

Ю.А. Мирончук, С.П. Оверчук

Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова

МЕТОДИКА ПІДГОТОВКИ І ПЛАНУВАННЯ ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ НА ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНУ ГЛИБИНУ З ВИКОРИСТАННЯМ БпЛА

Запропоновано узагальнену методику планування повітряної розвідки для загального моніторингу великих територій на оперативно-тактичну глибину. Методика включає в себе вибір типу БпЛА за його льотно-технічними параметрами та оцінку його технічної можливості при наявних природно-кліматичних умовах забезпечити виконання безпосадкового польоту БпЛА на дистанцію подвійної глибини розвідки, оцінку можливості оптико-електронних систем БпЛА забезпечити необхідну роздільну здатність відзнятих матеріалів при дотриманні безпечної висоти польоту, розробку деталізованого маршруту розвідувального польоту, розрахунок потреби в енергоресурсах, розробку програми проведення розвідувального польоту. Методика дозволяє визначити необхідну кількість проміжних посадок для заміни батарей, обґрунтувати потребу вибору однієї або декількох злітно-посадкових точок, розробити карту маршруту польоту з указанням проміжних посадок, розрахувати хронометраж часу на основі та допоміжні дії, розрахувати необхідну кількість змінних комплектів батарей, розробити часовий план графік ведення розвідки.

Ключові слова: *повітряна розвідка, планування розвідувального польоту.*

Вступ

Способи проведення повітряної розвідки за допомогою БпЛА характеризуються дальністю та конфігурацією маршруту розвідувального польоту, які визначаються метою та особливостями завдання на повітряну розвідку [1, 2]. Розвідувальні польоти можуть проводитись як для спостереження за конкретним об'єктом чи територією, так і для загального моніторингу місцевості.

Проведення повітряної розвідки з метою загального моніторингу прифронтової зони на оперативно-тактичну глибину вимагає від БпЛА безпосадкового польоту великої дальності. При цьому БпЛА гарантовано виходить за межі зони видимості та прямого радіозв'язку. Відповідно, політ БпЛА по маршруту розвідувального польоту повинен здійснюватись у автоматичному режимі. Радіомовчання виступає як один з основних факторів забезпечення скритності польоту, яка необхідна для запобігання застосування противником засобів боротьби з БпЛА [3, 4].

Максимально можлива дальність і тривалість польоту визначається бортовим запасом енергоресурсу (палива або заряду акумуляторної батареї).

На відміну від розвідки переднього краю, при якій управління БпЛА можна здійснювати в інтерактивному режимі, для проведення розвідки на оперативно-тактичну глибину маршрут польоту повинен бути спланований попередньо, з врахуванням максимально можливої дальності і тривалості безпосадкового польоту. Програма польоту повинна передбачати планові посадки для поповнення

енергоресурсу. Під час планових посадок повинне здійснюватись поточне знімання отриманої розвідінформації. Попередня обробка розвідінформації проводиться у проміжках між плановими посадками. При цьому за необхідності можуть бути прийняті рішення щодо коригування програми і маршруту польоту.

Постановка проблеми. В організаційному плані проведення повітряної розвідки на оперативно-тактичну глибину вимагає відповідних умінь та навичок у членів екіпажу безпілотного авіаційного комплексу. Зокрема, поряд з досконалими знаннями ввіреної техніки та навичками управління нею вимагається володіння методикою оцінки технічних характеристик БпЛА щодо можливостей його застосування для виконання поставленої розвідувальної задачі та володіння методикою розробки маршруту і програми розвідувального польоту з обчисленням необхідних затрат часу та енергетичних ресурсів.

В технічному плані проведення повітряної розвідки на оперативно-тактичну глибину розглядається як екстремальна задача, яка нерідко повинна виконуватись на грані технічних можливостей наявного літального апарата. Умови виконання задачі можуть бути ускладнені природно-кліматичними факторами – опади, вітер, низька температура.

При підготовці та проведенні повітряної розвідки на оперативно-тактичну глибину основна проблема полягає у виборі БпЛА, технічні можливості якого задовольняють вимогам завдання на розвідку. Зокрема, БпЛА повинен бути здатним здійснити в

автоматичному режимі безпосадковий політ на необхідну дальність і повернутись на базу. Оптико-електронна система БпЛА при заданій висоті польоту повинна забезпечувати достатню роздільну здатність фото- та відеоматеріалів.

Метою статті є розробка методики планування розвідувального польоту БпЛА на оперативно-тактичну глибину, яка включає в себе вибір типу БпЛА за технічними параметрами, розробку маршруту польоту, розрахунок потреби в енергоресурсах, розробку програми розвідувального польоту.

Виклад основного матеріалу

Планування бойового застосування БпЛА у режимі розвідки на оперативно-тактичну глибину

Загально-підготовчий етап. Метою етапу є отримання та аналіз завдання на розвідку, рекогносцировка на місцевості, визначення загальних умов щодо проведення розвідки.

Отримання оперативного завдання на повітряну розвідку

У завданні конкретизуються:

- мета проведення розвідки;
- границі ділянки фронту для проведення розвідки;
- глибина проведення розвідки;
- час проведення розвідки;
- оптичний діапазон (видимий, інфрачервоний);
- вимоги до роздільної здатності фото- та відеоматеріалів розвідки.

