

С.О. Богославець, П.М. Стешенко, Р.А. Ісакжанов, О.Б. Лужбіна

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ ПРОТИВНИКА НА ВИКОНАННЯ БОЙОВОГО ЗАВДАННЯ ГРУПОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Надано результати аналізу особливостей керування групами безпілотних літальних апаратів під час застосування їх в умовах дії засобів протиповітряної оборони противника. Сформовано пропозиції щодо напрямів наукових досліджень з метою створення інструментарію для підтримки рішень командирів під час організації групового застосування безпілотних літальних апаратів. Результати цих досліджень міститимуть методику визначення потрібної кількості безпілотних літальних апаратів для виконання бойового завдання під дією протиповітряної оборони противника та алгоритми для автоматизованої системи керування групою безпілотних літальних апаратів у цих умовах.

Ключові слова: *безпілотний літальний апарат, засоби протиповітряної оборони, групове застосування, інтенсивність притоку, інтенсивність ураження, виконання бойового завдання.*

Вступ

Постановка проблеми. Виконання бойових завдань літальними апаратами, у т.ч. їх групами, зазвичай потребує подолання протиповітряної оборони (ППО) противника. З цією метою застосовуються такі основні тактичні прийоми як проліт зони ППО з високою швидкістю на малій висоті та обліт зони ППО. При цьому вплив засобів ППО противника на групу проявляється втратами літальних апаратів і під час підготовки виконання бойового завдання із заданою ймовірністю обов'язково повинен бути врахований цей фактор.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати аналізу розвитку бойового застосування безпілотної авіації показують, що вже у найближчій перспективі буде здійснюватися перехід від використання поодиноких безпілотних повітряних суден (далі – безпілотних літальних апаратів, БпЛА) до масованого застосування різних класів БпЛА за призначенням та рівнем застосування з метою гарантованого подолання ППО противника та виконання бойового завдання [1, с. 221; 2, с. 60; 3, с. 22; 4, с. 64; 5 с. 49; 6, с. 11].

Так, у роботі [2, с. 61] розглянуто основні підходи щодо побудови груп БпЛА і тактики їх застосування. Зокрема зазначено, що основною перевагою застосування груп БпЛА для подолання ППО противника є те, що різке збільшення кількості повітряних засобів нападу ускладнює оброблення радіолокаційної інформації про них засобами систем ППО. Радіолокаційні станції зенітних ракетних комплексів переважуються великою кількістю цілей, боєкомплекту ракет може не вистачити для ураження всіх БпЛА групи, що

підвищує ймовірність прориву в глибину території противника для ураження важливих об'єктів. Крім того, група БпЛА примушує функціонувати багато протиповітряних засобів, що сприяє викриттю системи ППО та призначенню ударних БпЛА на визначені радіолокаційні станції та зенітні ракетні комплекси (ЗРК) [2, с. 61].

У роботі [5, с. 49] зазначається, що з метою виконання бойових завдань будуть задіяні багатоцільові (комбіновані) групи БпЛА, у т.ч. спільні з пілотованою авіацією, до складу яких входитимуть, в основному, розвідувальні БпЛА, БпЛА для радіоелектронної боротьби та ударні, які зможуть здійснювати координовані атаки одночасно з різних напрямків. При цьому концепція групового застосування БпЛА не заперечує можливість їх використання у форматі бойових порядків, коли встановлюються задані інтервали, дистанції, перевищення між “ведучим” та “веденими” в групі. Авторами обґрунтовано потребу та умови створення автоматизованої системи управління групою БпЛА під дією засобів ППО противника [5, с. 49].

Вплив вогневих засобів ППО противника проявлятиметься у втратах певної кількості БпЛА зі складу групи. Кожний з втрачених БпЛА призначений для виконання конкретної функції в групі (“ведучий”, “ведений”, розвідувальний, ударний, постановник перешкод, хибна ціль тощо), тому втрати зменшують стійкість бойового порядку, ймовірність подолання ППО противника та виконання групою бойового завдання в цілому.

З огляду на зазначене, при виконанні бойового завдання групою БпЛА під впливом ППО противника важливим є забезпечення стійкості

бойового порядку за рахунок розроблення відповідних алгоритмів автоматизованих систем керування БПЛА та підтримання в групі потрібної кількості БПЛА для виконання завдання.

Мета статті – постановка задачі на проведення досліджень за напрямом розроблення науково-методичного інструментарію забезпечення виконання бойового завдання групою БпЛА під дією ППО противника. Розглядаються групи ударних БпЛА та імітаторів цілей.

