

УДК 623.74**П. В. Опенько,**

кандидат технічних наук, начальник науково-дослідної лабораторії інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського, полковник,

В. В. Ткачов,

кандидат військових наук, професор, провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського,

В. В. Кобзєв,

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного відділу Наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, підполковник,

В. А. Васильєв,

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідної лабораторії науково-дослідного відділу Наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, підполковник

Застосування безпілотних літальних апаратів для контролю параметрів радіолокаційних засобів зенітних ракетних комплексів

У статті розглянуті питання вдосконалення засобів технічного діагностування радіолокаційних засобів зенітних ракетних комплексів. Обґрунтована доцільність застосування безпілотних літальних апаратів для здешевлення перевірки на відповідність вимогам параметрів радіолокаційних засобів зенітних ракетних комплексів. Визначені основні вимоги до вирішуваних завдань, елементи, якими повинна бути дообладнана бортова апаратура безпілотного літального апарата, льотні характеристики й види траєкторій польоту безпілотного літального апарата для вирішення цих задач. Визначені додаткові задачі, до вирішення яких може бути залучений такий безпілотний апарат.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, зенітний ракетний комплекс, контроль параметрів.

© П. В. Опенько, В. В. Ткачов, В. В. Кобзєв, В. А. Васильєв, 2017

Досвід сучасних локальних воєнних конфліктів, зокрема антитерористичної операції на сході України, свідчить про те, що в зоні конфлікту може створюватися змішане угруповання зенітних ракетних військ (ЗРВ). До складу угруповання можуть входити зенітні ракетні дивізіони (батареї), які залучаються окремо, а не у складі військових частин ЗРВ. При цьому штатні ремонтні підрозділи військових частин ЗРВ можуть перебувати на значному віддаленні від бойових підрозділів. У такому випадку відновлення зразків техніки, які зазнали пошкоджень або перейшли в непрацездатний стан через експлуатаційні відмови, покладається в основному на обслуги зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) ЗРВ, котрі можуть оперувати лише засобами, що входять до складу відповідного зразка ОВТ ЗРВ.

Обмеженість кількості параметрів, контроль яких забезпечуються цими засобами, зумовлює потребу в розробці додаткового обладнання для проведення діагностування апаратури зразків ОВТ ЗРВ. До того ж у зенітних ракетних комплексах (ЗРК), що перебувають на озброєнні ЗРВ, рішення про відповідність низки характеристик вимогам приймається опосередковано. Тобто відповідність величин таких характеристик вимогам не може бути перевірена за допомогою штатних засобів контролю, а визначається непрямыми методами через контроль інших параметрів, які з ними пов'язані. Насамперед це стосується характеристик, пов'язаних із формуванням діаграми спрямованості антен та деяких граничних характеристик приймального пристрою. Наприклад, щодо першої групи характеристик це – правильність формування діаграми спрямованості антени (кутові координати, ширина, потужність сигналу), граничні кути відхилення променя, рівень бокових пелюстків тощо. Щодо другої групи характеристик це – гранична дальність виявлення (взяття на автосупроводження) цілі із заданою ефективною площею розсіювання, мінімальна радіальна швидкість цілі, при якій відбувається її зрив з автосупроводження квазібезперервним сигналом, тощо. Крім того, можливості перевірки стійкості систем завадозахисту радіолокаційних засобів ЗРК штатними засобами від завад різного типу та інтенсивності (наприклад завад, що відводять за швидкістю та (або) дальністю) дуже обмежені [1].

Особлива актуальність проведення перевірок таких характеристик виникає в разі відновлення працездатності радіолокаційних засобів ЗРК у випадку пошкоджень через бойові дії або після заміни окремих складових частин антенно-фідерної системи, особливо в польових умовах.

За часів Радянського Союзу комплексна перевірка працездатності радіолокаційних засобів ЗРК здійснювалася за допомогою методу обльоту позицій [2, 3]. Цей метод характеризується великими витратами на організацію польоту, витратою ресурсу літаків, складністю обробки результатів через значний обсяг потрібних вимірів та розрахунків. Сучасний досвід використання

безпілотних літальних апаратів (БпЛА) свідчить, що основна увага зосереджується на використанні їх як розвідувальних та ударних засобів. Утім, сучасний розвиток БпЛА показує, що поряд з бойовим використанням їх можна застосовувати і при проведенні контрольного обльоту [4, 5].

Отже, метою статті є обґрунтування доцільності використання БпЛА для контролю параметрів радіолокаційних засобів ЗРК та формування окремих вимог до нього.