Вибір місця розташування наземної станції управління

Місце розташування наземної станції управління вибирається чим ближче до зони проведення розвідки. При цьому повинні бути забезпечені вимоги скритності, безпечності, зручності злету та приземлення БпЛА, зручності розташування обладнання та команди, зручності спостережень, зручності транспортування.

Встановлення висоти проведення розвідувального польоту

Висота проведення розвідувального польоту встановлюється виходячи з вимог забезпечення скритності та безпечності. При цьому враховується тип двигуна БпЛА (електричний чи внутрішнього згорання), від шумності якого залежить дистанція акустичного виявлення БпЛА. Також враховуються геометричні розміри БпЛА, від яких залежить дистанція його оптичного виявлення.

Встановлена висота польоту надалі приймається як розрахункова.

Запит метеорологічних даних для місця і часу проведення розвідки

В першу чергу необхідно впевнитись у відсутності опадів чи туману, які унеможливають проведення розвідки.

Дані про температуру повітря та швидкість і напрям вітру необхідні на рівні землі і на висоті польоту Дані по швидкості і напрямку вітру необхідні для розрахунку тривалості польоту БпЛА з врахуванням зносу вітром. Дані по температурі повітря необхідні для розрахунку зменшення енерговіддачі акумуляторних батарей при понижених (зимових) температурах та з врахуванням того, що зі збільшенням висоти польоту температура повітря знижується.

Оцінка льотно-технічних характеристик БпЛА. Метою оцінки льотно-технічних характеристик є встановлення технічної можливості конкретного БпЛА здійснити за наявних природно-кліматичних умов безпосадковий політ по заданому маршруту між дозаправками паливом (або між заміною акумуляторних батарей). Для проведення оцінки використовуються тактико-технічні дані БпЛА, які для прикладу наведені у табл. 1, складеній за даними сайтів [5, 6, 7, 8, 9].

Таблиця 1

Тактико-технічні характеристики безпілотних авіаційних комплексів повітряної розвідки 1-го класу

Найменування БпЛА	Злітна маса, кг	Маса корисного навантаження, кг	Висота польоту, м	Радіус дії, км	Крейсерська швидкість польоту, км/год.	Тривалість польоту, хв
PD-1	33	3	4000	80	95	340
ASC-3	40	7	3000	80	90 ÷ 100	500
Fly Eye	10	2,5	2800	40	80	120
A1-C (Фурія)	7	1	2600	40	80	100
Spectator	7	0,3	1200	20	70	100
DeViro	4	0,7	1500	20	65	120

Визначення розрядної ємності акумулятора при температурі польоту

У БПЛА з електроприводом живлення силової установки та всіх бортових систем (оптико-електронних, навігації, управління, зв'язку) забезпечується від акумуляторних батарей. У БПЛА із двигунами внутрішнього згорання рідке паливо використовується для живлення основної силової установки. Бортові системи залежно від особливостей влаштування БПЛА можуть жити від генератора, який приводиться в дію основним двигуном, або ж (при спрощених конструкціях основної силової установки) від окремих акумуляторних батарей. При цьому розрядна ємність акумуляторних батарей може бути фактором, який лімітує тривалість польоту.

Для енергозабезпечення БПЛА застосовуються літєві акумулятори. У порівнянні з іншими видами акумуляторів вони мають максимальну енергоємність на одиницю маси та кращі розрядні характеристики.

При додатних температурах розрядні характеристики літєвих акумуляторів достатньо сталі (рис. 1, 2).

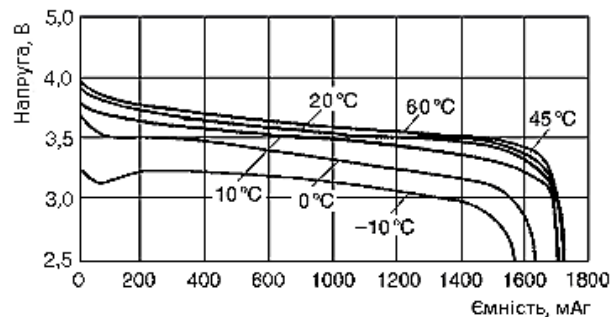


Рис. 1. Розрядні характеристики літій-іонного акумулятора PANASONIC CGR18650H при різних температурах

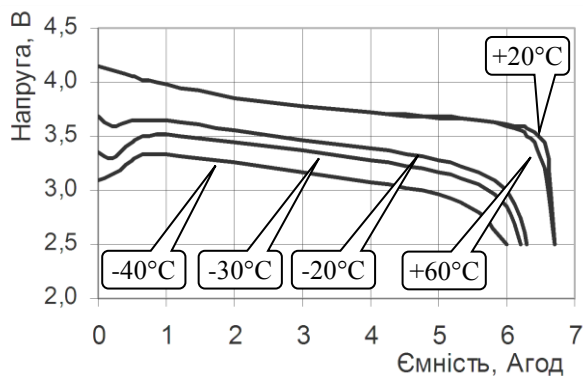


Рис. 2. Розрядні характеристики літій-іонного акумулятора SAFT MP 176065 при різних температурах

При від'ємних температурах наряду зі зниженням розрядної ємності відбувається різке зниження вихідної напруги акумулятора. При занадто низьких напругах робота бортового обладнання стає неможливою, незважаючи на достатній запас ємності акумулятора.

