

УДК 65.012 (045)

**М.О. Шутко**, д.т.н.  
**Ю.М. Барабанов**, к.т.н.  
**Г.М. Михайлов**, к.е.н.  
**О.Г. Гуйда**

## **БОРТОВІ КОМПЛЕКСИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

Національний авіаційний університет: [brbnv@i.ua](mailto:brbnv@i.ua), [guydasg@ukr.net](mailto:guydasg@ukr.net)

*Розглянуто системи та способи управління безпілотними літальними апаратами (БЛА). Проведено аналіз інерційних та супутникових навігаційних систем з огляду можливості застосування в системах управління БЛА. Як перспективний напрямок запропоновано використання інтегрованих навігаційних систем.*

**Ключові слова:** *безпілотні літальні апарати, інерційні навігаційні системи, супутникові навігаційні системи, інтегровані навігаційні системи*

### **Вступ і аналіз проблеми**

На сучасному етапі, безпілотні літальні апарати (БЛА) вже не можна назвати технічною інновацією, і вони дуже стрімко завойовують свою нішу в господарському комплексі розвинених країн світу. Спектр їх вживання досить широкий - це, як правило, аерофото- та кінознімання, моніторинг самих різних об'єктів і процесів, розвиток регіональних та міжрегіональних телекомунікаційних мереж, виконання транспортних, а також авіаційних хімічних робіт.

Завдання, що вирішуються в даний час за допомогою БЛА вимагають їх повноцінного приладового оснащення. Сучасний БЛА по рівню технічного оснащення часто перевершує пілотований літак. Управління БЛА є критичним завданням, що забезпечує виконання місії, безпеку і комерційний успіх застосування систем БЛА [1,4].

Основними способами управління БЛА є:

*Ручне управління* – коли БЛА управляється пілотом-оператором з пульта дистанційного управління. Пілот або візуально спостерігає за БЛА, або орієнтується по зображенню яке передається відеокамерою. Обмеження такого управління очевидні: при візуальному спостереженні розміри БЛА і умови видимості обмежують дальність ручного управління БЛА 1-2 кілометрами. При стеженні по відео камері, управління стає неможливим в темний час доби, в умовах обмеженої видимості. Пілот повинен добре орієнтуватися на місцевості.

*Автоматизоване управління БЛА* полягає в передачі по командній радіолінії типових завдань для виконавчих механізмів. До типових завдань відносяться: зробити правий (лівий) поворот на N градусів, вийти в задану точку, набрати задану висоту, повернутися, зробити обліт об'єкту (району). В цьому випадку спостереження і контроль виконання проводяться за даними телеметричної інформації. Як правило, БЛА оснащений приймачем GLONASS - GPS, що здійснює визначення координат і подобою автопілота, що забезпечує в деякій мірі координований політ і стабілізацію ЛА. Два вище перелічених способи управління БЛА відносяться до видів дистанційного керування, і такі БЛА називаються дистанційно-пілотованими літальними апаратами (ДПЛА).

*Автоматичне управління БЛА* забезпечує можливість повністю автономного польоту БЛА по заданій траєкторії на заданій висоті із заданою швидкістю і із стабілізацією кутів орієнтації. Автоматичне управління, здійснюване повноцінним автопілотом БЛА, гарантує безпечний політ ЛА поза зв'язком з базовою станцією, практично за будь-яких погодних умов. Саме такий спосіб управління БЛА є в даний час найбільш затребуваним з боку експлуатантів безпілотних систем, оскільки пред'являє найменші вимоги до підготовки персоналу і забезпечує безпечну і ефективну експлуатацію систем безпілотних літальних апаратів.

### Постановка завдання

Основною проблемою, що гальмує процеси застосування БЛА, є вирішення завдання керування польотом. Ручне керування БЛА - завдання для добре підготовленого професіоналу, тоді як управління БЛА, озброєного повноцінною системою автоматичного керування, вимагає від наземного персоналу мінімальної підготовки. Використання сучасних автоматичних пристроїв, з якісно новими системами виміру пілотажних і навігаційних параметрів, дозволяє модернізувати існуючі технології управління БЛА при мінімальних експлуатаційних витратах і підвищити безпеку польотів.

### Системи навігації БЛА

Ключовим моментом в рішенні задачі керування БЛА є вимір пілотажних і навігаційних параметрів за допомогою інерційних систем (мікромеханічних гіроскопів і тривісних магнітометрів) і приймачів GPS. Точність виміру складає 3-5 м, а при використанні систем WAAS/E GNOS/MSAS і місцевих систем передачі поправок точності може бути підвищений до 1-2 м по горизонталі, що сповна прийнятно при роботі БЛА з пристроєм управління FF-9TGPS РСМ/FM9/7/135MHZ. Функціональність систем управління, що складаються з GPS і мобільного комп'ютера, залежить від програмного забезпечення (ПЗ).

Прикладами такого ПЗ є широко вживане «OziExplorer», яке дозволяє використовувати необмежену кількість путніх точок і підтримувати роботу з растровими картами, або «Navitel Navigator» - призначене для векторних карт. З ряду причин, при виконанні польотів БЛА, карти необхідно робити самостійно. Саме тому, в якості базового продукту можна використовувати карти у форматі IMG та завантажувати їх за допомогою програми «MapSource».