Сучасний розвиток безпілотної авіації, систем управління БпЛА, систем навігації та визначення координат дає змогу здійснювати політ літальних апаратів за наперед заданою траєкторією або шляхом дистанційного керування [6, 7]. При цьому сукупна вартість організації такого польоту, яка включає вартість відповідного літального апарату, його обладнання, наземної станції управління (НСУ), завдяки застосуванню сучасних технологій упродовж останніх років суттєво знизилася. У свою чергу, при використанні пілотованих літальних апаратів для проведення обльотів ЗРК вартість залишається на попередньому рівні.

Таким чином, сформулюємо вимоги до складу бортової апаратури відповідно до потреби вирішення покладених на неї завдань. Бортова апаратура БпЛА, який доцільно використовувати для контролю параметрів радіолокаційних засобів ЗРК, повинна забезпечувати вирішення таких завдань:

1) автономний політ БпЛА по заданій (установленій) програмі з можливістю, в разі потреби, його корегування з НСУ або перехід на дистанційне управління;

2) вимірювання потужності сигналу, яким опромінюється БпЛА;

3) імітацію типових повітряних цілей, для боротьби з якими призначений ЗРК;

4) формування завад різного типу для перевірки стійкості систем завадозахисту радіолокаційних засобів ЗРК;

5) автономну реєстрацію з одночасним передаванням до НСУ таких характеристик: параметрів польоту, параметрів роботи апаратури при імітації повітряних цілей та формуванні завад.

Вирішення першого та частково п'ятого завдання забезпечуватиметься штатною бортовою апаратурою БпЛА, яку надалі вважатимемо бортовою апаратурою забезпечення польоту. Так, автономний політ БпЛА має охоплювати: автоматичні зліт, набір висоти, горизонтальний політ, зниження, розворот, пікірування, політ на малій (гранично малій) висоті та повернення до точки старту (посадку в установленому місці). Побудова маршруту автономного польоту (польотного завдання) БпЛА має забезпечуватися апаратурою НСУ за проміжними точками. Польотне завдання може бути змінене перед стартом, під час польоту або замінюватися на дистанційне управління з НСУ. Взаємодія БпЛА з НСУ забезпечуватиметься за допомогою штатних засобів зв'язку.

Для вирішення завдань, що залишилися, потрібно дообладнати БпЛА бортовою апаратурою забезпечення контролю параметрів.

Вимірювання потужності зондувального сигналу радіолокаційних засобів потрібне для визначення однорідності формування діаграми спрямованості радіолокаційних засобів ЗРК на різних кутових напрямках з метою діагностування якості функціонування систем управління променем фазованих антенних решіток.

Імітація ефективної відбиваючої поверхні (ЕВП) типових повітряних цілей повинна здійснюватися шляхом приймання, модуляції (підсилення) та ретрансляції зондувального сигналу радіолокаційних засобів ЗРК. Така «радіолокаційна імітація» параметрів цілі дасть змогу забезпечити зміну значень ЕВП, що формується, в діапазоні від 0,1 м² до 30 м² та здійснювати модуляцію сигналу відповідно до геометричних розмірів цілі, особливостей побудови її планера та турбінного ефекту, котрий нею створюватиметься [8]. Радіолокаційна імітація параметрів повітряної цілі повинна здійснюватись одночасно для радіолокаційних засобів різних типів ЗРК, які працюють в одному частотному діапазоні, що забезпечить можливість комплексного одночасного застосування одного БпЛА для контролю параметрів радіолокаційних засобів декількох ЗРК у складі угруповання ЗРВ [9].

Створення заводої обстановки має здійснюватися шляхом формування заводої сигналу, змішування його з підсиленням зондувальним сигналом радіолокаційних засобів ЗРК та подальшого випромінювання у простір. Таким способом можуть бути сформовані завади різних типів: шумова завада; завада, яка відводить по швидкості; завада, яка відводить по дальності, тощо.

Для практичної реалізації наведеного бортова апаратура забезпечення контролю параметрів повинна містити такі елементи (рис. 1):

- приймальний надвисокочастотний (НВЧ) модуль з низьким коефіцієнтом шуму;
- вимірювач потужності НВЧ сигналу;
- підсилювач НВЧ сигналу зі змінним коефіцієнтом підсилення;
- генератор шуму;
- керований генератор сигналів проміжної частоти;
- змішувачі частот (НВЧ + проміжна частота);
- керована лінія затримки НВЧ сигналу;
- передавальний НВЧ модуль;
- модуль управління;
- модуль реєстрації.