В цілому, при зниженні температури розрядна ємність акумулятора знижується тим істотніше, чим більший розрядний струм (рис. 3) [11].

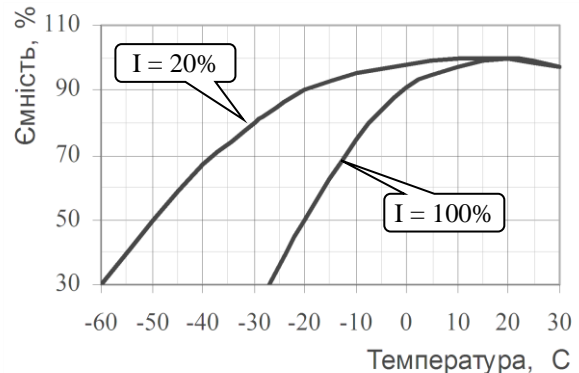


Рис. 3. Залежність розрядної ємності Li-ion акумуляторів від температури при різних розрядних струмах

При плануванні розвідувального польоту БПЛА з електричною силовою установкою необхідно у паспортну тривалість польоту внести коригувальний понижувальний коефіцієнт відповідно до температури повітря на планованій висоті польоту. Коригувальний понижувальний коефіцієнт розраховується з врахуванням величини розрядного струму (рис. 3) при режимі роботи двигунів на основній ділянці маршруту

$$K_t = \frac{C_t}{C_{ном}} \leq 1, \quad (1)$$

де $C_{ном}$ - паспортна розрядна ємність акумулятора при номінальних умовах польоту;

C_t - ємність акумулятора при температурі повітря на висоті польоту за умови, що робоча напруга вища за мінімально допустиме значення.

Якщо напруга акумулятора при температурі на висоті польоту не забезпечує надійного функціонування БПЛА (як силової установки для БПЛА з електроприводом, так і апаратури зв'язку, управління, оптико-електронних систем), ставиться питання перегляду завдання на розвідку.

Як варіант вирішення проблем температурного режиму, можливе теплоізолювання акумуляторного відсіку. При цьому акумуляторна батарея повинна бути попередньо підігріта і монтуватись у відсік безпосередньо перед стартом БПЛА.

Розробка ескізного маршруту польоту над зоною повітряної розвідки

Виходячи з того, що повітряна розвідка на оперативно-тактичну глибину проводиться з метою загального моніторингу заданої зони, розвідувальний політ проводиться у режимі сканування території паралельними смугами (рис. 4).

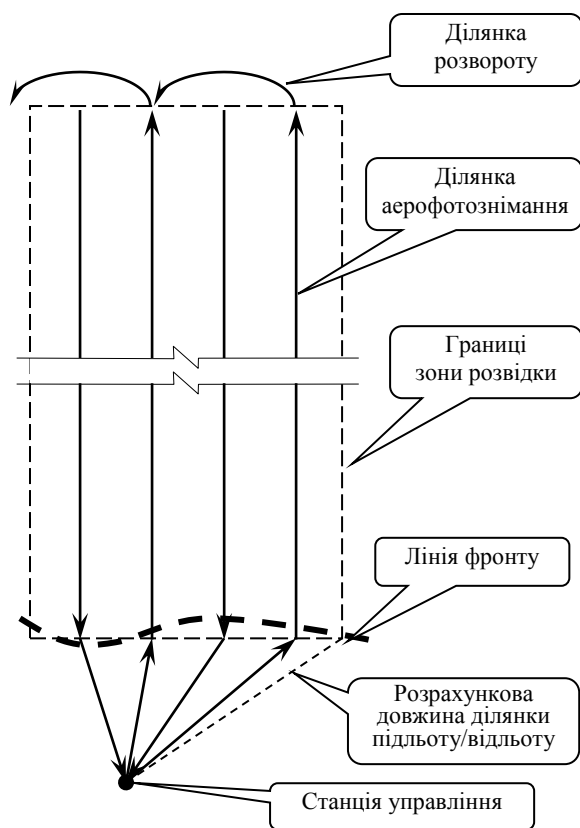


Рис. 4. Ескізний план маршруту розвідувального польоту

Оскільки тривалість польоту БпЛА обмежена запасом палива (ємністю батарей), то ділянки маршруту (смуги сканування) необхідно прокладати перпендикулярно лінії фронту. Це дозволить мінімізувати затрати польотного часу на додаткові маневри (підліт, розворот, відліт).

Мінімальним структурним елементом маршруту польоту є замкнута одинарна петля, яка складається з ділянок підльоту, відльоту, розвороту, аерофотознімання. Ширина одинарної петлі залежить від висоти польоту та кута зору оптико-електронної системи БпЛА. До завершення вибору БпЛА ця ширина невідома. Тому ескізний маршрут має схематичний характер, мета його розробки – визначити мінімально необхідну відстань безпосадкового польоту.

