В.М. Горбенко, О.А. Коршець, О.В. Кувшинов

Національний університет оборони України ім. І. Черняхівського, Київ

ОЦІНЮВАННЯ ВАРІАНТІВ РОЗПОДІЛУ ЗАВДАНЬ В СПІЛЬНІЙ АВІАЦІЙНІЙ ГРУПІ ПІЛОТОВАНОЇ ТА БЕЗПІЛОТНОЇ АВІАЦІЇ

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності застосування пілотованої та безпілотної авіації в сучасних умовах, є удосконалення методики розподілу БПЛА по завданнях (цілях) під час спільного виконання завдань. Аналіз досвіду застосування авіації свідчить про постійне зростання важливості задачі оптимізації розподілу сил та засобів пілотованої та безпілотної авіації, як при вирішенні основних, розвідувальних та спеціальних завдань, так і при виконанні завдань забезпечення інших відомств (видів сил та родів військ). У зв'язку з цим, вирішення задачі раціонального розподілу сил і засобів пілотованої та безпілотної авіації по завданнях (цілях) є актуальним. Авторами досліджено вплив варіантів розподілу завдань (цілей) між БПЛА на ефективність застосування спільної авіаційної групи пілотованої та безпілотної авіації в цілому. У статті визначено, що стохастичний рівномірний розподіл БПЛА за завданнями (цілями) забезпечує мінімальне, а детермінований рівномірний розподіл – максимальне значення середнього збитку групової цілі (середньої частки виконаних завдань). При цьому, стохастичний рівномірний розподіл цілей між БПЛА спільної авіаційної групи пілотованої та безпілотної авіації, знаходить практичне застосування в умовах відсутності централізованого управління БПЛА. Оптимальним визначено детермінований рівномірний розподіл завдань (цілей), який забезпечується за умови централізованого управління і децентралізованого виконання завдань спільною авіаційною групою. Застосування зазначеного підходу, дозволяє підвищити ефективність застосування авіації під час вирішення задачі розподілу сил (засобів) спільної авіаційної групи пілотованої і безпілотної авіації по завданнях (цілях) та визначити доцільність призначення завдань (цілей) для кожного БПЛА. Особливо велику роль і значення рішення задачі розподілу завдань (цілей) має в умовах обмеженого складу сил і засобів авіації та сильної зовнішньої протидії. Показано, що дана задача може бути розв'язана за допомогою дослідження ефективності управління в спільній авіаційній групі пілотованої і безпілотної авіації.

Ключові слова: пілотована та безпілотно авіація, безпілотний літальний апарат, спільна авіаційна група, авіаційний удар, метод розподілу цілей.

Вступ

Постановка проблеми. Ефективність застосування пілотованої та безпілотної авіації під час виконання спільних завдань значною мірою залежить від якості роботи системи управління спільною авіаційною групою.

Спільні авіаційні групи пілотованої та безпілотної авіації (САГ) формуються з БПЛА та пілотованих літаків (вертольотів). Бойовий порядок САГ в польоті визначається характером завдань, що виконуються та умовами обстановки, яка динамічно змінюється. До складу САГ входять окремі БПЛА, екіпажі, ланки, пари, що діють спільно.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з напрямів підвищення ефективності застосування авіації в сучасних умовах вважається розширення номенклатури і збільшення чисельності БПЛА, розроблення і уточнення тактичних прийомів та способів спільних дій пілотованої і безпілотної авіації при виконанні різноманітних складних завдань [1–5]. В перспективі передбачається удо-

сконалення засобів управління і обміну інформацією між БПЛА та пілотованими літаками, пунктами управління при одночасному підвищенні захищеності каналів зв'язку та обміну даними, розширенні можливостей спільного одночасного застосування БПЛА декількох типів, удосконалення технології передачі прав управління БПЛА і порядку дій в позаштатних ситуаціях [2–4].

В якості першочергового ставиться завдання створення системи управління САГ, здатної розподіляти функції і координувати дії БПЛА у групі. Застосування єдиної системи управління САГ, при високому рівні інтеграції усіх компонентів, значно скорочує цикл управління, збільшує швидкість обміну інформацією, що безпосередньо впливає на ефективність застосування пілотованої і безпілотної авіації. Центром цієї системи має бути екіпаж пілотованого апарату (багатофункціональний авіаційний комплекс), якому відводиться роль повітряного пункту управління.

