

УДК 623.476

І.О. Кашаєв, С.І. Смик

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМ НАВИГАЦІЇ БЕСПІЛОТНИХ ЛЕТАЛЬНИХ АППАРАТІВ

Розглянуті перспективи виробництва безпілотних літальних апаратів провідними державами, тенденції розвитку та проблемні питання удосконалення навігаційних систем сучасних безпілотних літальних апаратів. Наведена необхідність функціонального, інформаційного та апаратного об'єднання навігаційних вимірювачів різних фізичних полів в інтегрований навігаційний комплекс.

**Ключові слова:** безпілотний літальний апарат, навігаційна система, інтегрований навігаційний комплекс.

### Вступ

Основні напрямки розвитку безпілотних літальних апаратів (БПЛА) як складової системи озброєння викликані необхідністю реалізації нових концепцій і технологій ведення бойових дій. Технології мережецентричної, гібридних і безконтактних війн вимагають високоточного та виборчого ураження цілей. Посилюються вимоги до повноти інформаційного забезпечення і розширюються вимоги до авіаційних комплексів (АК), у тому числі – безпілотних.

У перспективі до 2025 -2030 р.р. розглядається можливість застосування БПЛА різного призначення в складі змішаних авіаційних угруповань. Але методи навігації та узгодженого управління групою БПЛА не відпрацьовані в достатній мірі, тому вдосконалення навігаційних систем БПЛА приділяється постійна увага.

**Метою статті** є аналіз тенденцій розвитку систем навігації БПЛА за матеріалами відкритих публікацій.

**Аналіз публікацій і досліджень.** У провідних військових державах світу активно розвиваються безпілотні літальні апарати (БПЛА) військового призначення різного призначення.

Обсяг світового ринку БПЛА в майбутнє десятиліття складе 67,3 млрд дол. [3]. На виробництво безпілотних апаратів буде витрачено 35,6 млрд долл., 28 млрд долл. – на проведення НДДКР у сфері безпілотної техніки, два-три млрд. долл.- на сервісне обслуговування БПЛА. У виробничому секторі, обсяг якого складе 35,6 млрд. долл., витрати розподіляться таким чином. Виробництво середньовисотних БПЛА великої тривалості польоту типу MALE (Medium-Altitude Long-Endurance) - 13,7 млрд дол. (38,5%). На виробництво тактичних БПЛА буде витрачено 8 млрд. долл. (24,1%), на висотні БПЛА великої тривалості польоту типу HALE (High-Altitude Long-Endurance) – 7,3 млрд. дол. (20,5%), на БЛА вертикального зльоту і посад-

ки – 3 млрд. дол. (8,4%), на ударні БЛА типуUCAV (Unmanned Combat Air Vehicle) – 1,7 млрд. дол. (4,8%), на ті БЛА, що запускаються з руки (портативні БЛА) – 1, 3 млрд. дол. (3,6%).

### Результати досліджень

Як показує проведений аналіз (табл. 1), найбільшу кількість типів БПЛА складають апарати військового призначення.

Таблиця 1  
Розподіл типів БПЛА за призначенням

№	Клас призначення БПЛА	Кількість типів	
		Абсолютне	Відносне, %
1	Цивільне та комерційне	55	10,1
2	Військове	397	72,29
3	Подвійне	44	8
4	Науково-дослідне	35	6,43
5	Дослідне	219	40,25
Всього типів БПЛА, що належать класам (1) - (5), у тому числі спільні проекти:		544	> 100

Дані оцінки виробництва основних типів БПЛА військового призначення наведена на діаграмі (рис. 1).

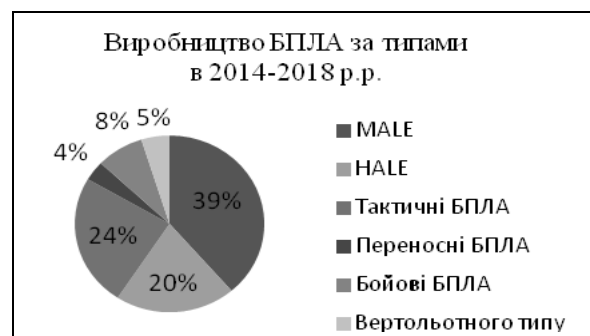


Рис. 1. Оцінка виробництва основних типів БПЛА військового призначення

Застосування БПЛА орієнтуються на вирішення завдань, виконання яких пов'язано з високими погрозами втрат, або завдань, що не реалізуються пілотованими АК через різні обмеження [1].