Визначення мінімально необхідної відстані, яку БпЛА повинен пролетіти без посадки

Мінімально необхідна відстань L_{\min} безпосадкового польоту БпЛА рівна довжині замкненої одинарної петлі маршруту. Вона розраховується як сумарна довжина ділянок підльоту, відльоту, розвороту, аерофотознімання

$$L_{\min} = L_{\text{підльоту}} + L_{\text{відльоту}} + 2 \cdot L_{\text{аерофотознімання}} + L_{\text{розвороту}} \quad (2)$$

Довжини ділянок підльоту та відльоту залежать від вибору місця розташування наземної станції управління. Оскільки для різних петель маршруту довжини цих ділянок матимуть різні значення, то у якості розрахункової довжини приймається найбільша з можливих (рис. 4). Тоді

$$L_{\min} = 2 \cdot L_{\text{підльоту}}^{\max} + 2 \cdot L_{\text{аерофотознімання}} + L_{\text{розвороту}} \quad (3)$$

Довжина ділянки розвороту залежить від ширини смуги сканування та від способу здійснення маневру розвороту, які на момент розробки ескізного маршруту невідомі. Тому, виходячи з середньостатистичних даних для БпЛА тактичних класів, довжину ділянки розвороту попередньо можна прийняти $L_{\text{розвороту}} \approx 1$ км.

Визначення тривалості польоту БпЛА з врахуванням зносу вітром

У складі тактико-технічних характеристик БпЛА приводяться крейсерська швидкість польоту $V_{кр}$ та максимальна паспортна тривалість польоту τ_{\max} . При відсутності вітру повітряна (крейсерська) швидкість БпЛА та його швидкість відносно поверхні землі $\bar{V}_{зм}$ однакові.

При наявності бокового (стосовно напрямку польоту) вітру він буде зносити БпЛА убік. Для компенсації бокового зносу БпЛА повинен пролетіти додаткову відстань, витративши на це додатковий енергоресурс (паливо, заряд батареї). Цей фактор вимагає врахування при плануванні польоту.

Вектор швидкості БпЛА відносно землі $\bar{V}_{зм}$ є сумою вектора швидкості БпЛА відносно повітря (повітряної швидкості) $\bar{V}_{нов}$ і вектора швидкості вітру $\bar{V}_{вітр}$

$$\bar{V}_{зм} = \bar{V}_{нов} + \bar{V}_{вітр} \quad (4)$$

Рівняння (4) зручно розв'язувати графічним способом (рис. 5). Для виконання розв'язку швидкість і напрям вітру приймаються на висоті польоту. Повітряна швидкість приймається рівною крейсерській.

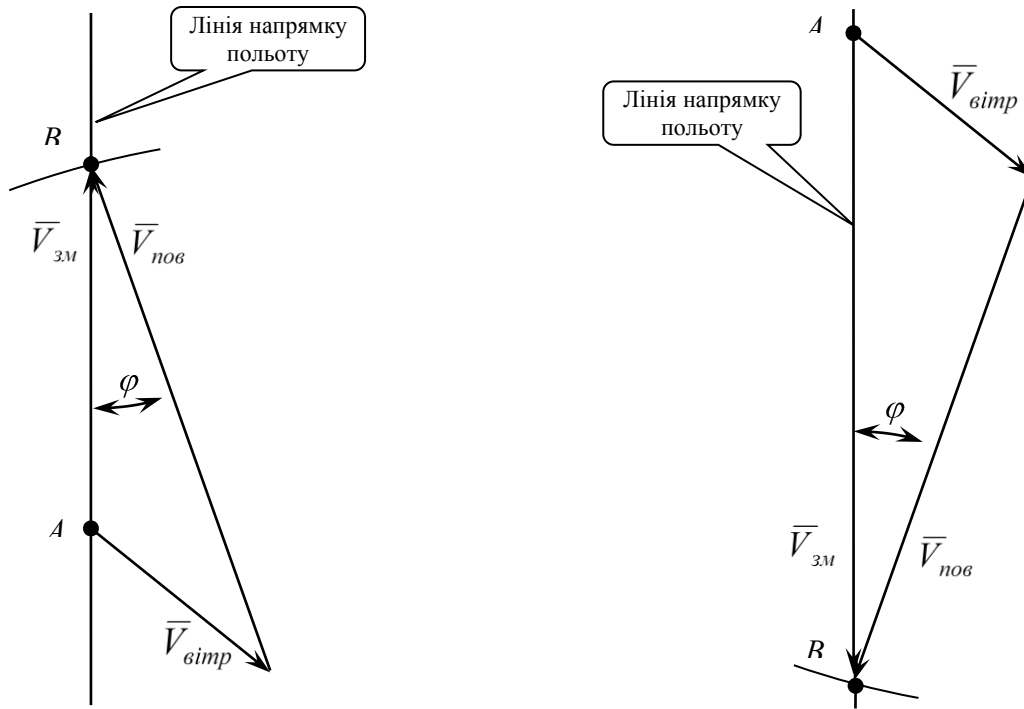


Рис. 5. Графічний спосіб розрахунку швидкості БПЛА відносно землі при різних напрямках вітру

Графічне розв'язання (4) виконується у послідовності:

- на планшеті наноситься лінія напрямку польоту;
- в довільному місці лінії напрямку наноситься точка A ;
- з точки A у масштабі відкладається вектор швидкості вітру $\vec{V}_{вип}$;

- кінець відкладеного вектора швидкості вітру приймається за центр кола, радіус якого (у масштабі) приймається рівним величині повітряної швидкості БПЛА - $V_{пов} = V_{кр}$;

- точка B перетину проведеного кола і лінії напрямку польоту є точкою розв'язку рівняння (4). Відрізок $/AB/$ вказує (у масштабі) величину і напрям швидкості польоту БПЛА відносно землі. Кут φ вказує необхідний напрям вектора повітряної швидкості БПЛА.