Пілот (оператор) самостійно прийматиме рішення на дії. З метою скорочення часових показни-

ків циклу вироблення та передачі команд управління створюється автоматизована система підтримки прийняття рішення [2–4].

Сьогодні питання розроблення алгоритмів застосування великої кількості взаємодіючих БПЛА за принципом “рою” є особливо актуальним. В той же час, формування таких алгоритмів і використання групи БПЛА, що має “колективний розум” і відповідає концептуальним вимогам “спільної автономії”, пов'язані з чисельними проблемами, основною з яких є відсутність базового досвіду об'єднання подібних різномірних систем у складі САГ [2–4].

Ефективність застосування САГ залежить від варіанту розподілу БПЛА за визначеними завданнями (цілями). Питання раціонального розподілу цілей тривалий час досліджуються. В результаті проведених досліджень [6–10], отримані залежності середнього збитку від стратегій цілерозподілу.

Так, в роботі [10] досліджено вплив стратегій цілерозподілу на динаміку протистояння однорідних угруповань.

Метою статті є обґрунтування вибору оптимального методу розподілу завдань (цілей) між БПЛА в спільній авіаційній групі пілотованої та безпілотної авіації.

Виклад основного матеріалу

З метою обґрунтування вибору оптимального методу розподілу завдань (цілей) між БПЛА зі складу САГ, проведемо аналіз різних методів розподілу ресурсів з огляду їх впливу на ефективність виконання завдань авіації.

Розглянемо застосування САГ, у складі якої N БПЛА застосовується по групі з M цілей (рис. 1).

Рис. 1. Схема розподілу БПЛА по групі цілей

Джерело: розроблено авторами.

Імовірність ураження j -ї цілі i -м БПЛА становить W_{ij} . Розподіл БПЛА за завданнями (цілями) здійснюється системою управління САГ відповідно до матриці розподілу завдань (цілей) $\rho = (\rho_{ij})_{N \times M}$,

де $0 \leq \rho_{ij} \leq 1$ – імовірність атаки i -м БПЛА j -ї цілі.

При цьому $\sum_{j=1}^M \rho_{ij} = 1$.

На рис. 1 показана схема розподілу БПЛА по

групі цілей.

Середнє число виконаних завдань (уражених цілей) в результаті застосування САГ визначається виразом [6]:

$$m = \sum_{j=1}^M \left[1 - \prod_{i=1}^N (1 - \rho_{ij} \cdot W_{ij}) \right], \quad (1)$$

де M – число завдань (цілей), од.;

N – число БПЛА, од.;

ρ_{ij} – імовірність атаки i -м БПЛА j -ї цілі (імовірність виходу i -го БПЛА в район виконання j -го завдання);

W_{ij} – імовірність ураження j -ї цілі i -м БПЛА (імовірність виконання j -го завдання i -м БПЛА).

Задаючи матрицю розподілу завдань (цілей) ρ , можна впливати на ефективність виконання САГ групи завдань (ураження груп цілей).

Показником ефективності в цьому випадку може бути середня відносна частка виконаних завдань (середній відносний збиток, що завдається групі цілей) $\bar{U}$ [8–9]:

$$\bar{U} = \frac{m}{M}, \quad (2)$$

де m – середнє число виконаних завдань (уражених цілей) САГ.

Розглянемо граничні варіанти розподілу завдань (цілей) між БПЛА зі складу САГ.

У випадку стохастичного рівномірного розподілу завдань (цілей) $\rho_{ij} = \frac{1}{M}$, тобто кожний БПЛА виконує кожне завдання (уражає кожну ціль) з однаковою імовірністю.

Середня відносна частка виконаних завдань (середній відносний збиток групі цілей) в цьому випадку становить:

$$\bar{U}_s = 1 - \left(1 - \frac{m}{M} \right)^N. \quad (3)$$

При детермінованому рівномірному розподілі завдань (цілей) $\rho_{ij} = \{0; 1\}$;

$$\sum_{j=1}^M \rho_{ij} = \frac{N}{M} \quad (\text{по кожній цілі діє } \frac{N}{M} \text{ БПЛА}).$$

Отже середня відносна частка виконаних завдань (середній відносний збиток групі цілей) становить:

$$\bar{U}_d = 1 - (1 - W)^{\frac{N}{M}}. \quad (4)$$

Для вибору оптимального варіанту розподілу завдань (цілей) необхідно визначити функцію середньої відносної частки виконаних завдань (середнього відносного збитку групі цілей), яка визначається з виразу [8–9]:

$$\bar{U}(\rho) = 1 - \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \left(\prod_{i=1}^N (1 - \rho_{ij} W) \right), \quad (5)$$

де $0 \leq \rho_{ij} \leq 1$; $\sum_{j=1}^M \rho_{ij} = 1$; $i = (\overline{1, N})$; $j = (\overline{1, M})$;
 $0 < W \leq 1$; M, N – цілі числа.

