

РОЗРОБЛЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБТ

УДК 629.7.01

В.М. Алексєєв, О.В. Корольова

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ПАРАШУТНІ СИСТЕМИ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Розглянуто типи та особливості парашутних систем, що можуть бути застосовані для безпечного приземлення безпілотних літальних апаратів в аварійній ситуації або їх безпечного приземлення парашутним способом після виконання польотного завдання.

Ключові слова: парашутна система, безпілотний літальний апарат.

Постановка проблеми

Вивчення досвіду застосування БпЛА в ході проведення АТО свідчить, що з'єднання та частини Збройних Сил України, зокрема Сухопутних військ, повинні мати у своєму складі підрозділи БпАК для оперативного отримання розвідувальних даних про противника.

Розмаїття варіантів БпЛА, їх економічність, маневреність дає підстави застосовувати БпЛА в багатьох сферах діяльності. Зокрема, розглядати їх як один з найважливіших видів повітряної розвідки, використання яких дає можливість без ризику для життя своєчасно отримувати розвідувальну інформацію про противника для подальшого планування бойових дій. Так тактичні БпЛА застосовуються для спостереження за полем бою, виявлення цілей, виконують завдання щодо корегування та цілевказання артилерійського вогню тощо.

Із застосуванням на них високовартісного обладнання та корисного навантаження (фото, відео, навігаційного тощо) виникає гостра потреба збереження не тільки БпЛА, але й апаратури разом з інформацією.

Вартість БпЛА в залежності від типу та оснащення може сягати багатьох сотень доларів, тисяч, а іноді і мільйонів доларів США. На нашу думку, основним критерієм, який виходить на перший план, постає збереження апаратури при аварійній ситуації, наприклад, відмова двигуна, апаратури навігації, апаратури управління тощо. Загалом будь-яка відмова призводить до вимушеної посадки. При виникненні будь-якого особливого випадку у польоті передбачити поведінку літального апарата не завжди є можливим. Безпечну посадку в особливих випадках за певних умов може забезпечити лише парашут, який автоматично приводиться в дію спеціальним електронним пристроєм. Цей пристрій самостійно відстежує різкі неконтрольовані збільшення вертикальної швидкості зниження. Після торкання землі парашут повинен автоматично відчіплюватися для уникнення можливого волочіння при сильному вітрі по землі.

Парашут може забезпечити безпечне зниження та приземлення об'єкта від 1 кг (іноді й менше) до декількох тонн. При цьому введення в дію парашута можна забезпечити на швидкостях від 3–5 м/с до 1000 м/с.

Такий широкий діапазон швидкостей та маси об'єктів потребує розробки різноманітних конструкцій парашутних систем (ПС) та способів введення в дію. При введенні в дію ПС повинна забезпечити допустимі навантаження для об'єкта (БпЛА) та його безпечне приземлення.

Аналіз відкритих джерел

Інформація свідчить про увагу відповідних фахівців до удосконалення ПС, зокрема, визначення типів ПС, визначення розмірів ПС та забезпечення безпечного приземлення БпЛА при застосуванні парашутних систем після розкриття парашута.

Парашут – це пристрій для гальмування і переміщення у вертикальній площині з безпечною швидкістю об'єкта, що знижується. Виготовляються такі вироби з тканин, ламінатів, стрічок і шнурів, які за міцністю наближені до металів, але істотно легші за традиційні конструкційні матеріали з еластичних текстильних матеріалів. Всі елементи конструкції парашута працюють тільки на розтягування.

Саме тому завдання розкриття парашутів (а отже, і завдання розгортання інших м'якооболонкових конструкцій) до цього часу вирішуються напівемпіричними методами. Це видно з аналізу розрахункових методів, що застосовуються в інженерній практиці парашутобудування. М'якооболонкові конструкції є перспективним типом технічних виробів, які знаходять нове широке застосування в інженерній практиці, що активно розвивається. Комплекс, що складається з одного або декількох парашутів (витяжного, гальмівного основного) і комплекту пристроїв, необхідних для його функціонування (чохла, ранця, ланок тощо), утворює парашутну систему (ПС). Інші динамічні завдання парашутобудування, зокрема коливальні

режими, дія на м'якооболонкову конструкцію аеродинамічних сил також являють значні складнощі в традиційній постановці.

Метою статті є пошук шляхів удосконалення існуючих та створення нових парашутних систем для безпілотних літальних апаратів.

Виклад основного матеріалу

Виходячи з того, що безперервний процес взаємодії парашута з потоком повітря врівноважується аеродинамічними силами, силу опору повітря в напрямку, протилежному руху парашута, називають лобовим опором парашута і обчислюють за формулою

$$F = C_n S \frac{\rho V_g^2}{2},$$

де F – сила лобового опору;

C_n – коефіцієнт лобового опору парашута;

S – площа парашута;

V_g – вертикальна швидкість руху, м/с;

ρ – щільність повітря.

