

УДК 629.7.01

П.П. Ткачук, Ю.П. Сальник, Ю.М. Пашук, І.В. Матала

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПОЛЬОТОМ І КОРИСНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ ТАКТИЧНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Проведено аналіз сучасних систем автоматизованого управління тактичними безпілотними літальними апаратами (ТБпЛА), які знаходяться на озброєнні провідних країн світу. Розглядається склад та призначення бортового обладнання і корисного навантаження ТБпЛА. Визначено основні вимоги, які висуваються до САУ БпЛА, можливі варіанти компоновки корисного навантаження модульної побудови. Запропонована САУ ТБпЛА враховує типові завдання, які повинні виконувати безпілотні авіаційні комплекси в інтересах Сухопутних військ, та можливості оборонного комплексу України.

Ключові слова: безпілотний авіаційний комплекс, безпілотний літальний апарат, система автоматизованого управління, корисне навантаження.

Постановка проблеми

Аналіз складу та призначення бортового обладнання сучасних тактичних безпілотних авіаційних комплексів (ТБпАК) [3, 5-11] свідчить, що їх ефективне застосування значною мірою залежить від функціональних можливостей автоматизованих систем управління польотом ТБпЛА та його корисним навантаженням. Досвід бойового застосування ТБпАК на Балканах, в Афганістані та Іраку [1, 2, 5, 6] змушує звернути більш прискіпливу увагу на роль і місце систем автоматизованого управління польотом і корисним навантаженням (САУ) у виконанні тих завдань, які покладаються на дані комплекси в сучасних умовах. Актуальність дослідження визначається нагальною потребою в оснащенні Сухопутних військ України сучасними тактичними безпілотними авіаційними комплексами, які будуть здатні ефективно виконувати завдання за призначенням, у тому числі за допомогою розроблених систем автоматизованого управління польотом та корисним навантаженням ТБпЛА.

Метою статті є аналіз перспективних напрямів створення систем автоматизованого управління польотом і корисним навантаженням ТБпЛА, визначення їх загальної структури (архітектури) та завдань складових.

Викладення основного матеріалу

Головна мета застосування тактичних БпАК – це покращення ситуаційної обізнаності командирів частин та підрозділів, штабів під час планування та ведення операцій (бойових дій) завдяки виконанню даними

комплексами функцій розвідки, спостереження та цілевказування [1-6]. Вони забезпечують ведення безпосередньої вогневої підтримки військ і впливають на формування інформаційного поля бою.

У більшості провідних країн світу до складу тактичного безпілотного авіаційного комплексу включають [3- 6] (рис. 1): 2-4 безпілотні літальні апарати; особовий склад підрозділів БпАК; систему управління комплексом; інформаційно-комунікаційна систему; систему візуалізації інформації; систему матеріально-технічного забезпечення життєвого циклу БпАК та інші компоненти.

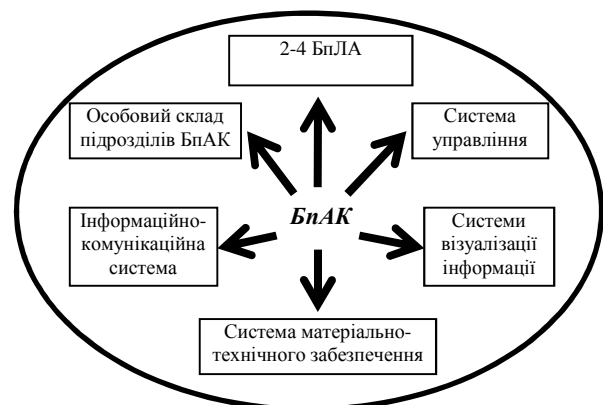


Рис. 1. Основні компоненти ТБпАК

З основних складових тактичного БпЛА слід виокремити (рис. 2) власне планер (корпус) літального апарата, силову установку, бортове обладнання та корисне навантаження (цільове обладнання) [3-6].



Рис. 2. Основні складові ТБПЛА

Незважаючи на сучасні досягнення у сфері автоматизації, комп'ютеризації та створенні робототехнічних систем застосування безпілотних авіаційних систем (дронів) залишається не повністю автоматичним. Польоти БПЛА управляються і у найближчому майбутньому будуть управлятися людиною.