Аналіз числових значень функції (5) свідчить, що вона досягає мінімуму при стохастичному рівномірному розподілі завдань (цілей) і максимуму при детермінованому рівномірному розподілі завдань (цілей).

При фіксованих значеннях M, N , функція $\bar{U}(\rho)$ є випуклою на обмеженій і замкнутій множині

$0 \leq \rho_{ij} \leq 1$; $\sum_{j=1}^M \rho_{ij} = 1$ і досягає своєї точної нижньої (мінімуму) і точної верхньої (максимуму) межі [11].

Для знаходження точної верхньої межі розглянемо нерівність:

$$Q_j = \prod_{i=1}^N (1 - \rho_{ij} W) \geq (1 - W)^{\sum_{i=1}^N \rho_{ij}},$$

яка виконується для випуклої вниз функції і $0 \leq \rho_{ij} \leq 1$.

Визначимо логарифми даної нерівності та осереднимо її по множині індексів $j = (\overline{1, M})$:

$$\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \ln Q_j \geq \ln(1 - W) \cdot \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N \rho_{ij}. \quad (6)$$

Враховуючи, що $\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N \rho_{ij} = N$, то нерівність

$$(6) \text{ набуде виду: } \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \ln Q_j \geq \frac{N}{M} \ln(1 - W).$$

З огляду на те, що логарифм є випуклою вгору функцією:

$$\ln \left(\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M Q_j \right) \geq \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \ln Q_j \geq \frac{N}{M} \ln(1 - W).$$

Після потенціювання нерівності отримаємо:

$$\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \left(\prod_{i=1}^N (1 - \rho_{ij} W) \right) \geq (1 - W)^{\frac{N}{M}},$$

звідки:

$$\bar{U}(\rho) = 1 - \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \left(\prod_{i=1}^N (1 - \rho_{ij} W) \right) \leq 1 - (1 - W)^{\frac{N}{M}}.$$

Для визначення точної нижньої межі складемо функцію Лагранжа:

$$L(\rho; \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N) = 1 - \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \left(\prod_{i=1}^N (1 - \rho_{ij} W) \right) + \sum_{i=1}^N \beta_i \left(1 - \sum_{j=1}^M \rho_{ij} \right),$$

де $\beta_i > 0; i = (\overline{1, N})$ – невизначені множники Лагранжа.

Продиференціюємо функцію Лагранжа за змінними ρ_{ij} і прирівняємо похідні до нуля.

В результаті отримаємо:

$$\prod_{i=1}^N (1 - \rho_{ij} W) = \frac{M \beta_i}{W}; \quad i = (\overline{1, N}). \quad (7)$$

За умови $\prod_{i=1}^N (1 - \rho_{ij} W) = Q_j$, вираз (7) набуває вигляду:

$$Q_j = \frac{M \beta_i}{W}; \quad i = (\overline{1, N}). \quad (8)$$

Вирішуючи рівняння (8) щодо змінних $\rho_{ij} = \frac{1}{W} - \frac{Q_j}{\beta_i} M$ і враховуючи рівність $\sum_{j=1}^M \beta_{ij} = 1$,

отримаємо вираз для невизначених множників Лагранжа:

$$\beta_i = \frac{\sum_{j=1}^M Q_j}{c},$$

де $c = M \left(\frac{M}{W} - 1 \right)$.