При цьому слід враховувати, що в реальності коефіцієнт опору парашута, окрім форми купола, залежить від природи волокна і повітропроникності тканини, кількості і довжини стропів, від полюсного отвору або клапанів та ряду інших факторів. Для куполів круглої форми C_n змінюється в межах 0,6–0,8, для куполів квадратної форми – $C_n = 0,8$ –1,0. Ще більше значення C_n буде у парашутів круглої форми з втягнутою вершиною або у формі втягнутого прямокутника і буде дорівнювати $\sim 1,5$. Тому застосування ПС для БпЛА круглої форми або крилових дозволить зменшити масу та укладальний об'єм парашутів.

При вертикальному зниженні обтікання повітрям купола парашута відбувається знизу догори, його швидкість V_v дорівнює швидкості зниження. Якщо купол парашута буде мати горизонтальну швидкість V_r , то обтікання повітрям буде спереду і знизу (рис. 1), за рахунок чого вертикальна швидкість суттєво зменшиться.

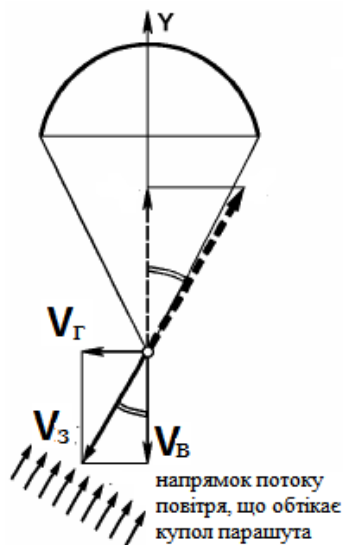


Рис. 1. Обтікання купола парашута при горизонтальному переміщенні відносно повітря

На практиці парашути розрізняють за формою розкрою та формою, яку він приймає в повітрі. Форма розкрою визначається конструкцією парашута і креслярською документацією. Форма, яку парашут приймає в потоці, формується і існує в умовах надмірного тиску, що діє на купол, при цьому між формою, режимом польоту, характером і рівнем навантаження парашута є залежність.

Якщо формі купола парашута властива осьова симетрія обертання, то і робочій формі, яку парашут приймає в потоці, також властива осьова симетрія обертання. Таким парашутом притаманна хороша стійкість форми в потоці. Наприклад, парашуту з формою купола у вигляді кола (рис. 2 а), або у вигляді правильного багатокутника властива в потоці осьова симетрія n -го порядку (n – число стропів парашута). Парашутом з формою купола у вигляді квадрата (рис. 2 б), хреста (рис. 2 в) властива в потоці осьова симетрія 4-го або 2-го порядку. Парашути, у яких форма розкрою купола властива площині дзеркальної симетрії, і в потоці мають форму, що властива дзеркальній симетрії. Швидкість зниження таких парашутів буде дещо меншою.

В даний час широко використовуються гнучкі системи типу парашутів-крил, що розкриваються (розгортаються) у польоті (див. рис. 2 а і 2 б). На відміну від традиційних парашутів парашути-крила проектується за літаковим принципом: отримання певної аеродинамічної якості. Це забезпечує додаткову можливість маневрування і управління при русі об'єкта на траєкторії зниження.

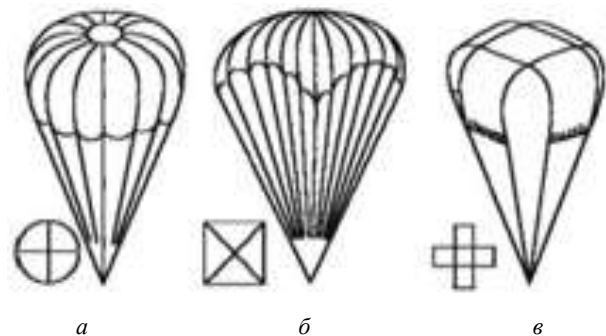


Рис. 2. Форма розкритих парашутів в потоці:

а – вісьсиметричний парашут; б – парашут з куполом квадратної форми; в – парашут з куполом хрестоподібної форми

На рис. 3 а представлений наповнений однооболонковий парашут-крило. Можливі різні конструкції таких парашутів. Аеродинамічна якість однооболонкового парашута-крила сягає 1,5-2. Зовнішні і внутрішні стропи лівої та правої половин купола такого парашута можуть бути зведені в різні коуші.

Відзначимо, що представлені на рисунку 3 типи парашутів проектується, виходячи з умови забезпечення максимального аеродинамічного опору при мінімальній масі конструкції, що особливо важливим є для БпЛА з огляду на його малу масу.