Слід зазначити, що у ході бойового застосування тактичних безпілотних комплексів було виявлено, що аварії БПЛА в основному виникають через помилки операторів, втрату ними концентрації уваги, їх зайнятість і необхідність обробляти значні обсяги інформації [3-6]. У цьому контексті система автоматизованого управління польотом та корисним навантаженням є тим компонентом тактичного безпілотного авіаційного комплексу, що забезпечує підвищення ефективності застосування БПЛА, навігаційної точності, автономності роботи та безпеки польотів, а також звільняє операторів від монотонного і повторюваного виконання завдань "ручного" управління [3, 7-11].

Сфера бойового застосування сучасних ТБПЛА (згідно з класифікацією ЗС США вони відносяться до БПЛА групи № 3) характеризується радіусом дії до 70 кілометрів, тривалістю польоту до 5 год., використанням на малих або середніх висотах (300-3000 м) [1, 2, 4-6]. Основними завданнями, що покладаються на дані комплекси, є оперативне ведення повітряної розвідки та спостереження противника в інтересах командирів та штабів тактичної ланки, ідентифікація та визначення місцезнаходження основних сил противника, наземних рухомих об'єктів, систем озброєння та інших цілей, а також оцінка їх ураження.

Виконання вищезазначених функцій забезпечується використанням змінного корисного навантаження (КН) модульної побудови, яке встановлюється на внутрішній та/або на зовнішній підвісках ТБПЛА. По суті безпілотний ЛА – це авіаційна платформа для транспортування корисного навантаження, яке може включати [5, 6]:

1) сенсори (датчики) збору розвідувальної інформації, у т.ч.:

фото-, теле-, тепловізійні та мультиспектральні камери (EO/IR);

лазерні сканери та цілевказівники/далекоміри (LRF/LD);

системи визначення (індикації) наземних рухомих цілей (GMTI);

РЛС із синтезованою апертурою (SAR);

засоби радіо- і радіотехнічної розвідки (SIGINT);

датчики РХБ розвідки та виявлення вибухових пристроїв (CBRNE);

2) обладнання для ретрансляції зв'язку;

3) засоби ураження/ придушення (смертельної та несмертельної дії);

4) різноманітні вантажі.

При визначенні (виборі) варіантів компоновки модулів корисного навантаження враховуються їх технічні характеристики, переваги і недоліки, а також умови виконання розвідувальних або інших завдань за призначенням (погода, місцевість, протидія противника, час доби і пора року та інші фактори).

Як підсумок вищезазначеного зазначимо, що система автоматизованого управління польотом і корисним навантаженням ТБПЛА відіграє надзвичайно важливу роль у забезпеченні автономного (керованого) польоту тактичного безпілотного ЛА за визначеною траєкторією на заданій висоті із заданою швидкістю, виведення у визначений район і виконання поставлених завдань згідно з передпольотним планом та змінами до нього у процесі його реалізації. Також однією з основних функцій САУ є керування роботою корисного навантаження та передачею (поширенням) відповідної інформації на наземний пункт управління та до її споживачів. Вищезазначена система забезпечує можливість оператора керувати польотом БПЛА та його корисним навантаженням у ручному режимі зі стандартного пульта дистанційного управління, в автоматичному – за сигналами підсистем САУ та у напівавтоматичному – за командами оператора.

САУ тактичного безпілотного літального апарата являє собою складну, багаторівневу комплексну систему, яка включає (рис. 3):

бортовий обчислювальний комплекс;

навігаційний комплекс;

систему управління польотом БПЛА;

систему зв'язку;

апаратуру інформаційного обміну та інші складові, необхідні для функціонування БПЛА.