Виклад основного матеріалу

З огляду на важливість забезпечення потрібної кількості БпЛА в групі та стійкості їхнього бойового порядку, для успішного виконання бойового завдання групою доцільно провести наукові дослідження за цими напрямками.

Метою таких досліджень повинно бути створення методичних (алгоритмічних, технічних) механізмів врахування впливу на групу БЛА засобів ППО противника, а також інших негативних зовнішніх факторів, для забезпечення успішного виконання бойового завдання.

При цьому наукові дослідження можуть бути проведені за такими напрямками та етапами:

у найближчій перспективі створити методіку визначення потрібної кількості БПЛА для виконання бойового завдання під дією ППО противника;

у середньостроковій перспективі розробити алгоритми для автоматизованого керування БПЛА для застосування у групі під дією ППО противника.

Розглянемо коротко напрацювання вітчизняних та іноземних вчених, які можуть бути використані під час проведення наукових досліджень за визначеними вище напрямками та етапами.

Стосовно методики визначення потрібної кількості БПЛА в групі.

Умови, які принципово необхідні для виконання групою БПЛА бойового завдання з подоланням ППО противника, можуть бути описані за допомогою моделі ймовірнісної зміни дискретних станів у безперервному часі, яку застосовано для описування процесу зміни стану групи БПЛА.

Формальна постановка цього завдання полягає у визначенні умов виконання нерівності

$$P_n(t) \geq P^*, \quad (1)$$

де $P_n(t)$ – ймовірність стану, що n одиниць БПЛА зі складу групи будуть у момент часу t перебувати

у зоні об'єкта противника; P^* – заданий рівень ймовірності виконання поставленого бойового завдання [6, с. 11].

Потік подій вважатимемо стаціонарним, ординарним та з відсутністю післядії, а дискретні стани групи БПЛА опишемо так:

S_0 – стан, коли у зоні об’єкта застосування, що прикритий засобами ППО немає жодного БПЛА;

S_i – стан, коли i БПЛА групи знаходяться в зоні об'єкта застосування;

S_n – стан, коли в зоні об'єкта застосування знаходиться n і більше БПЛА зі складу групи.

Якщо n – кількість БПЛА, перебування яких у зоні об'єкта гарантує виконання поставленої задачі щодо її виявлення, ідентифікації та ураження, то досягнення стану S_n буде еквівалентно виконанню поставленої бойової задачі, а ймовірність досягнення цього стану P_n буде відповідати ймовірності виконання поставленого бойового завдання [5, с. 50].

Перехід між станами здійснюється під впливом потоку випадкових подій, які можна характеризувати двома показниками: μ – інтенсивністю притоку БпЛА групи в зону об'єкта застосування (далі – інтенсивність притоку) та η – інтенсивністю ураження БпЛА групи засобами ППО противника (далі – інтенсивність ураження).

Зміна ймовірностей перебування групи БпЛА у зазначених станах буде визначатися системою диференціальних рівнянь Колмогорова [5, с. 51]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_0}{dt} = -\mu \cdot P_0 + \eta \cdot P_1 \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dP_i}{dt} = -(\mu + \eta) \cdot P_i + \mu \cdot P_{i-1} + \eta \cdot P_{i+1}, \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dP_n}{dt} = -\eta \cdot P_n + \mu \cdot P_{n-1} \end{array} \right., \quad (2)$$

де P_0, P_i, P_n – ймовірності подій, що система буде знаходитися у відповідному стані S_i ; t – час проведення операції від початкового значення t_0 до кінцевого значення t_k , що визначає інтервал інтегрування отриманої системи рівнянь.

Модель (2) дає змогу виділити умову забезпечення групою БпЛА вимоги (1), а саме, щоб μ – інтенсивність притоку була більше η – інтенсивності ураження. Також можна отримати графіки залежності відношення μ/η від R^* для деяких обраних значень n , що наведені на рис. 1.

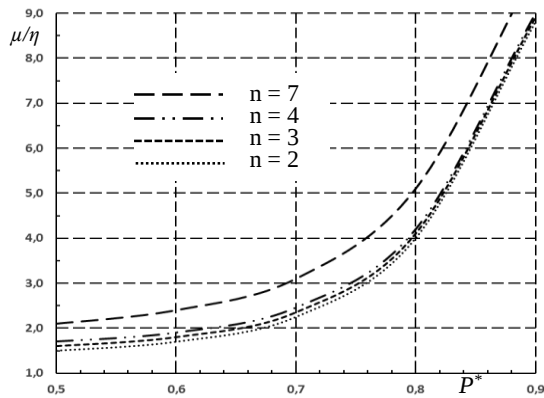


Рис. 1. Графіки залежності μ/η від P^* для різних n . Джерело: розроблено авторами за даними [6, с. 12].