На рис. 5 видно, що залежно від орієнтації відносно напрямку польоту, вектор швидкості вітру може як прискорювати швидкість БПЛА відносно землі, так і сповільнювати. В цілому, при здійсненні польоту «туди – назад» в одному напрямку вітер пришвидшуватиме політ, а в протилежному – сповільнюватиме.

В будь-якому випадку через бокове знесення тривалість польоту по заданому замкнутому маршруту при наявності вітру завжди буде більшою, ніж тривалість польоту по цьому ж маршруту у безвітряну погоду. Відповідно, буде більшою і витрата енергоресурсу на політ.

Тривалість польоту по маршруту одинарної замкнутої петлі при наявності вітру

$$\tau_{\min} = \frac{L_{підльоту}}{V_{зм}} + \frac{L_{відльоту}}{V_{зм}} + \frac{L_{фотозйомки}}{V_{зм}^{пряма}} + \frac{L_{фотозйомки}}{V_{зм}^{зворотна}} + \frac{L_{розвороту}}{V_{зм}^{розвороту}} \quad (5)$$

Для того, щоб уникнути додаткових розрахунків швидкості БПЛА відносно землі на ділянках підльоту, відльоту і розвороту, можна прийняти спрощувальні припущення:

- на ділянці підльоту $V_{зм}^{підльоту} \approx V_{зм}^{пряма}$;
- на ділянці відльоту $V_{зм}^{відльоту} \approx V_{зм}^{зворотна}$;
- на ділянці розвороту швидкість залежить від напрямку розвороту – «за вітром» чи «проти вітру». Відповідно, $V_{зм}^{розвороту}$ приймається рівною або $V_{зм}^{пряма}$, або $V_{зм}^{зворотна}$.

З врахуванням прийнятих спрощувальних припущень мінімально необхідна тривалість польоту для проходження одинарної петлі маршруту

$$\tau'_{\min} \approx \frac{L_{підльоту} + L_{фотозйомки}}{V_{зм}^{пряма}} + \frac{L_{розвороту}}{V_{зм}^{розвороту}} + \frac{L_{фотозйомки} + L_{відльоту}}{V_{зм}^{зворотна}} \quad (6)$$

На випадок непередбачуваних ситуацій необхідно додати резервний запас часу $\tau_{резерв}$

$$\tau_{резерв} \approx 5xв + \tau'_{\min} \cdot 10\% . \quad (7)$$

З врахуванням резервного запасу часу для проходження одинарної петлі маршруту БпЛА повинен мати мінімально необхідну тривалість польоту

$$\tau''_{\min} = \tau'_{\min} + \tau_{резерв} . \quad (8)$$

З врахуванням температурного фактору (1) для БпЛА з електричною силовою установкою повинна виконуватись умова

$$\tau''_{\min} < K_t \cdot \tau_{\max} . \quad (9)$$

Для БпЛА з двигунами внутрішнього згорання для основної силової установки приймається $K_t = 1$. Якщо живлення бортового обладнання здійснюється

від акумуляторних батарей, то перевіряється виконання зі значенням K_t розрахованим за (1).

Оцінка оптико-електронних систем. Її метою є перевірка технічної можливості оптико-електронної системи БпЛА провести знімання з необхідною роздільною здатністю.

Вимоги до мінімально необхідної роздільної здатності результатів аерофотознімання

Вимоги встановлюються згідно з завданням на розвідку. Мінімально необхідна роздільна здатність визначається мінімальним розміром об'єктів, які при проведенні розвідки необхідно виявити та ідентифікувати (табл. 2). При цьому обов'язково враховується вимога до рівня ідентифікації (встановлення типу, опис чи технічний аналіз виявленого об'єкта).

Таблиця 2

Вимоги до роздільної здатності фотовідеоматеріалів для виявлення та ідентифікації різних видів цілей (з ймовірністю 95%)

Вид цілі	Критичний розмір цілі, м	Вимоги до роздільної здатності R, м/піксел.			
		Виявлення	Рівень ідентифікації		
			Тип	Опис	Технічний аналіз
Людина	0,6	0,13	0,11	0,04	0,02
Автотранспорт	1,5	0,32	0,21	0,1	0,06
Броньована техніка	2,5	0,4	0,31	0,16	0,09
Літак	4,5	0,9	0,68	0,28	0,15
Ракетно-артилерійські засоби	1	0,2	0,18	0,06	0,04
РЛС	3	0,6	0,51	0,17	0,10
Позиції ОТР і ЗРК	3	0,6	0,51	0,17	0,10
Кораблі	8 ÷ 15	1,6	1,40	0,5	0,25
Мости	6	1,2	0,98	0,34	0,21
Аеродромні споруди	6	1,2	0,98	0,34	0,21
Військові частини	6	1,2	0,98	0,34	0,21
Залізничні вузли	15 ÷ 30	3	2,51	0,93	0,51
Транспортні комунікації	6 ÷ 9	1,2	1,01	0,34	0,21

Розрахунок роздільної здатності аерофотознімання камери БпЛА при польоті на назначеній висоті

Основними технічними характеристиками оптико-електронних систем БпЛА є:

- геометричні розміри матриці, мм×мм;
- розмірність матриці, пікс×пікс.;
- фокусна відстань об'єктива (або кут огляду об'єктива);

- для об'єктів зі змінною фокусною відстанню – діапазони, у яких плавно чи ступеневно можуть змінюватись фокусна відстань чи кут огляду.