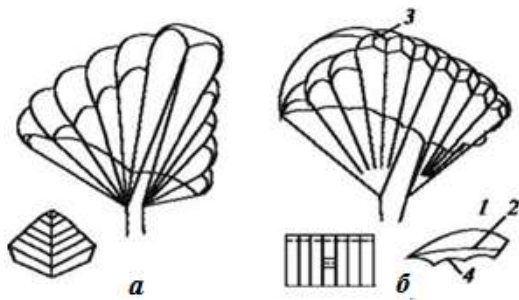


Рис. 3. Форма парашутів дзеркальної симетрії в потоці:
а – однооболонковий парашут-крило;
б – двооболонковий парашут-крило

Верхня 1 і нижня 2 оболонки купола двооболонкового парашута-крила (рис. 3 б) є в розкрій прямокутниками, які зшиваються один з одним по задній кромці по відношенню до вектора швидкості потоку, який набігає. Нервюри 3 мають аеродинамічний профіль. При цьому геометричні розміри верхнього і нижнього обводів нервюр пов'язані з геометричними розмірами прямокутних у плані верхньої і нижньої оболонки. Нервюри розташовуються між верхньою і нижньою оболонками купола з рівним кроком. Як на верхній, так і на нижній оболонках купола є підсилювальні стрічки поздовжнього і поперекового каркасів. Стропи парашута кріпляться безпосередньо або за допомогою тканинних косинок 4 або підсилювальних стрічок до нервюр. Вільні кінці стропів приєднуються до двох вільних кінців підвісної системи. Порожнина між полотнищами розділена перемичками на сектори, що заповнюються у польоті повітрям. До бічних нервюр купола можуть додатково кріпитися так звані стабілізуювальні поверхні.

Куполи парашутів, яким властива в потоці осьова симетрія, виготовляються, як правило, з повітропроникної тканини; однооболонковий планерувальний парашут і верхнє полотнище двооболонкового парашута – з непроникної тканини, а нижнє полотнище двооболонкового парашута – з помірно повітропроникної тканини.

На рисунках 2, 3 наведені типові форми і конструкції сучасних парашутів. Проте це – не вся можлива різноманітність форм і конструкцій ПС, що можуть застосовуватися для БпЛА.

Розрізняють одноступеневі, двоступеневі і багатоступеневі парашутні системи. Для одноступеневої парашутної системи режими за швидкістю і висотою у момент введення її в дію такі, що навантаження, які виникають, не перевищують допустимі, як для об'єкта, так і для парашута. Такі системи з прямим введенням в дію основного парашута, на якому відбувається приземлення БпЛА, є найбільш простими за схемою дії. Проте в більшості випадків, використовуючи одноступеневу парашутну систему, не завжди вдається виконати вимоги технічного завдання щодо маси системи, її об'єму в укладеному стані, значення допустимих навантажень, що діють на об'єкт тощо. Доводиться проектувати дво- і тріступеневі системи. В цьому випадку кожен попередній ступінь повинен загальмувати і (або) стабілізувати об'єкт (парашутиста), тобто забезпечити умови, прийнятні для спрацювання наступного ступеня ПС.

Процес введення в дію парашутної системи будь-якого ступеня може здійснюватися за допомогою витяжної ланки, кришки, що відстрілюється від парашута попереднього ступеня, тощо. Перший етап процесу введення парашута в дію закінчується витягуванням його на повну довжину. Далі йде етап розкриття парашута. Він може бути безперервним. Але часто для зменшення аеродинамічних навантажень, що діють на парашут у процесі розкриття, за допомогою тих або інших конструктивних рішень (наприклад, рифлення) здійснюють штучне переривання процесу розкриття, чим створюється утримувана певний час проміжна форма купола, тобто зарифлений стан парашута. Такі ПС можуть застосовуватися для БпЛА, які мають великі швидкості та достатньо велику масу. Загалом процес розкриття можна послідовно переривати декілька разів.

У зарифленому стані парашут може перебувати різні проміжки часу. Після досягнення допустимої умови міцності парашута і об'єкта швидкості зниження здійснюється розрифлення, подальше розкриття парашута і повне його наповнення до стійкої форми. Після завершення процесу розкриття об'єкт гальмується до виходу на необхідну швидкість зниження та забезпечення безпечного приземлення БпЛА.

З використанням парашутів, яким властива в потоці осьова симетрія, вирішують завдання гальмування об'єкта в просторі і стабілізацію його руху на траєкторії зниження. Суттєво впливати на саму траєкторію зниження за допомогою таких парашутів не вдається. За допомогою ж парашутів-крил вирішують як завдання гальмування і стабілізації руху об'єкта, так і завдання, що пов'язані з формуванням необхідної траєкторії руху системи об'єкт-парашут.