Графіки залежностей, що наведені на рис.1, дають змогу у кількісній формі оцінити, наскільки рівень інтенсивності притоку μ повинний перевищувати рівень інтенсивності ураження η , щоб забезпечити задану ймовірність виконання поставленого бойового завдання P^* для фіксованих значень n .

Для коректного застосування графіків отриманих залежностей потрібно під час підготовки кожного конкретного бойового завдання визначати, за даними розвідки, показники відповідних засобів ППО противника, які впливатимуть на інтенсивність ураження БпЛА в групі.

В аналітичній моделі оцінювання можливостей системи ППО противника з прийнятим припущенням, що потік БпЛА, які обстрілюються, є таким, що підпорядковується розподіленню Пуассона, інтенсивність їх ураження визначається виразом [8, с. 13]:

$$\eta = K_{зрк} \cdot P_{вгн} \cdot P_{цк}, \quad (3)$$

де $K_{зрк}$ – кількість ЗРК системи ППО; $P_{вгн}$ – вогнева продуктивність ЗРК; $P_{цк}$ – ймовірність ураження одного БпЛА m ракетами зі складу ЗРК.

Вогнева продуктивність ЗРК (кількість стрільб за одиницю часу) визначається таким співвідношенням [8, с. 13; 9, с. 29]:

$$P_{вгн} = \frac{R}{t_{ц}}, \quad (4)$$

де R – кількість цільових каналів ЗРК (кількість БпЛА, що одночасно можуть бути під обстрілом); $t_{ц}$ – цикл стрільби ЗРК (час зайнятості одного цільового каналу).

Ймовірність ураження одного БпЛА m ракетами обчислюється за формулою [9, с. 30]:

$$P_{цк} = 1 - (1 - p_i)^m, \quad (5)$$

де p_i – ймовірність ураження одного БпЛА однією ракетою; m – кількість ракетних каналів ЗРК (витрата ракет по цілі за одну стрільбу).

Отже, з урахуванням (4), (5) вираз (3) для інтенсивності їх знищення, матиме вигляд [8, с. 14]:

$$\eta = K_{зрк} \cdot \frac{R}{t_{ц}} \cdot (1 - (1 - p_i)^m). \quad (6)$$

З використанням наведеної вище моделі ймовірнісної зміни дискретних станів групи БпЛА у безперервному часі та аналітичної моделі оцінювання можливостей системи ППО противника можна створити інструментарій для підтримки рішень командирів під час організації групового застосування безпілотних літальних апаратів.

Так, для визначення потрібної кількості БпЛА із застосуванням графіків залежностей μ/η від заданої ймовірності P^* для різних n потрібно мати базу даних тактико-технічних характеристик ЗРК противника, зокрема тих, що задіяні у виразі (6).

Стосовно автоматизованої системи керування БпЛА в групі.

Питання щодо забезпечення автоматичного керування та стійкості бойових порядків груп БпЛА під час виконання ними завдань за призначенням є актуальним. Стійкість бойових порядків повинна зберігатися під дією різних негативних факторів як внутрішніх (несправності БпЛА чи каналів передавання даних), так і зовнішніх (погодні умови, рельєф місцевості). Особливої важливості це питання набуває з урахуванням потреби у подоланні ППО противника.

Тому доцільно провести наукові дослідження з розроблення алгоритмів автоматичного керування БпЛА для витримування параметрів бойового порядку та за результатами досліджень сформулювати технічні вимоги до системи автоматичного керування БпЛА.

Практична реалізація результатів зазначених досліджень може бути при розробленні проєкту військового стандарту ВСТ 20.39:1550.XXX “Комплексна система загальних технічних вимог до озброєння та військової техніки. Комплекси безпілотні авіаційні з літальними апаратами літакового типу. Загальні технічні вимоги” та врахування цих вимог при формуванні тактико-технічних завдань на створення і модернізацію перспективних БпЛА.

Висновок

З метою забезпечення успішного виконання бойових завдань групами БпЛА актуальним є виконання заходів щодо створення методичних (алгоритмічних, технічних) механізмів врахування впливу на групи БпЛА засобів ППО противника, а також інших негативних факторів.

Подальші наукові дослідження доцільно провести за такими основними напрямками:

створення методики (аналітично-графічного інструментарію) визначення потрібної кількості БпЛА для виконання бойового завдання під дією ППО противника;

розроблення алгоритмів автоматизованої системи керування БпЛА для їх застосування у групі під дією ППО противника.

Результати цих досліджень можуть бути застосовані для підтримки прийняття рішень командирами (начальниками), які несуть відповідальність за групове застосування БпЛА, та враховані у відповідних тактико-технічних завданнях на розроблення та модернізацію перспективних БпЛА.

