + 1. \quad (12)$$

Число одночасно супроводжуваних цілей ЗРК визначається числом його цільових каналів.

Кінець однієї реалізації визначається досягненням поточного модельного часу значення T_m .

Після проведення заданих N реалізацій визначається оцінка вірогідності ураження кожного БПЛА. Для i -го БПЛА:

$$P_i = \frac{S_i}{N}. \quad (13)$$

Тоді для кожного i -го БПЛА вірогідність того, що його не буде уражено, рівна

$$P_{\text{пво}_i} = 1 - P_i. \quad (14)$$

У цій моделі "випадковість" закладена в реалізації встановлення факту виявлення БПЛА системою ППО, а також встановленні факту його ураження.

Висновки

Розглянуті аналітичні залежності, що відбивають основні характеристики розвідувальних БПЛА. Наведено алгоритм імітаційної моделі подолання БПЛА системи ППО противника. Ця модель враховує траєкторії руху БПЛА і можливості ЗРК противника по ураженню повітряних цілей. В сукупності облік технічних можливостей БПЛА на основі наведених аналітичних залежностей поряд з оцінкою їх живучості в зоні дії ППО противника дозволяє обґрунтувати раціональний варіант проведення повітряної розвідки в заданому районі бойових дій.

Список літератури

1. Алімпієв А.М. Особливості гібридної війни РФ проти України. Досвід, що отриманий Повітряними силами Збройних Сил України / А.М. Алімпієв, Г.В. Певцов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – Вип. 2(27). – С. 19-25. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.03>.
2. Шамко Є.В. Основні особливості застосування Повітряних Сил в сучасних умовах ведення збройної боротьби / Є.В. Шамко, О.М. Жарик, В.В. Коваль // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – Вип. 2(27). – С. 15-18. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.02>.
3. Жарик О.М. Досвід використання безпілотних авіаційних комплексів для виконання бойових (спеціальних) завдань в Арабо-Ізраїльських війнах та збройних конфліктах / О.М. Жарик // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків: ХУПС, 2013. – № 1(34). – С. 5-15.
4. Вишневський С.Д. Потенційні можливості РЛС РТВ з виявлення оперативного-тактичних та тактичних безпілотних літальних апаратів / С.Д. Вишневський, Л.В. Бейліс, В.Й. Климченко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2(27). – С. 92-98. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.18>.
5. Моисеев Г.В. Основы теории создания и применения имитационных беспилотных авиационных комплексов: монография / Г.В. Моисеев, В.С. Моисеев. – Казань: Редакционно-издательский центр, 2013. – 208 с.
6. Моисеев В.С. Основы теории эффективного применения беспилотных летательных аппаратов / В.С. Моисеев. – Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2015. – 444 с.
7. Ростопчин В.В. Элементарные основы оценки эффективности применения беспилотных авиационных систем для воздушной разведки [Электронный ресурс] / В.В. Ростопчин. – URL: www.uav.ru/stati.php.
8. Шишмарев В.Ю. Надежность технических систем / В.Ю. Шишмарев. – М.: Академия, 2010. – 304 с.
9. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1988. – 480 с.
10. Зимин Г.В. Справочник офицера противовоздушной обороны. – 2-е изд., перераб. и доп. / Г.В. Зимин, С.К. Бурмистров, Б.М. Букин. – М.: Воениздат, 1987. – 512 с.
11. Василин Н.Я. Зенитные ракетные комплексы. Справочник / Н.Я. Василин, А.Л. Гуринович – Мн.: Издательство Попурри, 2002. – 464 с.
12. Таха Хэмди А. Введение в исследование операций, 7-е издание: пер. с англ. / А. Таха Хэмди. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 912 с.

References

1. Alimpiiev, A.M. and Pievtsov, H.V. (2017), "Osoblyvosti hibrydnoi viiny RF proty Ukrainy. Dosvid, shcho otrymanyi Povitrianymy Sylamy Zbroinykh Syl Ukrainy" [The features of the hybrid war of the Russian Federation against Ukraine. Experience received by the Armed Forces of the Armed Forces of Ukraine], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(27), pp. 19-25. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.03>.
2. Shamko, Ye.V., Zharyk, O.M. and Koval, V.V. (2017), "Osnovni osoblyvosti zastosuvannia Povitrianykh Syl v suchasnykh umovakh vedennia zbroinoi borotby" [Basic features of use of the Air Force under present-day conditions during

armed struggle], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(27), pp. 15-18. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.02>.