Також можна користуватися супутниковими знімками «Google Maps» та безкоштовною програмою для роботи з картами і GPS - «GPS MapEdit» ([geopainting.com](http://geopainting.com)). Мережу горизонталей для місцевості знімають за допомогою «SRTM» - матеріал про висоту поверхні Землі, отриманий з супутника.

Операція картографічної прив'язки до місцевості виконується один раз для кожного географічного об'єкту, а потім зберігається в базі даних.

Наступним прикладом системи управління БЛА є продукт вироблений ТОВ «ТеКнол» - це бортовий комплекс управління БЛА, що складається з малогабаритної інтегрованої навігаційної системи «МІНС», приймача супутникової навігаційної системи і модуля автопілоту.

Бортовий комплекс є повнофункціональним засобом навігації і управління БЛА.

Комплекс забезпечує вирішення наступних завдань:

- Визначення навігаційних параметрів, кутів орієнтації і параметрів руху БЛА (кутових швидкостей і прискорень);
- Навігацію і управління БЛА при польоті по заданій траєкторії;
- Стабілізацію кутів орієнтації БЛА у польоті;
- Видачу в канал передачі телеметричної інформації про навігаційні параметри, кути орієнтації БЛА;
- Програмоване управління корисним навантаженням.

Інтегрована інерційно-супутникова навігаційна системи являється одним із перспективних класів сучасних навігаційних систем [3]. Інтегрована навігаційна система - це синтез двох самостійних систем - інерціальної навігаційної системи (ІНС) і супутникової навігаційної системи (СНС), що дозволяє об'єднати достоїнства і компенсувати недоліки, властиві кожній з систем окремо.

Історично ІНС з'явилися раніше СНС і набули широкого поширення в авіації, навігації морських судів, космонавтиці, ракетній техніці. ІНС є невід'ємною частиною систем управління морських і повітряних судів, застосовуються в геодезії.

Достоїнствами ІНС є безперервна динамічна видача користувачеві повного навігаційного рішення (координати, швидкість, прискорення, кутова орієнтація), можливість видачі

інформації з високою частотою, незалежність від зовнішніх джерел інформації. ІНС володіють недоліком - помилка у визначенні навігаційних параметрів накопичується з часом, а точність вихідної інформації залежить від точності чутливих елементів[2]. Як чутливі елементи застосовуються прецизійні дорогі гіроскопи і акселерометри, які сильно ускладнюють і здорожують систему.

Для підвищення довготривалої точності необхідно періодично коректувати дані ІНС за свідченнями зовнішніх приладів. Це стало передумовою розробки алгоритмів інтегрованих навігаційних систем.

Інтегровані навігаційні системи володіють рядом переваг і перед широко поширеними супутниковими навігаційними системами - вони дозволяють визначати кутову орієнтацію об'єкту, працюють в умовах відсутності сигналу СНС, видають навігаційну інформацію з високою частотою.

Основою роботи інтегрованої навігаційної системи є спеціальний алгоритм обробки інформації, що дозволяє створювати інтегровані системи, що поєднують високі точнісні і функціональні характеристики з невисокою вартістю, малими габаритами і надійністю. У інтегрованих системах з'являється можливість використовувати недорогі ІНС, побудовані на MEMS чутливих елементах.

Гідністю таких інерціальних систем є мала вага і компактні розміри, але автономне використання їх утруднено зважаючи на нестабільність характеристик мікроелектромеханічних гіроскопів і акселерометров, що веде до швидкого накопичення помилки у визначенні навігаційних даних. Алгоритм комплексування дозволяє як чутливі елементи застосовувати серійні гіроскопи і акселерометри MEMS і отримувати точне навігаційне рішення як за наявності, так і при пропажі сигналу СНС.

### **Висновки**

Вживання сучасних автоматичних пристроїв дозволяє модернізувати існуючі технології управління БЛА при мінімальних експлуатаційних витратах і підвищити безпеку польотів.

Застосування в інтегрованих системах комплексування даних ІНС і СНС дозволяє істотно розширити сферу застосування ІНС і СНС та компенсувати недоліки, властиві кожній з систем окремо.

Інтегрована ІНС може використовуватися як навігаційна система для автомобілів, навігаційної системи БЛА, виконувати функції навігаційної системи у складі пілотажно-навігаційного засобу і оперативно-тактичного навігаційного комплексу.

### **Список літературних джерел**

1. Ганин С.М., Карпенко А.В., Колногород В.В., Петров Г.Ф. Беспилотные летательные аппараты. – СПб, Невский Бастион, 1999 – 160 с
2. Касем Аббуд Махді, Барабанов Ю.М., Гуйда О.Г., Негода А.М. Аналіз систематичних помилок у системах попередження зіткнень // “Електроніка та системи управління” – К.: НАУ, 2010.– №2(24) – С. 32-37
3. Гуйда О.Г., Касем Аббуд Махді Перспективи використання супутникових навігаційних систем в бортових системах попередження зіткнень // В кн.: Проблеми навігації і управління рухом: Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів – К.: ІВЦ "ХОЛТЕХ", 2010. – с. 19
4. Павлушенко М. И., Евстафьев Г. М., Макаренко И. К. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития. – М. Издательство «Права человека», 2005. – 610 с.