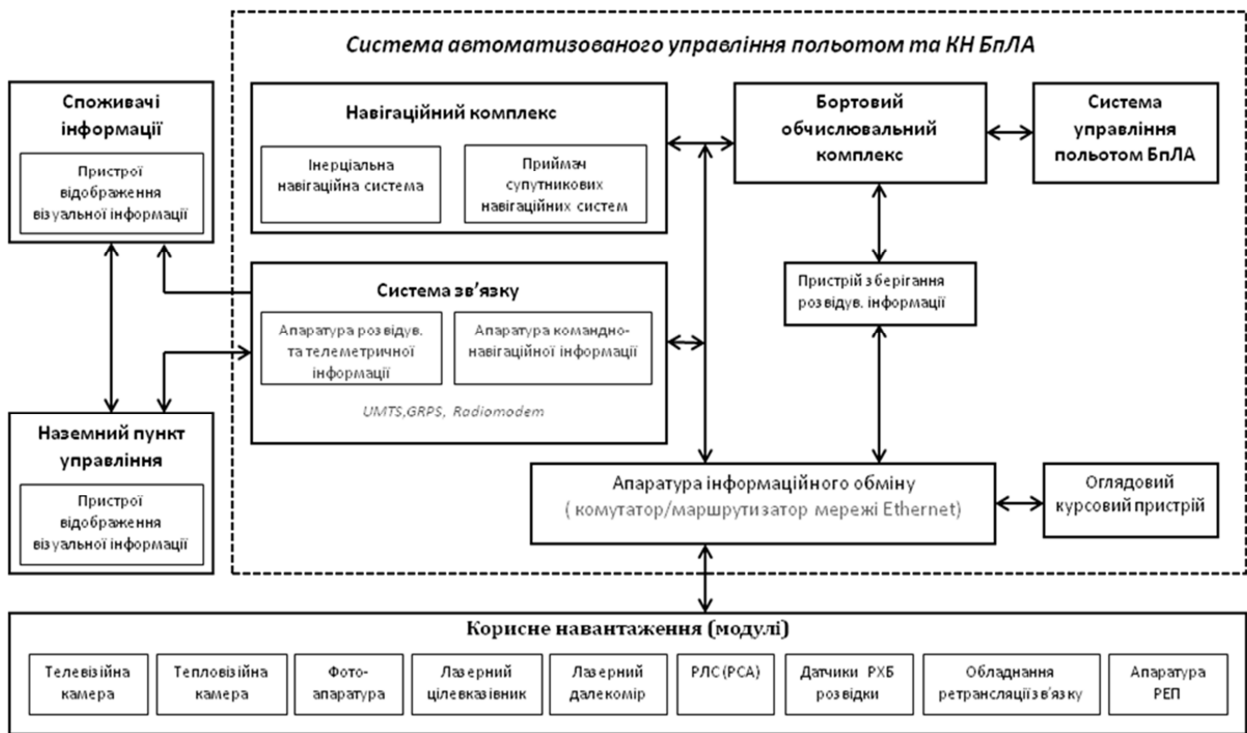


Рис. 3. Функціональна структура системи автоматизованого управління польотом і корисним навантаженням тактичного БпЛА

↔ – двосторонній зв'язок; → – односторонній зв'язок

1. Бортовий обчислювальний комплекс (БОК) – це сукупність інформаційно взаємозв'язаних апаратно-програмних засобів передачі, зберігання і переробки інформації, які призначені для перетворення вхідних даних у вихідні, збору та обробки інформації вимірювальних підсистем комплексу відповідно до визначених завдань функціонування.

Архітектура сучасних БОК являє собою багаторівневу, ієрархічну та неоднорідну обчислювальну систему. На нижньому рівні ієрархії використовуються спеціалізовані обчислювачі, які забезпечують первинну обробку інформації від одного або групи однорідних датчиків. На середньому рівні ієрархії застосовуються більш потужні універсальні цифрові системи, які вирішують основні функціональні завдання на основі комплексної обробки інформації від датчиків. На верхньому рівні ієрархії використовуються, як правило, універсальні цифрові системи, які призначені для вирішення завдань управління, контролю, індикації та зв'язку.

Бортовий обчислювальний комплекс повинен вирішувати завдання навігації, орієнтації і векторної гравіметрії, оптимальної оцінки різних параметрів і їх корекції, а також завдання опитування датчиків та систем, запису масивів вихідної інформації в пам'ять, забезпечення функціонування системи індикації і контролю стану периферійних пристроїв, самоконтролю тощо.

Сьогодні широкого поширення набув підхід до побудови малорозмірних бортових обчислювальних комплексів на основі застосування мікроконтролерів, що функціонують під управлінням операційних систем реального часу.

2. Навігаційний комплекс ТБпЛА являє собою інтегровану систему, яка здійснює обробку навігаційної інформації, що надходить від інерціальної системи (ІНС, інерціальна компонента) та приймача супутникової радіо-навігаційної системи (СРНС, супутникова компонента).

Ключовим елементом САУ щодо забезпечення автономності її функціонування є інерціальна компонента. Це, як правило, безплатформна інерціальна навігаційна система (БІНС), яка виконує функцію визначення положення БпЛА у просторі і має у своєму складі інерціальні датчики, барометричний висотомір та тривісний магнітометр, і після порівняння даних від вищезазначених датчиків з даними приймача СРНС система виробляє повне навігаційне рішення за координатами і кутами орієнтації.