3. Zharik, O.M. (2013), "Dosvid vykorystannya bezpilotnykh aviatsiynykh kompleksiv dlya vykonannya boyovykh (spetsialnykh) zavdan v Arabo-Izrayil'skykh viynakh ta zbroynykh konfoiktakh" [Experience of using unmanned aviation complexes to carry out combat (special) tasks in Arab-Israeli wars and armed conflicts], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 2(51), pp. 6-8.

4. Vyshnevskiy, S.D., Beilis, L.V. and Klymchenko, V.Y. (2017), "Potentsiini mozhlyvosti RLS RTV z vyivlennia operativno-taktychnykh ta taktychnykh bezpilotnykh litalnykh aparativ" [Potential capabilities of radiotechnical troops radars to detect operational-tactical and tactical unmanned air vehicle], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(27), pp. 92-98. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.18>.

5. Moiseev, G.V. and Moiseev, V.S. (2004), "Osnovy teorii sozdaniya i primeneniya imitatsionnykh bespilotnykh aviatsionnykh kompleksov: monografiya" [Fundamentals of the theory of the creation and application of imitation unmanned aerial systems: monograph], Editorial and publishing center "School", Kazan, 208 p.

6. Moiseev, V.S. (2015), "Osnovy teorii effektivnogo primeneniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov: monografiya" [Fundamentals of the theory of effective use of unmanned aerial vehicles: monograph], Editorial and publishing center "School", Kazan, 444 p.

7. Rostopchin, V.V. (2006), "Elementarnye osnovy otsenky effektivnosti pryimeneniya bespylotnykh avyatsyonnykh system dlia vozduшной razvedky" [Elementary principles for evaluating the effectiveness of the use of unmanned aircraft systems for aerial reconnaissance], available at: <http://uav.ru/stati.php>.

8. Shishmarev, V.J. (2010), "Nadezhnost' tehnikeskikh system" [Reliability of technical systems], Academy, Moscow, 304 p.

9. Ventsel, E.S. and Ovcharov, L.A. (1988), "Teoriya veroyatnostey i yeye inzhenernyye prilozheniya" [Probability theory and its engineering applications], Science, Moscow, 480 p.

10. Zimin, G.V., Burmistrov, S.K. and Bukin, B.M. (1987), "Spravochnik ofitsera protivovozduшной oborony" [Reference book of an air defense officer], Voenizdat, Moscow, 512 p.

11. Vasilin, N.J. and Gurinovich, A.L. (2002), "Zenitnye raketnye komplekсы: Spravochnik" [Anti-aircraft missile systems. Directory], Popurri, Minsk, 464 p.

12. Taha, Hjemdi A. (2007), "Vvedenie v issledovanie operacij" [Introduction to Operations Research], Izdatel'skiy dom «Vil'jams», Moscow, 912 p.

Надійшла до редколегії 3.10.2018

Схвалена до друку 5.11.2018

Відомості про авторів:

Звиглянич Сергій Миколайович

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2419-8093>

Ізюмський Микола Павлович

науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2752-239X>

Орлов Сергій Володимирович

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3840-4089>

Information about the authors:

Serhii Zviglianich

Candidate of Technical Sciences
Senior Research Associate
of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2419-8093>

Mikola Izumskiy

Research Associate
of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2752-239X>

Serhii Orlov

Candidate of Technical Sciences
Senior Research Associate
of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3840-4089>

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПРОВЕДЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