Актуальність створення багатофункціональних безпілотних систем обумовлена [1 – 4]: зростанням вартості створення та експлуатації пілотованих АК; скороченням складу угруповання пілотованих АК; небезпекою втрат пілотованих АК та льотного складу; необхідністю формування склад-

них систем зброї з БПЛА; можливістю вирішувати у складі змішаної авіаційної групи ударні, винищувальні, а також розвідувальні завдання і радіоелектронного придушення; необхідністю прийняття на озброєння нових високотехнологічних роботизованих систем озброєння та військової техніки; можливістю вирішувати в одному вильоті БПЛА різні завдання.

Ступінь заміщення функції льотчика для БПЛА наведена в табл. 2.

Таблиця 2

Ступінь заміщення функції льотчика

Управління рухом літака в польоті (вибір траєкторії, напрямку)	До 40 %
Ухвалення рішення на застосування авіаційних засобів поразки	До 80 %
Дії в особливих випадках польоту при відмові авіатехніки	До 12 %
Вивід із небезпечного режиму польоту	До 95 %
Управління польотом при неможливості виконувати свої функції	До 100%
Пошук, ідентифікація повітряної цілі:	
- ближній повітряний бій	До 25%
- повітряний бій на дальніх і середніх дистанціях	До 95 %
Атака наземною (надводною) цілі	До 25%
Зліт, посадка, політ за маршрутом	До 45%
Бойове маневрування, вибір маневру, ухилення від загрози.	До 10%
Управління ЛА при пошкодженні планера і його систем	0...5 %

Слід зазначити, що створення багатофункціональних комплексів з БПЛА різного призначення потребує вирішення низки проблем, зокрема по бортовому устаткуванню: розробка інтелектуальної бортової системи управління польотом за участю оператора; оптимізація функцій оператора та їх ролі в управлінні польотом і виконанні бойових завдань; розробка бортових систем високоточної навігації [4].

У структурі системи управління система навігації є основою функціонування системи автоматичного керування і використовується для оцінки стану БПЛА і налаштування автопілоту на конкретні режими польоту.

Вибір технічного обриса навігаційної системи БПЛА повністю залежить від покладених на нього завдань. Залежно від розв'язуваних завдань при синтезі навігаційної системи можуть використовуватися різні принципи навігації, які і обумовлюють апаратний склад системи.

**Штурманський метод.** Основними достоїнствами є - висока точність наведення і достовірність розпізнавання цілі; основним недоліком - слабка перешкодозахищеність.

**Метод числення шляху.** Основна перевага - автономність; основний недолік - низька точність.

**Оглядом порівняльний метод.** Основна перевага - автономність; основний недолік - необхідність мати великий масив вихідних даних.

**Позиційний метод.** Основні переваги - можливість визначити координати об'єкта без урахування і знання пройденого шляху, швидкодія; основні

недоліки - схильність перешкодам, відносно низька точність.

Головним напрямком розвитку навігаційного обладнання БПЛА є функціональне, інформаційне та апаратне об'єднання навігаційних вимірювачів різних фізичних полів в інтегрований навігаційний комплекс. Об'єднуватися можуть не тільки системи на різних принципах навігації, але й окремі датчики первинної інформації (датчики тиску, магніторезисторах, акселерометри і т. п.), що виробляють одні й ті ж параметри [6].

До інтегрованих навігаційних систем повинні входити наступні складові:

- інерційних модуль;
- магнітний компас;
- система повітряних сигналів;
- радіовисотомір;
- датчики температури;
- енергонезалежна пам'ять для зберігання налаштувань пристрою і програм польоту;
- приймач сигналів ГНСС (супутниковій навігаційний модуль).

З метою вирішення більш широкого кола завдань (або при відсутності сигналів ГНСС) в базовому комплексі повинна бути передбачена можливість розширення складу, що включає:

- оптичні засоби;
- електронну карту рельєфу місцевості з мережею наземних штучних орієнтирів;
- навігаційну систему з реалізацією оглядово-порівняльного методу навігації.

Основна мета комплексування (об'єднання) систем орієнтації і навігації полягає в підвищенні точності визначення навігаційних і кутових параметрів орієнтації БПЛА [5].