Звідки видно, що всі множники Лагранжа приймають однакове значення, тобто $\beta_i = \text{const}$. У

цьому випадку $\rho_{ij} = \frac{1}{W} - \frac{Q_j}{\beta_i} M = \rho_j$ і не залежить від номеру i , а цільова функція (5) набуває вигляду:

$$\bar{U}(\rho) = 1 - \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (1 - \rho_j W)^N.$$

Враховуючи, що $Q(x_j) = x_j^N$, де $x_j = 1 - \rho_j W$, є випуклою вгору функцією, то для неї справедлива нерівність:

$$Q_j \left(\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M x_j \right) \geq \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M Q(x_j).$$

Якщо $\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M x_j = 1 - \frac{W}{M}$ отримаємо діапазон цільової функції:

$$\left(1 - \frac{W}{M} \right)^N \leq 1 - \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \left((1 - \rho_{ij} W)^N \right) = \bar{U}(\rho).$$

Аналіз значень цільової функції свідчить, що

оптимальним варіантом розподілу завдань (цілей) між БПЛА в САГ, який забезпечує отримання максимального значення середньої частки виконаних завдань (середнього збитку), є детермінований рівномірний розподіл.

При використанні стохастичного рівномірного розподілу досягається мінімальне значення середньої частки виконаних завдань (середнього збитку).

На практиці, стохастичний рівномірний розподіл завдань (цілей) відповідає випадку, коли управління САГ відсутнє (кожен БПЛА діє самостійно). Детермінований рівномірний розподіл відповідає варіанту оптимального управління САГ, при якому досягається максимально можливе значення частки виконаних завдань (збитку об'єктам противника).

Для оцінювання впливу варіантів розподілу завдань (цілей) на ефективність застосування САГ, визначимо співвідношення між максимальним $\bar{U}_d$ і мінімальним $\bar{U}_s$ значеннями середньої частки виконаних завдань (середнього збитку), що залежить від кількості завдань (цілей) M , кількості БПЛА N та ймовірності виконання одного завдання (ураження однієї цілі) W :

$$k = \frac{\bar{U}_s}{\bar{U}_d} = \frac{1 - \left(1 - \frac{W}{M} \right)^N}{1 - (1 - W)^{\frac{N}{M}}}. \quad (9)$$

При цьому, зі збільшенням значення ймовірності W , значення співвідношення k зростає.

Зі збільшенням числа БПЛА (N), значення k зменшується, а за умови $N \rightarrow \infty$ – наближається до одиниці.

На рис. 2 наведені залежності зміни значення k в залежності від числа БПЛА N , кількості завдань (цілей) M та ймовірності виконання одного завдання (ураження однієї цілі) W .

Вплив варіанту розподілу завдань (цілей) між БПЛА, визначений системою управління, на ефективність виконання завдань САГ, здійснюється оцінюванням значення відношення величини середньої частки виконаних завдань (середнього збитку), отриманого при заданому розподілі завдань (цілей) $\rho = (\rho_{ij})_{N \times M}$, до величини середньої частки виконаних завдань (середнього збитку), що досягається при оптимальному розподілі завдань (цілей):

$$K_C(\rho) = \frac{\bar{U}(\rho)}{\bar{U}_d} = \frac{1 - \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \prod_{i=1}^N (1 - \rho_{ij} W)}{1 - (1 - W)^{\frac{N}{M}}}. \quad (10)$$

В роботі [12] показано, що бойовий потенціал зразка ОВТ ударного типу $БП_{ОВТ}$ визначається величиною середнього збитку, що реалізується за цикл бойового застосування.

Рис. 2. Залежність співвідношення середньої частки виконаних завдань (середнього збитку) при рівномірному стохастичному і детермінованому розподілі цілей:

а – $W = 0,8$; б – $W = 0,6$

Джерело: розроблено авторами.

У відповідності до (1), (2) величина середнього збитку для одного БПЛА становить

$$БП_{ОВТ} = \frac{m(\rho)}{N} = \frac{\bar{U}(\rho) \cdot M}{N} = K_C(\rho) \cdot U_{max} \cdot \frac{\bar{U}}{N}, \quad (11)$$

де $U_{max} = \bar{U}_d = 1 - (1 - W)^{\frac{N}{M}}$ – максимально можливий збиток противнику, що завдається одним БПЛА за умови оптимального розподілу завдань (цілей).

Таким чином, бойовий потенціал БПЛА безпосередньо залежить від ефективності управління САГ (10), що характеризується коефіцієнтом $K_C(\rho)$, і може змінюватися в досить широких межах.

Так, наприклад, для високоточної зброї, ефективність виконання завдань САГ за рахунок вибору варіанту розподілу БПЛА по об'єктах дії може змінюватися в межах 0,8 ... 1,0.