Фокусна відстань і кут огляду об'єктива є взаємопов'язаними величинами. При розгляді об'єктива як тонкої лінзи виконується

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{h''} = \frac{1}{f} , \quad (10)$$

де h – відстань від об'єктива до об'єкта знімання;
 h'' – відстань від об'єктива до поверхні матриці (фотоплівки);
 f – фокусна відстань.

При великих відстанях від об'єктива до об'єкта знімання перший член у (10) прямує до нуля і відстань від об'єктива до поверхні матриці (фотоплівки) зрівнюється з фокусною відстанню. Тобто, при подальшому розгляді можна вважати, що відстань від об'єктива до поверхні матриці (фотоплівки) рівна фокусній відстані об'єктива. Тоді взаємозв'язок між

фокусною відстанню f , розміром матриці a і кутом зору об'єктива φ встановлюється рівнянням та ілюструється на рис. 6

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right) = \frac{a/2}{f}. \quad (11)$$

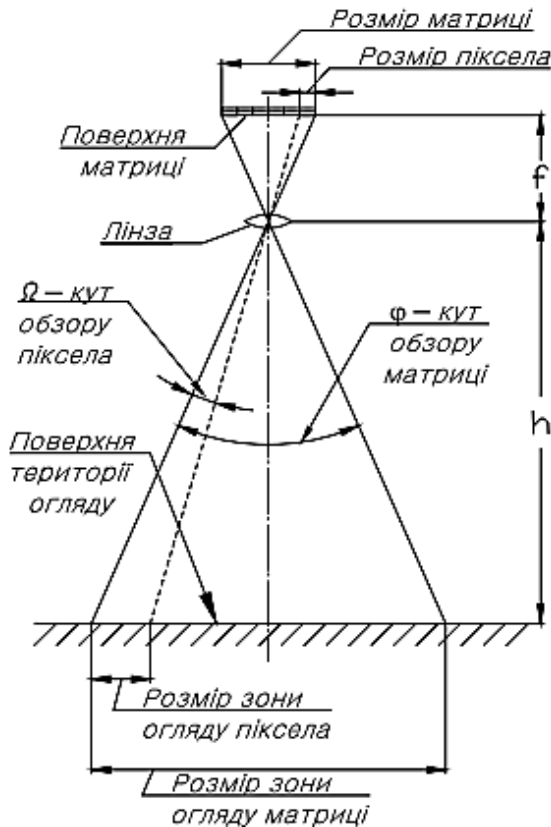


Рис. 6. Визначення роздільної здатності оптичної системи

Згідно з рис. 6 параметри оптико-електронної системи зв'язані співвідношенням

$$\begin{aligned} \frac{\text{розмір зони огляду матриці}}{\text{розмір матриці}} &= \\ &= \frac{\text{розмір зони огляду пікселя}}{\text{розмір пікселя}} = \frac{h}{f}. \end{aligned} \quad (12)$$

Для оптико-електронних систем із об'єктивами з постійною фокусною відстанню роздільна здатність R при заданій висоті польоту

$$R = \frac{a}{n} \cdot \frac{h}{f} \left[\frac{m}{\text{піксел}} \right], \quad (13)$$

де n - кількість пікселів уздовж сторони матриці.

Оскільки в загальному випадку матриці не квадратні, то розрахунок за (13) необхідно виконувати двічі – для кожної з сторін матриці. Із двох отриманих значень роздільної здатності як розрахункову необхідно вибирати гіршу.

Якщо розрахункова за (13) роздільна здатність перевищує необхідну згідно з завданням на розвідку,

то доцільно збільшити висоту польоту. При цьому зросте ширина зони огляду матриці (див. рис. 6) та зменшиться необхідна кількість одинарних петель $N_{\text{петель}}$ у маршруті розвідувального польоту, що скоротить витрати часу та ресурсів на розвідку.

