

*Л.В. Благая, І.І. Ключенко, М.В. Хочин  
(Національний авіаційний університет, Україна)*

### **Застосування оптико-електронного способу навігації для покращення навігаційних даних**

*В даній роботі розглянуто оптико-електронний спосіб навігації БПЛА. Його переваги та недоліки над існуючими навігаційними системами. Комплексування з іншими існуючими системами навігації.*

Для сучасного світу використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) стало звичним явищем, без якого неможливо уявити жодну галузь народного господарства. Одним з головних завдань в безпілотній авіації є удосконалення навігаційних систем для покращення визначення місцеположення. На сьогоднішній день основним методом навігації в безпілотній авіації є GNSS (global navigation satellite system) з інерціальною навігаційною системою (ІНС). Але при неможливості отримання даних від супутників, БПЛА втрачає можливість позиціонування, а похибка ІНС значно зростає.

Серед різних методів визначення параметрів навігації малорозмірних безпілотних літальних апаратів (МБПЛА), особливу увагу привертає метод, заснований на аналізі відео-потoku з встановленої на борту відеокамери. На борту, як правило, вже є встановлені в якості корисного навантаження оглядові відеокамери. У свою чергу оптична навігація може бути вагомим доповненням до вже існуючих систем, або повністю підмінити їх.

Застосування ж супутникових навігаційних систем для корекції ІНС призводить до низької завадостійкості системи корекції, а також позбавляє її автономності функціонування. Цих недоліків позбавлені саме кореляційно-екстремальні системи навігації (КЕСН), що є їх великою перевагою.

Принцип роботи КЕСН [1] заснований на порівнянні зображення земної поверхні або сукупності орієнтирів з еталонним, отриманим заздалегідь. Неузгодженість положення цих зображень в прийнятій системі координат дозволяє обчислити поточні координати рухомого об'єкта. Зображення складається заздалегідь і вводиться в систему управління в вигляді маршрутного завдання (при навігації) або сукупності ознак мети, або ж передається в процесі польоту БПЛА. У зв'язку з цим кореляційно-екстремальні системи знайшли широке застосування у системах навігації, серед яких найкращими показниками за точністю характеризуються оптико-електронні системи (ОЕС), а саме ОЕС 3-го покоління.

Найбільш часто ОЕС 3-го покоління називають системи, в яких використовуються дводіапазонні та багатодіапазонні (багатоспектральні) матричні приймачі випромінювання досить великого формату [3]. Цим системам притаманна висока просторова, спектральна та тимчасова роздільна здатність, що дозволяє здійснювати автоматичне або напівавтоматичне виявлення, розпізнавання та ідентифікацію об'єктів (цілей) на великих відстанях

при наявності перешкод і в умовах протидії. При виборі спектральних робочих діапазонів оптичної системи ОЕС зіставляється вплив різних чинників (дифракції, аберація, турбулентність середовища поширення оптичного сигналу, тощо) на якість зображення, що отримується в різних діапазонах. Проводиться порівняння різних способів виділення робочих спектральних діапазонів (за допомогою оптичних фільтрів, диспергуючих оптичних систем і багатодіапазонних приймачів випромінювання). Оцінюються можливості практичного використання деяких нових типів матричних приймачів випромінювання, що мають здатність адаптувати свої параметри і характеристики постійно змінюваних умов роботи системи. Формуються вимоги, що пред'являються до електронного тракту систем 3-го покоління, зокрема, до аналого-цифрових перетворювачів сигналів, що утворюються на виході фотоприймального пристрою ОЕС.

Відзначається, що в ОЕС 3-го покоління використовуються переважно цифрові системи складання зображень, що утворюються в окремих спектральних каналах. При цьому простіше здійснюється регулювання яскравості та виділення окремих цілей, усуваються відмінності в часі формування зображень в окремих каналах, забезпечується більше кутове поле при незалежній роботі спектральних каналів. Крім того, цифрове зображення легше вбудовується в загальний комплекс спостереження і управління операціями

На основі узагальнення великого обсягу відкритої інформації ведуться роботи щодо аналізу існуючих ОЕС 3-го покоління, тенденцій їх розвитку за рахунок створення нових типів оптичних систем, багатоелементних приймачів випромінювання, електронних блоків і систем відображення інформації, які дозволяють реалізувати нові, більш досконалі алгоритми виявлення і розпізнавання різних об'єктів.

Оглядово-навігаційна система ОЕС-ОН [2] забезпечує огляд простору телевізійним і інфрачервоним каналами в просторі передньої півсфери літального апарату, огляд підстильної поверхні телевізійним каналом в нижній і задній півсфері літального апарату, ідентифікацію положення підстильної поверхні та об'єктів на відео-зображенні, що формовано системою, щодо положення літального апарату, визначення місця розташування літального апарату, використовуючи інформацію з вертикально розташованої камери і попередньо завантаженої картографічної бази. Маса системи становить 2.5 кг, флеш-пам'ять 32ГБ.