Висновки

У статті розглянуто підхід щодо оцінювання впливу варіантів розподілу завдань (цілей) між

БПЛА на ефективність виконання завдань САГ. Доведено, що оптимальним розподілом для забезпечення максимальної ефективності виконання завдань САГ, є детермінований рівномірний розподіл. Запропоновано порядок розрахунку числового показника, який характеризує ступінь впливу обраного системою управління САГ варіанту розподілу, на ефективність спільного застосування пілотованої та безпілотної авіації.

Запропонований підхід до оцінювання впливу реалізованих системою управління САГ варіантів розподілу завдань (цілей), дозволяє більш обґрунтовано проводити аналіз бойових можливостей зразків озброєння та авіаційної техніки, а також військових формувань пілотованої та безпілотної авіації в цілому. Узагальнення, аналіз результатів спільного застосування, синтезування і оцінювання можливих варіантів використання авіаційної техніки різної конструкції і принципів управління, дозволяє визначити основні напрями подальших теоретичних досліджень і практики застосування пілотованої та безпілотної авіації сьогодні та в майбутньому.

Список літератури

1. Ярошенко Я. В., Герасименко В. В., Ікаєв Д. О., Блискун О. Є. Досвід застосування безпілотної авіації у вірмено-азербайджанському конфлікті восени 2020 року. Уроки для України. *Военно-историчний вісник*. 2021. № 2(40). С. 53-71. <https://doi.org/10.33099/2707-1383-2021-40-2-53-71>.
2. 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.
3. Герасименко В. В., Артюшин Л. М., Коваль В. В. Синтез раціональних структур бойових порядків спільних авіаційних груп пілотованої та безпілотної авіації. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*. 2021. Vol. 11. No. 3. С. 209-220. <https://doi.org/10.33445/sds.2021.11.3.20>.
4. Герасименко В. В., Артюшин Л. М., Лобанов А. А. Математична модель бойового порядку спільної авіаційної групи пілотованої та безпілотної авіації. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2021. № 3(42). С. 63-68.
5. Єфремов О. В., Горбенко В. М., Коршець О. А. Методика оцінювання ефективності застосування підрозділів безпілотної авіації комплексів. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2018. № 4(58). С. 30-36. <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.58.04>.
6. Вентцель Е. С. Введение в исследование операций. Москва : Сов. радио, 1964. 388 с.
7. Гуринов Л. С., Дымарский Я. С., Меркулов А. Д. Задачи и методы оптимального распределения ресурсов. Москва : Сов. Радио, 1967. 468 с.
8. Справочник по исследованию операций / Абчук В. А. и др. Москва : Воениздат, 1979. 368 с.
9. Анисимов В. Г., Анисимов Е. Г., Смоленков В. А. Введение в теорию эффективности боевых действий ракетных войск и артиллерии : монография. Москва : ВАГПШ, 2008. 180 с.
10. Буравлев А. И., Тимофеев М. Н. Анализ динамики противоборства однородных группировок при различных стратегиях огневых воздействий. *Вооружение и экономика*. 2011. № 3(15). С. 17-22.
11. Карманов В. Г. Математическое программирование. Москва : Наука, 2004. 264 с.
12. Буравлев А. И., Брезгин В. С., Цырендоржиев С. Р. Основы методологического подхода к оценке боевых потенциалов образцов ВВТ и воинских формирований. *Вооружение и экономика*. 2009. № 3(7). С. 4-12.

Надійшла до редколегії 26.10.2021

Схвалена до друку 14.12.2021

Відомості про авторів:

Горбенко Володимир Михайлович

кандидат військових наук доцент
професор кафедри
Національного університету оборони
України ім. І. Черняховського,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7030-0995>

Коршець Олена Антонівна

кандидат технічних наук доцент
заступник начальника кафедри
Національного університету оборони
України ім. І. Черняховського,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7225-0848>

Кувшинов Олексій Вікторович

доктор технічних наук професор
заступник начальника інституту
Національного університету оборони
України ім. І. Черняховського,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2183-7224>

Information about the authors:

Volodymyr Horbenko

PhD in Military Sciences Associate Professor
Professor of Department
of Ivan Chernyakhovsky National
Defense University of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7030-0995>

Olena Korshets

PhD in Engineering Associate Professor
Deputy Head of Department
of Ivan Chernyakhovsky National
Defense University of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7225-0848>

Oleksii Kuvshynov

Doctor of Engineering Science Professor
Deputy Head of the Institute
of Ivan Chernyakhovsky National
Defense University of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2183-7224>