С.М. Звиглянич, Н.П. Изюмский, С.В. Орлов

В статье рассмотрен подход к оценке действий разведывательных беспилотных летательных аппаратов. Предметом исследования является процесс организации ведения воздушной разведки с использованием беспилотных летательных аппаратов. Целью статьи является обоснование способа проведения оценки действий беспилотных летательных аппаратов при проведении воздушной разведки, суть которого заключается в количественном обосновании рационального варианта проведения воздушной разведки с учетом возможностей зенитных ракетных комплексов системы противовоздушной обороны противника. Рассмотрены аналитические зависимости, которые отражают основные характеристики разведывательных беспилотных летательных аппаратов. В качестве основного показателя эффективности действия разведывательного аппарата рассматривается стоимость съема информации с единицы площади земной поверхности, которая зависит от стоимости самого аппарата, его технического состояния, характеристик полезной нагрузки, степени подвижности разведываемых объектов и от возможностей системы противовоздушной обороны противника. В совокупности с предложенной имитационной моделью преодоления беспилотными летательными аппаратами системы противовоздушной обороны противника, они дают возможность оценить эффективность выбранного варианта воздушной разведки по значению стоимости съема информации с единицы площади земной поверхности. Имитационная модель учитывает основные характеристики зенитных ракетных комплексов, радиолокационных станций, указывая координаты их размещения, задается структура системы противовоздушной обороны противника, что в значительной мере повышает обоснованность получаемых результатов. Описание траекторий движения разведывательных беспилотных аппаратов обеспечивает путем моделирования процесса преодоления системы противовоздушной обороны противника обосновать рациональный способ проведения воздушной разведки. Выбор рационального варианта проведения воздушной разведки опирается на количественную оценку выбранного варианта путем определения вероятности выполнения боевого задания каждым беспилотным аппаратом. Приведенные расчеты опираются на методы исследования операций. Предложенный подход позволяет в достаточной мере учесть возможности системы противовоздушной обороны противника, поведение объектов разведки противника, технические характеристики самого беспилотного аппарата, его полезной нагрузки, тем самым обеспечить выбор рационального варианта проведения воздушной разведки заданного района дислокации войск противника.

Ключевые слова: система ПВО, зенитные управляемые ракеты, зенитные ракетные комплексы, беспилотные летательные аппараты, воздушная разведка.

THE CHOICE OF A RATIONAL OPTION FOR CONDUCTING AERIAL RECONNAISSANCE BY DRONES

S. Zviglyanich, M. Iziumskyi, S. Orlov

The article considers the approach of assessing the actions of reconnaissance unmanned aerial vehicles. The subject of the study is the process of organizing air reconnaissance using unmanned aerial vehicles. The purpose of the article is to substantiate the method for assessing the actions of unmanned aerial vehicles during air reconnaissance, the essence of which is the quantitative justification of a rational variant of air reconnaissance taking into account the capabilities of anti-aircraft missile systems of the enemy air defense system. Analytic dependencies that reflect the main characteristics of reconnaissance unmanned aerial vehicles are considered. The cost of information retrieval from a unit of the earth's surface area, which depends on the cost of the device itself, its technical state, payload characteristics, mobility of the reconnaissance objects and on the capabilities of the enemy's air defense system, is considered as the main indicator of the effectiveness of the reconnaissance apparatus operation. Together with the proposed simulation model for overcoming unmanned aerial vehicles by enemy air defense systems, they make it possible to assess the effectiveness of the selected air reconnaissance option in terms of the cost of information retrieval from a unit of the earth's surface area. The simulation model takes into account the main characteristics of anti-aircraft missile systems and radar stations. Indicating the coordinates of their location, the structure of the enemy's air defense system is set, which substantially increases the validity of the results obtained. Description of the trajectories of reconnaissance unmanned vehicles provides by simulating the process of overcoming the enemy's air defense system to justify a rational method of conducting aerial reconnaissance. The choice of a rational variant of conducting aerial reconnaissance is based on a quantitative evaluation of the chosen variant by determining the probability of accomplishing a combat mission by each unmanned vehicle. The above calculations are based on methods of investigating operations. The proposed approach makes it possible to sufficiently take into account the capabilities of the enemy's air defense system, the behavior of enemy reconnaissance assets, the technical characteristics of the unmanned vehicle itself, its payload, thereby ensuring the selection of a rational variant for carrying out aerial reconnaissance of a given area of enemy forces deployment.

Keywords: air defense system, anti-aircraft guided missiles, anti-aircraft missile systems, unmanned aerial vehicles, aerial reconnaissance.