До недоліків даного методу можна віднести:

- необхідність заздалегідь отримати знімки підстильної поверхні;
- необхідність підтримки знімків поверхні в актуальному стані (неможливість роботи методу при наявності значних змін в ландшафті);
- зберігання великих обсягів даних, а також відсутність швидкого та надійного доступу до них.

Одним із недоліків КЕСН є зберігання та обробка великих обсягів інформації, що збільшує вартість та вагу самого БПЛА. З появою супутникового ширококутового швидкісного інтернету зберігання та обробку даних можливо

здійснювати на віддалених серверах, не використовуючи обчислювальну здатність процесорів на БПЛА.

Для точного функціонування оптико-електронної системи навігації потрібні ландшафтні орієнтири за допомогою яких система буде визначати свої координати. При відсутності таких орієнтирів (гори, ріки, озера, будівлі і т.д.) визначення місцеположення стає дуже складним. А отже, при плануванні польотного завдання треба враховувати місцевість і уникати районів де можуть виникати подібні труднощі. Або використовувати комплексні системи навігації.

Одним із обов'язків виконання польотів за оптико-електронними системами навігації є формування цифрових карт, або алгоритм що дозволяє використовувати вже існуючі карти ландшафтів. Маршрути великої протяжності можуть мати значно більший обсяг ніж він доступний на борту БПЛА. Рішенням цієї проблеми може бути саме використання у майбутньому супутникового ширококутового швидкісного інтернету (рис.1). Разом з цим стане можливим значно зменшити навантаження на процесори що встановлені на борту БПЛА. Також віддалене обчислення дасть змогу використовувати більш складні та досконаліші алгоритми, що також допоможе підвищити точність позиціонування.

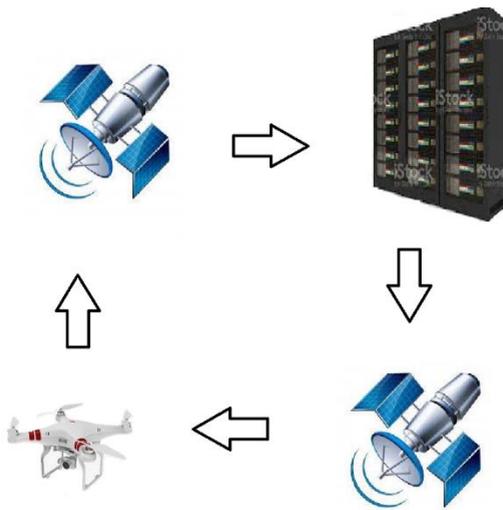


Рис.1 Удосконалення оптико-електронної системи

Також потрібно мати достатньо актуальні данні з карт щодо їх стану. Тому що втрачаються або з'являються нові орієнтири які потрібно занести на борт БПЛА. З появою швидкісного супутникового ширококутового інтернету з'явиться можливість виконувати оновлення даних без участі самого БПЛА.

Оптико-електронна система має ще одну перевагу над супутниковою системою навігації, а саме завадостійкість до засобів, що позбавляють БПЛА

сигналів GNSS та сигналів керування, в результаті чого відбувається повна втрата над контролем.

Оптична навігація це вагомий крок до ідеалізації систем навігації, що надає нові можливості та може забезпечити виконання поставлених завдань. В роботі проведено дослідження щодо перспективності даних систем, окреслено їх переваги та недоліки. Зроблено висновок, що системи оптичної навігації мають великий потенціал на удосконалення. Вже на даному етапі вони можуть слугувати вагомим доповненням до супутникових та інерціальних систем навігації, а поширення та застосування доступного супутникового ширококутового інтернету дозволить надалі реалізовувати можливості оптико-електронних систем у повному їх обсязі.

### Список літератури

1. Єрміна Н.С. метод прив'язки безпілотних літальних апаратів з використанням кореляційно-екстремальних систем навігації в умовах появи хибних об'єктів на поточному зображенні. Автореферат дисертації.- 2018-. [Електронний ресурс].- Режим доступу: [https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/6284/3/Yeromina\\_avtoref.pdf](https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/6284/3/Yeromina_avtoref.pdf)
2. Режим доступу : <https://wisetech.pro/product-category/systemy-uluchshennogo-videnia/>
3. Якущенко Ю.Г. Оптико-електронні системи 3-го покоління: сучасний стан, перспективи розвитку.-2008-. [Електронний ресурс].- Режим доступу: [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://swsu.ru/structura/up/fivt/kvt/download/recogn08\\_1.pdf&ved=2ahUKEwiC8p3\\_nPHvAhWvxIsKHXdQBgcQFjAAegQIAxAC&usq=AOvVaw36vvjR7gtoGg8kgG91AeB3](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://swsu.ru/structura/up/fivt/kvt/download/recogn08_1.pdf&ved=2ahUKEwiC8p3_nPHvAhWvxIsKHXdQBgcQFjAAegQIAxAC&usq=AOvVaw36vvjR7gtoGg8kgG91AeB3)