ОЦЕНИВАНИЕ ВАРИАНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАНИЙ В СОВМЕСТНОЙ АВИАЦИОННОЙ ГРУППЕ
ПИЛОТИРОВАННОЙ И БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ

В.М. Горбенко, Е.А. Коршець, А.В. Кувшинов

Одним из перспективных направлений повышения эффективности применения пилотируемой и беспилотной авиации в современных условиях является усовершенствование методики распределения БПЛА по задачам (целям) при совместном выполнении задач. Анализ опыта применения авиации свидетельствует о постоянном росте важности задачи оптимизации распределения сил и средств пилотируемой и беспилотной авиации как при решении основных, разведывательных и специальных задач, так и при выполнении задач обеспечения других ведомств (видов сил и родов войск). В связи с этим, решение задачи рационального распределения сил и средств пилотируемой и беспилотной авиации по задачам (целям) актуально. Авторами исследовано влияние вариантов распределения задач (целей) между БПЛА на эффективность применения совместной авиационной группы пилотируемой и беспилотной авиации в целом. В статье определено, что стохастическое равномерное распределение БПЛА по задачам (целям) обеспечивает минимальное,

а детерминированное равномерное распределение – максимальное значение среднего ущерба групповой цели (средней части выполненных задач). При этом стохастическое равномерное распределение целей между БПЛА совместной авиационной группы пилотируемой и беспилотной авиации находит практическое применение в условиях отсутствия централизованного управления БПЛА. Оптимальным определено детерминированное равномерное распределение задач (целей), которое обеспечивается при централизованном управлении и децентрализованном выполнении задач общей авиационной группой. Применение указанного подхода позволяет повысить эффективность применения авиации при решении задачи распределения сил (средств) общей авиационной группы пилотируемой и беспилотной авиации по задачам (целям) и определить целесообразность назначения задач (целей) для каждого БПЛА. Особенно большую роль и значение решения задачи распределения задач (целей) имеет в условиях ограниченного состава сил и средств авиации и сильного внешнего противодействия. Показано, что данная задача может быть решена посредством исследования эффективности управления в общей авиационной группе пилотируемой и беспилотной авиации.

Ключевые слова: пилотируемая и беспилотная авиация, беспилотный летательный аппарат, общая авиационная группа, авиационный удар, метод распределения целей.

EVALUATION OF THE DISTRIBUTION TASKS OPTIONS IN THE JOINT AVIATION GROUP OF MANNED AND UNMANNED AVIATION

V. Horbenko, O. Korshets, O. Kuvshynov

One of the promising areas for improving the efficiency of manned and unmanned aerial vehicles in modern conditions is to improve the methodology of distribution of the UAVs by tasks (objectives) during the joint implementation of tasks. Analysis of the experience of aviation application shows the growing importance of the optimizing the distribution forces tasks and means of manned and unmanned aerial vehicles, both in solving basic, reconnaissance and special tasks, and in performing tasks of other units (forces and types of troops of the Air Force). In this regard, the solution of the problem of rational distribution of forces and means of manned and unmanned aerial vehicles by tasks (objectives) is relevant. The authors investigate the influence of options of the distribution tasks (objectives) between UAVs on general effectiveness of the joint aviation group of manned and unmanned aerial vehicles. The article determines that the stochastic uniform distribution of UAVs by tasks (objectives) provides the minimum, and the determined uniform distribution – the maximum value of the average damage to the group target (average share of completed tasks). At the same time, the stochastic uniform distribution of objectives between the UAVs joint aviation group of manned and unmanned aerial vehicles finds practical application in the absence of centralized UAV control. The uniform distribution of tasks (goals) is determined as optimal, which is provided under the condition of centralized management and decentralized execution of tasks by a joint aviation group. The application of this approach allows to increase the efficiency of aviation in solving problems of distribution of forces (means) of the joint aviation group of manned and unmanned aerial vehicles by tasks (objectives) and to determine the expediency of appointment of tasks (objectives) for each UAV. Especially important role in solving the problem of distribution of tasks (goals) has a limited composition of forces (means) of aviation and strong external resistance. It is shown that this problem can be solved by researching the effectiveness of management in the joint aviation group of manned and unmanned aerial vehicles.

Keywords: manned and unmanned aerial vehicles, unmanned aerial vehicles, joint aviation group, air strike, target allocation method.