Якщо розрахована роздільна здатність не задовольняє вимогам завдання на розвідку, то можливі варіанти дій:

- перейти до вибору БпЛА з більш якісною оптико-електронною системою;

- розглянути допустимість проведення розвідувального польоту при отриманому значенні роздільної здатності;

- розглянути допустимість проведення розвідувального польоту на меншій висоті, з втратою скритності і безпечності. При цьому висота польоту, необхідна для забезпечення заданої роздільної здатності,

$$h \leq R \cdot f \cdot \frac{n}{a}. \quad (14)$$

У випадку оптико-електронної системи з об'єктивом з регульованою фокусною відстанню розрахунок роздільної здатності зручніше виконувати через кут зору об'єктива

$$R = 2 \cdot \frac{h}{n} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right). \quad (15)$$

При заданих значеннях висоти польоту і необхідної роздільної здатності об'єктив повинен бути налаштований на кут зору

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right) = \frac{R \cdot n}{2h}; \quad (6)$$

$$\varphi \leq 2 \cdot \operatorname{Arctg}\left(\frac{R \cdot n}{2h}\right). \quad (7)$$

Якщо розраховане значення кута зору об'єктива лежить поза межами його технічних можливостей, то необхідно здійснити дії згідно з варіантами, вищезазначеними для випадку об'єктива з фіксованою фокусною відстанню.

Визначення ширини зони огляду об'єктива

При відомих висоті польоту та куті зору чи фокусній відстані об'єктива ширина зони огляду

$$A = 2 \cdot h \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right) = a \cdot \frac{h}{f}. \quad (8)$$

Визначення ширини смуги сканування БпЛА

При проведенні повітряної розвідки ставиться вимога, щоб суміжні смуги сканування перекривались на 15÷20%. Тому ширина смуги сканування приймається 80÷85% від ширини зони огляду матриці об'єктива

$$A' = (0,8 \div 0,85) \cdot A. \quad (9)$$

Розробка програми польоту. Включає в себе розробку детального маршруту, визначення тривалості проведення розвідки, визначення необхідних обсягів енергоресурсів, розподіл обов'язків та планування дій екіпажу щодо забезпечення польоту та попередньої обробки отриманих розвідувальних даних.

Розробка маршруту польоту

Карта маршруту розробляється згідно з розрахованою шириною смуги сканування БпЛА.

Крайня гілка петлі маршруту прокладається на відстані $A'/2$ від границі зони розвідки. Кожна наступна гілка прокладається зі зміщенням A' відносно попередньої.

По карті маршруту підраховується кількість одинарних петель $N_{петель}$ у маршруті польоту.

Для петлі маршруту, найбільш віддаленої від місця дислокації наземної станції управління, визначаються $L_{підльоту}$ та $L_{відльоту}$.

За відомою шириною смуги сканування вибирається спосіб здійснення розвороту (півколо чи дві чверті кола з прямою ділянкою між ними) та розраховується довжина ділянки розвороту $L_{розвороту}$.

Після цього виконується уточнений розрахунок τ''_{\min} та додатково перевіряється виконання умови.

Визначення періодичності дозаправок (заміни батарей)

Для вибраного БпЛА розраховується співвідношення $\tau_{\max} \cdot K_t / \tau''_{\min}$. Ціла частина цього співвідношення вказує, скільки одинарних петель маршруту БпЛА може пройти підряд без посадки – це дозволяє встановити періодичність дозаправок (заміни батарей).

Під час дозаправок (заміни батарей) одночасно передбачається знімання накопичених розвідданих з бортових носіїв БпЛА та їх передача для обробки і дешифрування.

Визначення тривалості проведення розвідки

При використанні оптико-електронних систем, працюючих у видимому спектрі електромагнітного випромінювання, маршрут розвідувального польоту повинен бути пройдений протягом світлої пори доби. Підготовчі та завершальні операції можуть бути виконані і в темну пору доби.

Початком проведення розвідки вважається момент першого старту БпЛА по розвідувальному маршруту. Завершенням повітряної розвідки вважається момент останнього приземлення БпЛА.

Тривалість проведення розвідки складається з часу, який БпЛА проводить у повітрі, та з часу, який БпЛА проводить на землі при дозаправках (заміні батарей) та зніманні розвідданих

$$\tau_{розвідки} = N_{петель} \cdot \tau''_{\min} + N_{дозапр} \cdot \tau_{дозапр} \quad (20)$$

Розрахунок енергоресурсів для проведення повітряної розвідки

При використанні БпЛА з електричним приводом, окрім основного комплексу повністю заряджених батарей, необхідно мати змінні комплекти повністю заряджених батарей у кількості $N_{дозапр}$.

Для БпЛА з двигуном внутрішнього згорання окрім відповідного запасу пального також необхідно забезпечити необхідну кількість змінних комплектів батарей для живлення бортової апаратури зв'язку, управління та оптико-електронної системи.

Висновки

Запропонована методика може використовуватись екіпажами БпЛА для підготовки і планування повітряної розвідки оперативно-тактичної глибини у режимі загального моніторингу території.

Викладені у методиці загальні принципи щодо оцінки технічних можливостей БпЛА, розробки маршруту розвідувального польоту, визначення потреби в енергоресурсах можуть бути застосовані при підготовці та плануванні інших видів повітряних розвідок.