Таким чином, можна сформулювати основні напрями вдосконалення систем навігації БПЛА:

1. Поліпшення показників: точність, автономність, універсальність, зменшення енергоспоживання і масогабаритних характеристик.

2. Перехід на датчики первинної інформації мікро- і мікромініатюрних розмірів, а також розробка модулів вимірювальних пристроїв, що забезпечують вимірювання швидкостей і прискорень по шести координатами: по трьом кутовим і трьом лінійним.

3. Розвиток способів навігації та узгодженого управління польотом групи БПЛА, з можливостями вибору альтернативних маршрутів і взаємодії між собою.

4. Вирішення питань автоматичної посадки на необладнані майданчики і порятунку БПЛА;

5. Рішення проблеми прискореного, з мінімальними фінансовими і часовими витратами процесу введення в експлуатацію широкої номенклатури БПЛА.

6. Подальше вдосконалення навігаційних систем БПЛА шляхом інтеграції інерціальної навігаційної системи з глобальними супутниковими навігаційними системами (ГНСС), тепловізійними і лазерними системами, а також радіолокаційними системами із синтезованою апертурою та ін. датчиками.

7. Використання технологій машинного зору, включаючи методи теорії обробки зображень та розпізнавання образів як альтернативи супутниковим технологіям.

8. Синтез більш досконалих нелінійних алгоритмів оцінювання навігаційних параметрів; алгоритмів комплексної обробки інформації вимірювань ГНСС і інерційних систем.

9. Синтез алгоритмів комплексної обробки інформації ГНСС для боротьби з відзеркаленням сигналів;

10. Розробка алгоритмів комплексної обробки інформації інерціальних систем і супутникових навігаційних систем (СРНС) ГЛОНАСС / GPS / "Галі-

лео" і інформацією систем доповнення, що використовується для корекції.

## Висновок

Таким чином, із сказаного вище видно, що рішення проблем подальшого розвитку систем навігації БПЛА разом з використанням специфічних апаратних і програмних засобів наприклад, автоматична корекція поточних координат, які одержані від інерційних навігаційних систем, на основі методів кореляційно-екстремальної навігації при відсутності інформації від супутникової навігаційної системи, дозволить застосовувати безпілотні і пілотовані БПЛА в змішаній авіаційній групі, що веде до появи комплексу бойової авіації що володіє якісно новими властивостями і характеристиками.

## Список літератури

1. *Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов / Под ред. М.Н. Красильщикова и Г.Г. Серебрякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 556 с.*
2. *Беспилотные летательные аппараты: Методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик / В.М. Ильюшко, М.М. Митрахович, А.В. Самков и др.; под общ. ред. В. И. Силкова. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2009 – 302 с.*
3. *Мировой рынок беспилотников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vpk-news.ru/print/articles/18914>.*
4. *Unmanned Aircraft Systems for Logistics Applications. (By John E. Peters, Somi Seong, Aimee Bower, Harun Dogo, Aaron L. Martin, Christopher G. Pernin.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2011/RAND\\_MG978.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2011/RAND_MG978.pdf).*
5. *Распопов В. Я. Микросистемная авионика: учеб. пос. / В. Я. Распопов. – Тула : «Гриф и К», 2010. – 248 с.*
6. *Lerner R, Rivlin E. Direct Method for Video Based Navigation Using a Digital Terrain Map IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell. 2010 Aug 31 [Электронный ресурс]. – режим доступа к ресурсу: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2082007>.*

Надійшла до редколегії 30.09.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков Державний університет телекомунікацій, Київ.

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

И.А. Кашаев, С.И.Смык

*Рассмотрены перспективы производства беспилотных летательных аппаратов ведущими странами, тенденции развития и проблемные вопросы совершенствования навигационных систем современных беспилотных летательных аппаратов. Показана необходимость функционального, информационного и аппаратурного объединения навигационных измерителей разных физических полей в интегрированный навигационный комплекс.*

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, навигационная система.

## TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF NAVIGATION SYSTEMS, UNMANNED AERIAL VEHICLES

I.O. Kashajev, S.I. Smyk

*The prospects for the production of unmanned aerial vehicles leading countries, development trends and problematic issues of improving the navigational systems of modern unmanned aerial vehicles. The necessity of a functional, information and association navigation hardware meters different physical fields in an integrated navigation system.*

**Keywords:** unmanned aerial vehicle, navigation system.