Список літератури

1. О.В. Самойленко, С.О. Богославець, В.А. Хлоп'ячий. Основні напрями розвитку безпілотної авіації Збройних Сил України / Зб. наук. праць. – К: Держ. наук.-досл. ін-т авіації, 2022. – Вип. № 18(25). – С. 218–226.
2. Лупандін В.А., Мегельбей Г.В., Самойленко В.М., Тюріна В.Ю. Обґрунтування напрямків захисту об'єктів та озброєння і військової техніки від роїв безпілотних літальних апаратів. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2021. № 4(45). С. 58–64. <https://doi.org/10.30748/ntps.2021.45.07>.
3. О.А. Жевтюк, О.В. Самойленко, Н.Л. Мамонова. Перспективи розвитку безпілотних авіаційних комплексів типу “мультикоптер” в Збройних Силах України / Зб. наук. пр. – К: Держ. наук.-досл. ін-т авіації, 2022. – Вип. № 18(25). – С. 20–25.
4. Герасименко В. В., Артюшин Л.М., Коваль В.В. Метод формування спільної авіаційної групи / Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2021. № 1(40). – С. 63–68.
5. Артюшин Л.М., Кононов О.А., Шморгун Ю. Базові умови прийняття рішення щодо створення автоматизованої системи управління груповим застосуванням безпілотних літальних апаратів / Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2019. № 2(35). – С. 49–54.
6. Артюшин Л.М., Герасименко В. В., Кононов О.А., Наусенко Б.Ю. Метод вибору варіанта реалізації групового застосування безпілотних літальних апаратів / Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2022. № 2(44). – С. 10–20.
7. Моисеев В.С. Основы теории эффективного применения беспилотных летательных аппаратов: монография / В.С. Моисеев. – Казань: Редакционно-издательский центр “Школа”, 2015. – 444 с.
8. С.М. Звиглянич, М.П. Ізюмський. Шляхи підвищення живучості бойових літаків у повітряному ударі з урахуванням можливостей системи ППО противника // Системи озброєння і військова техніка, 2018. С. 13–18. https://www.researchgate.net/publication/331059756_Slahi_pidvisenna_zivucosti_bojovih_litakiv_u_povitranomu_udari_z_urahuvannam_mozlivostej_sistemi_PPO_protivnika.
9. Неупокоев Ф.К. Противовоздушный бой. – М.: Воениздат, 1989. – 262 с.

Надійшла до редколегії 01.10.2023

Схвалена до друку 20.11.2023

Відомості про авторів:

Богославець Сергій Олександрович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5899-7833>

Стешенко Петро Миколайович

кандидат технічних наук
старший дослідник
начальник науково-дослідної лабораторії
Державного науково-дослідного інституту авіації,
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1432-6864>

Information about the authors:

Serhiy Bohoslavets

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
Leading Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5899-7833>

Petro Steshenko

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
Head of Research Laboratory
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1432-6864>

Ісакжанов Рустам Аділжанович

старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3287-8446>

Rustam Isakzhanov

Senior Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3287-8446>

Лужбіна Ольга Борисівна

науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2430-5389>

Luzhbina Olga

Researcher Associate
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2430-5389>

ACCOUNTING FOR THE INFLUENCE OF AIR DEFENSE AN ADVERSARY ON A COMBAT MISSION BY A GROUP OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

S. Bohoslavets, P. Steshenko, R. Isakzhanov, O. Luzhbina

The results of the analysis of the latest scientific publications on the combat use of military unmanned aircraft are presented, which show that in the near future there will be a transition from the use of single unmanned aerial vehicles to their massive use with the aim of guaranteed overcoming of the enemy's air defense and the performance of a combat mission. The peculiarities of controlling groups of unmanned aerial vehicles during their use in the conditions of the enemy's anti-aircraft defense were determined.

Considered possible areas of development of measures to ensure the overcoming of the enemy's air defense by a group of unmanned aerial vehicles. The expediency of using the model of probabilistic change of discrete states in continuous time to describe the process of changing the state of the group and the analytical model of assessing the capabilities of the enemy's air defense system is substantiated.

Proposals have been made regarding directions of scientific research with the aim of creating a toolkit to support commanders' decisions during the organization of group use of unmanned aerial vehicles. In particular, the creation of a methodology for determining the required number of unmanned aerial vehicles, as well as the development of algorithms for an automated system of controlling their groups to perform a combat mission under the influence of the enemy's air defense.

Keywords: unmanned aerial vehicle, means of air defense, group use, intensity of inflow, intensity of damage, execution of a combat mission.