Супутникова компонента забезпечує визначення координат БпЛА та об'єктів розвідки за сигналами глобальної супутникової навігаційної системи (GPS/ГЛОНАСС), а також визначення курсового кута БпЛА.

3. Система зв'язку призначена для забезпечення стійкого зв'язку між персоналом наземного пункту управління та споживачами інформації з тактичним БпЛА.

Основними елементами системи зв'язку ТБПЛА є:

3.1. Апаратура розвідувальної і телеметричної інформації (передавач і антенно-фідерний пристрій). Призначена для передачі розвідувальної та телеметричної інформації у реальному масштабі часу на наземний пункт управління та розповсюдження її у межах радіовидимості.

3.2. Апаратура командно-навігаційної інформації (приймач і антенно-фідерний пристрій). Призначена для приймання команд керування польотом ТБПЛА і його корисним навантаженням.

Для підтримання зв'язку на значних відстанях і підвищення завадозахищеності як на тактичному БПЛА, так і на наземному пункті управління БПАК використовуються гостронаправлені антенні системи.

4. Апаратура інформаційного обміну забезпечує комутацію, проходження та маршрутизацію інформаційних потоків між складовими та елементами бортового і цільового обладнання БПАК, у т.ч. розподіл інформації між бортовими датчиками збору інформації, передавачем радіолінії розвідувальної інформації і пристроєм її зберігання.

Ввід польотного завдання і передстартовий контроль функціонування основних вузлів і систем ТБПЛА здійснюються перед його злетом через зовнішній порт даної апаратури.

5. Пристрій зберігання розвідувальної інформації призначений для накопичування інформації з моменту злету і до моменту приземлення ТБПЛА. Цей пристрій може бути знімним або вбудованим. Інформація, яка зчитується з нього, дозволяє проводити більш детальний аналіз інформації, що отримується датчиками ТБПЛА під час виконання польотних завдань.

6. Оглядовий курсовий пристрій (ОКП) призначений для візуального контролю процесу управління польотом БПЛА і забезпечує необхідну зону охоплення місцевості, над якою він пролітає. Інформація, яка отримується від оглядового курсового пристрою, передається оператору БПЛА (оператору корисного навантаження) та використовується для керування польотом літального апарата та роботою корисного навантаження.

До складу ОКП входить телевізійна камера з ширококутовим об'єктивом, яка у залежності від завдань може бути замінена або доповнена тепловізійною камерою, цифровим фотоапаратом чи РЛС.

Основними вимогами, які висуваються до САУ БПЛА, є [3, 6-11]:

низька вартість;

мініатюризація (мінімізація маси та габаритних характеристик);

зниження енергоспоживання;

забезпечення автоматизованого виконання польоту БПЛА, стабілізації кутів орієнтації та слідування заданій траєкторії у всіх режимах управління на всіх етапах

польоту, зокрема при злеті, наборі висоти, зниженні та приземленні;

забезпечення можливості операторам дистанційно переходити від ручного до автоматичного режиму управління БПЛА (корисним навантаженням) та навпаки;

програма автоматизованого управління БПЛА протягом його польоту може змінюватися персоналом наземного пункту управління;

використання недорогих, комерційно доступних технічних засобів та обладнання, а також власного (українського) інноваційного програмного забезпечення;

збільшення обсягу пам'яті центральної обчислювальної системи, необхідного для накопичення вимірювальної інформації;

варіанти компоновки модулів корисного навантаження повинні гарантувати виконання завдань за призначенням у складних умовах експлуатації, зокрема при різких змінах температурних режимів;

підвищення завадостійкості тощо.

Висновки

1. Застосування ТБПАК для ведення повітряної розвідки під час збройних конфліктів останніх десятиріч суттєво підвищило можливості систем розвідки провідних країн світу щодо здобування своєчасної, точної та достовірної розвідувальної інформації, отримання інформаційної переваги.

2. Основною проблемою залишається забезпечення стійкого, безперервного, оперативного та прихованого управління бортовим обладнанням та корисним навантаженням ТБПЛА у різних умовах (погода, місцевість, радіоперешкоди, протидія противника тощо).

3. Використання САУ на ТБПЛА дозволяє забезпечити виконання завдань за призначенням на значній відстані від місця базування, покращити можливості щодо бойового застосування ТБПАК, а також мінімізувати час підготовки персоналу, який експлуатує зазначені комплекси.