Висновки

Актуальним завданням залишається пошук нових шляхів покращення безпечності БпЛА під час аварійної ситуації, зокрема, за рахунок удосконалення існуючих способів застосування ПС, визначення розмірів та застосування сучасних матеріалів ПС.

Застосування сучасних матеріалів у виготовленні ПС дозволить збільшити корисне навантаження, зменшити масогабаритні розміри парашутних систем (парашутів) для використання на БпЛА.

Список літератури

1. Алексєєв В.М., Бабак В.І., Матала І.В., Онищенко В.А., Сальник Ю.П., Пащковський В.В. *Людські парашутні системи: Навчальний посібник.* – Львів: АСВ, 2012. – С. 96–120.
2. Лобанов Н.А. *Основы расчета и конструирования парашютов.* – М.: Издательство „Машиностроение“, 1965.
3. Бугримов А.Л., Васильченко А.Г., Леонов С.В. *Методы инженерного расчета и математического моделирования работы парашютов (МГОУ) 105005.* – Москва: НИИ парашютоострoения.
4. Стариков Ю.Н., Коврижных Е.Н. *Основы аэродинамики летательного аппарата: Учеб. пособие.* – Ульяновск: УВАУ ГА, 2004.

Рецензент: д.т.н., проф. Б.Ю. Волочій, провідний науковий співробітник НЦ СВ Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів.

ПАРАШЮТНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В.М. Алексеев, О.В. Королёва

Рассмотрены типы и особенности парашютных систем, которые могут быть использованы для безопасного приземления беспилотных летательных аппаратов в аварийной ситуации или их безопасного приземления парашютным способом после завершения полетного задания.

Ключевые слова: парашютная система, беспилотный летательный аппарат.

PARACHUTE SYSTEMS FOR UNMANNED AERIAL VEHICLES

V. Alekseev, O. Korolova

The types and characteristics of parachute systems, which can be used for the safe landing of unmanned aerial vehicles in an emergency or safe landing parachute after the flight mission.

Key words: parachute system, unmanned aerial vehicle.

УДК 621.317:681.3

Р.О. Беляков

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Державного університету телекомунікацій, Київ

АНАЛІЗ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ДІАГРАМОЮ НАПРАВЛЕНОСТІ АКТИВНИХ ФАЗОВАНИХ АНТЕННИХ РЕШІТОК

У статті представлено результати аналізу систем автоматичного керування діаграмою направленості активних фазованих антенних решіток. Обґрунтовано доцільність побудови модулів активних фазованих антенних решіток з урахуванням умов мінімізації середньоквадратичних помилок системи керування діаграмою направленості. Автор підкреслює актуальність застосування запропонованого методу оцінки показників якості системи керування діаграмою направленості.

Ключові слова: активна фазована антенна решітка, середньоквадратична помилка.

Актуальність теми

Показники якості радіоелектронних систем значною мірою залежать від властивостей конструктивно-електричних параметрів антенно-фідерних пристроїв. Високі обсяги використання в перспективних радіотехнічних комплексах різного призначення (Повітряні сили, Військово-Морські сили) складних систем фазованих антенних решіток (ФАР) та активних фазованих антенних решіток (АФАР) обумовлюють необхідність проектування систем автоматичного керування цих систем. Ключовою особливістю фазованих антенних решіток є формування заданої діаграми направленості при швидкому скануванні одночасно в широкому спектрі частот [11], тому ФАР та АФАР широко використовуються у сучасних системах мобільного, супутникового та транкінгового зв'язку.

У звичайних (пасивних) ФАР джерелом живлення для сотень елементів, на виході яких десятки ват потужності, є один передавач потужністю декілька кіловат.

В той же час в радарі з АФАР декілька сотень модулів потужністю в десятки ват кожен складають в цілому потужний промінь в декілька кіловат [4].

Активні ФАР надійніші у зв'язку з тим, що відмова одного з модулів дещо викривлює діаграму направленості антени, що деякою мірою погіршує характеристики локатора, але в цілому він не втрачає своєї працездатності, на відміну від локаторів на пасивних ФАР [2, 15], вихід підсилювальної лампи якого повністю виводить всю систему з ладу.

Аналіз публікацій

Питання розробки АФАР досліджують такі науковці, як Іванов О.І., Корнев Г.І., Цивільов С.В., Кортнев В.П., Захаров Ю.В., Французов А.Д. Над питаннями динамічної точності систем автоматичного керування працював засновник наукової школи в області систем швидкодії систем автоматичного керування Зайцев Г.Ф., а також Гостев В.І., Попов Є.П. Основні