Список літератури

1. Смирнов Е.Б. Критерияльные оценки выбора рациональных маршрутов ведения воздушной разведки для обнаружения подвижных объектов в горно-лесистой местности / Е.Б. Смирнов, А.В. Тристан, О.Е. Чернавина // Системы обработки информации. X.: ХУПС, 2011. – № 5(95). – С. 102–107.
2. Стещенко П.М. Математична модель для оцінювання ефективності бойового застосування розвідувальних безпілотних авіаційних комплексів. / П.М. Стещенко // Озброєння та військова техніка, 2016. - №2(10). - С. 26-28.
3. Герасименко К.В. Аналіз способів подавлення сигналів супутникових радіонавігаційних систем нависними перешкодами / К.В. Герасименко // Системи озброєння і військова техніка. X.: ХУПС, 2015, № 4(44). – С. 61-63.
4. Соколовський В.В. Проблемні питання та перспективні напрямки боротьби з малорозмірними надлегкими БЛА у внутрішньому збройному конфлікті / В.В. Соколовський, Ю.В. Самсонов // Системи озброєння і військова техніка. X.: ХУПС, 2015, № 4(44). – С. 32-35.
5. <http://uav-ua.com/leleka-100#>
6. <http://www.ukrmilitary.com/2016/05/bpak-mp-1-spectator.html>
7. <http://www.ukrmilitary.com/2016/08/furya.html>
8. <http://www.ukrmilitary.com/2017/06/fly-eye-tests.html>

Методика подготовки и планирования воздушной разведки оперативно-тактической глубины с использованием БПЛА

Ю.А. Мирончук, С.П. Оверчук

Предложена обобщенная методика планирования воздушной разведки для общего мониторинга обширных территорий на оперативно-тактическую глубину. Методика включает в себя выбор типа БПЛА за его летно-техническими параметрами и оценку его технической возможности при текущих природно-климатических условиях обеспечить выполнение беспосадочного полета БПЛА на дистанцию удвоенной глубины разведки, оценку возможностей оптико-электронных систем БПЛА обеспечить необходимое разрешение снятых материалов при соблюдении безопасной высоты полета, разработку детализированного маршрута разведывательного полета, расчет потребности в энергоресурсах, разработку программы проведения разведывательного полета. Методика позволяет определить необходимое количество промежуточных посадок для замены батарей, обосновать необходимость выбора одной или нескольких взлетно-посадочных площадок, разработать карту маршрута полета с указанием промежуточных посадок, рассчитать хронометраж времени на основные и вспомогательные действия, рассчитать необходимое количество сменных комплектов батарей, разработать почасовой план-график ведения разведки.

Ключевые слова: воздушная разведка, планирование разведывательного полета.

Methodology of the preparation and planning the aerial reconnaissance of the operational-tactical depth with using the unmanned aircraft

Yu. Myronchuk, S. Overchuk

A generalized methodology for planning of the aerial reconnaissance for the general monitoring of the large areas to the operational-tactical depth is proposed. It is shown that when using unmanned aircraft such a task for them should be considered as extremal. To solve this task for purposes of security it is necessary to use unmanned aircraft that is capable of flying automatically, in radio silence mode. A reconnaissance flight must be performed with periodic intermediate landings. During intermediate landings, the on-board power sources of the unmanned aircraft must be replaced and the captured reconnaissance information must be withdrawn. The inspection of the terrain and a selection of sites for take-offs and landings must be made prior to the start of aerial reconnaissance planning. The methodology of planning operational-tactical aerial reconnaissance consists of three parts. The first part includes the choice of the type of unmanned aircraft on the basis of its flight technical parameters and an assessment of its technical capability to ensure the performance of a non-stop drone flight over a distance of twice the depth of reconnaissance under current climatic conditions. The reduction of discharge capacity of onboard batteries at low temperatures is taken into account. The effect of wind on flight duration is taken into account. The calculation of the wind effect is performed graphically. The second part includes an assessment of the capabilities the optoelectronic systems of the unmanned aircraft to provide the necessary resolution of the captured materials while observing a safe flight altitude. The third part includes the development of a detailed reconnaissance flight route, the calculation of the need for energy resources, and the development of a reconnaissance flight program. The technique allows determining the required number of intermediate landings for replacing batteries, justifying the need to select one or several places for takeoffs and landings, develop a flight route map indicating intermediate landings, calculate the timing for main and auxiliary actions, calculate the required number the replaceable sets of batteries, develop the hourly schedule of executing reconnaissance.

Keywords: aerial reconnaissance, planning of reconnaissance flight.

УДК 623.55.022, 629.058DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.21.2019.52-59>

О.В. Степаненко, Є.Ю. Діденко

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії, Суми

СПОСІБ ЗАСТОСУВАННЯ СНАРЯДІВ, ОБЛАДНАНИХ ПРИСТРОЄМ РЕТРАНСЛЯЦІЇ НАВІГАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ З МЕТОЮ ВИЗНАЧЕННЯ УСТАНОВОК ДЛЯ СТРІЛЬБИ

У статті аналізуються умови, за яких неможливо застосовувати існуючі способи та засоби визначення установок для стрільби по неспостережуваних цілях на великих дальностях стрільби, та пропонується новий спосіб з визначення установок для стрільби, що розраховується за результатами пристрілювання цілі снарядами, обладнаними пристроєм ретрансляції навігаційних сигналів супутникових навігаційних систем. Описаний в статті спосіб передбачає створення системи визначення координат снаряда, яка складається з пристрою ретрансляції навігаційних сигналів та наземного вимірювача базової станції. Пристрої ретрансляції навігаційних сигналів містить обладнання ретрансляції навігаційних сигналів, прийнятих з навігаційних космічних супутників та пілот-сигналів, його пропонується розробити у