4. Одним з пріоритетних завдань при створенні перспективних ТБПАК слід вважати розробку більш досконалих систем автоматизованого управління, які покращать безпеку польотів, зменшать втрати БПЛА та забезпечать ефективне застосування їх корисного навантаження.

5. Запропоновано загальну структуру системи автоматизованого управління ТБПЛА.

6. Визначено склад та основні завдання бортового обладнання та корисного навантаження ТБПЛА.

7. Розглянуто можливі варіанти компоновки корисного навантаження ТБПЛА (модульної побудови) при виконанні завдань за призначенням.

8. Запропонована САУ ТБПЛА враховує типові завдання, які повинні виконувати ТБПАК в інтересах Сухопутних військ, та можливості оборонного комплексу України.

Список літератури

1. Мосов С.П. Беспилотная разведывательная авиация стран мира: история создания, опыт боевого применения, современное состояние, перспективы развития: Монография. – К.: Изд. дом. “Румб”, 2008. – 160 с.
2. Артюшин Л.М., Мосов С.П. Застосування сил і засобів повітряної розвідки наземного противника у сучасних операціях і воєнних конфліктах // ТА. – 2000. – № 24. – С. 76-80.
3. Управление и наведение беспилотных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / Под редакцией М.Н. Красильщикова и Г.Г. Серебрякова. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 280 с.
4. Харченко О.В., Кулешин В.В., Коцуренко Ю.В. Класифікація та тенденції створення безпілотних літальних апаратів військового призначення // Наука і оборона, 2005. – №1. – С. 57-60.
5. U.S. Army Field Manual Interim (FMI) 3-04.155– Department of the Army. – Washington, DC, April, 183 p. <https://www.fas.org/irp/doddir/army/fmi3-04-155.pdf>.
6. Eyes of the Army. The Army Roadmap for UAS 2010-2035. 140 p. <http://www-rucker.army.mil/usaace/uas>.
7. M.L. Cummings, I S. Bruni, S. Mercier, and P.J. Mitchell. Automation Architecture for Single Operator, Multiple UAV

Command and Control [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.dodccrp.org/files/>.

8. Kemaο Penga, Guowei Cai b, Ben M. Chenb, Miaobo Dongb, Kai Yew Luma,b, Tong H. Lee. Design and implementation of an autonomous flight control law for a UAV helicopter [Електронний ресурс] Режим доступу: [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://vlab.ee.nus.edu.sg/>.
9. HaiYang Chao, YongCan Cao, and YangQuan Chen. Autopilots for Small Unmanned Aerial Vehicles: A Survey. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://mechatronics.ece.usu.edu/yqchen/>.
10. David H. Shim, H. Jin Kim, and Shankar Sastry. A Flight Control System for Aerial Robots: algorithms and experiments. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://robotics.eecs.berkeley.edu/>.
11. I.H.Johansen. Autopilot Design for Unmanned Aerial Vehicles. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.diva-portal.org/smash/>.

Рецензент: д.т.н., проф. Б.Ю. Волочій, Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

Система автоматизированного управления полетом и полезной нагрузкой тактических беспилотных летательных аппаратов

П.П. Ткачук, Ю.П.Сальник, Ю.М.Пашук, І.В.Матала

Проведен анализ современных систем управления тактическими беспилотными летательными аппаратами (БпЛА) ведущих стран мира. Рассматривается состав и назначение бортового оборудования и полезной нагрузки тактических БпЛА. Определены основные требования, которые предъявляются к САУ БпЛА, возможные варианты компоновки полезной нагрузки модульного построения. Предложенная САУ ТБпЛА учитывает типичные задания, которые должны выполнять беспилотные авиационные комплексы в интересах Сухопутных войск, а также возможности оборонного комплекса Украины.

Ключевые слова: беспилотный авиационный комплекс, беспилотный летательный аппарат, система автоматизированного управления, полезная нагрузка.

Automated control system of tactical uav mission and payload

P. Tkachuk, Y.Salnyk, Y.Pashchuk, I.Matala

This paper describes the advanced automated control systems of tactical unmanned aerial vehicles (TUAV). It reveals composition and purpose of airborne equipment and payload of tactical UAV for the Ukrainian Army. Also the article provides the main requirements to automated control systems of TUAV and design of variants of interchangeable payload modules packaging. The offered control system structure is developed on the basis of typical tasks, which have to be executed by TUAV, and the Ukrainian defense-industrial sector possibilities.

Key words: unmanned aircraft system, unmanned aerial vehicle, automated control system, payload.