Управління елементами бортової апаратури забезпечення контролю параметрів та їх сумісне функціонування забезпечуються модулем управління. До кола його задач входять:

а) взаємодія з бортовою апаратурою забезпечення польоту в частині отримання команд управління від НСУ та передачі інформації про виміряні характеристики та режими функціонування бортової апаратури забезпечення контролю параметрів;

б) отримання від бортової апаратури забезпечення польоту інформації про поточні координати БпЛА та астрономічний час;

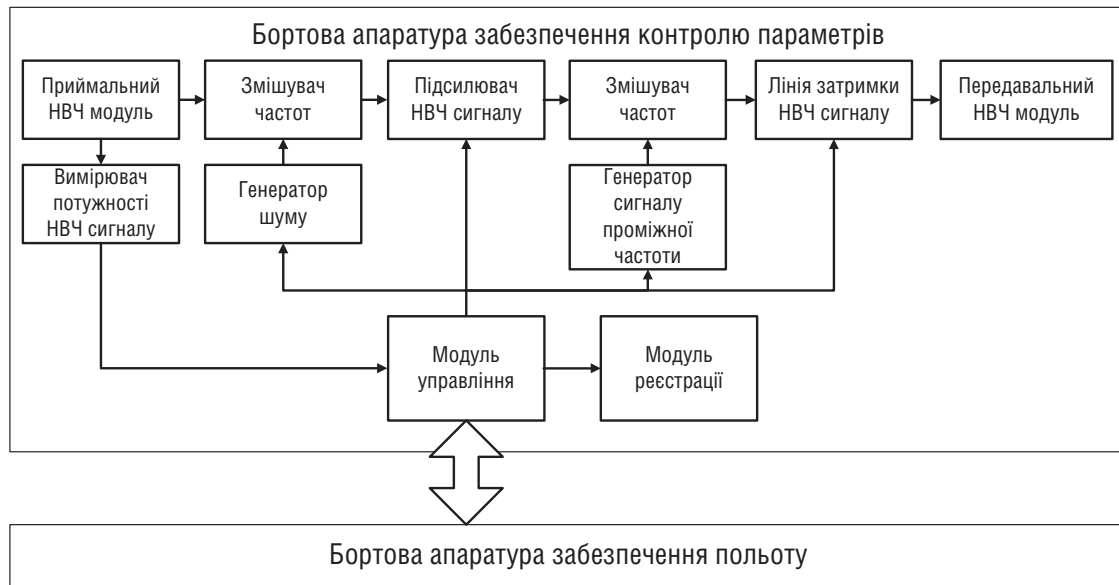


Рис. 1. Структурна схема бортової апаратури забезпечення контролю параметрів радіолокаційних засобів ЗРК

в) отримання від вимірювача потужності НВЧ сигналу інформації про величину сигналу опромінення в конкретній точці простору;

г) видача сигналів управління на елементи бортової апаратури забезпечення контролю параметрів:

1) сигналу ввімкнення – на генератор шуму;

2) величини коефіцієнта підсилення – на підсилювач НВЧ сигналу;

3) виду, характеристик сигналу (імітація радіолокаційного портрету цілі, завада, яка відводить по швидкості) – на генератор сигналу проміжної частоти;

4) величини часу затримки – на лінію затримки НВЧ сигналу;

д) транслявання інформації, яка циркулює через модуль управління, до модулю реєстрації.

Приймальний НВЧ модуль з низьким коефіцієнтом шуму призначений для перетворення просторового сигналу, яким опромінюється БпЛА, на електричні коливання з метою подальшої обробки. Далі цей сигнал надходить на вимірювач потужності, за допомогою якого оцінюється рівень сигналу опромінення, та змішувач частот, на другий вхід якого в разі потреби створення шумової завади може подаватися шумовий сигнал з генератора шуму. Вихід змішувача частот з'єднаний зі входом підсилювача НВЧ сигналу зі змінним коефіцієнтом підсилення, величина якого виставляється модулем управління. Це даватиме змогу формувати «відбитий сигнал» різного рівня або шумову заваду різної інтенсивності. Далі підсилений сигнал надходить на змішувач частот, другий вхід якого з'єднаний з керованим генератором сигналів проміжної частоти. З виходу цього генератора за командою модуля управління подаються складові «радіолокаційної імітації» різних типів цілей або доплерівська

завада, яка відводить по швидкості. З виходу змішувача частот сигнал надходить на керовану лінію затримки НВЧ сигналу, величина затримки на якій виставляється модулем управління. Це даватиме можливість формувати заваду, яка відводить по дальності. Вихід лінії затримки НВЧ сигналу з'єднаний з передавальним НВЧ модулем, який призначений для перетворення електричних коливань на просторовий сигнал для його випромінювання у простір.

Основні елементи бортової апаратури забезпечення контролю параметрів можуть бути такими:

- вимірювач потужності НВЧ сигналу – НМС 668 або аналог;
- підсилювач НВЧ сигналу зі змінним коефіцієнтом підсилення – НМС 996 або аналог;
- керований генератор сигналів проміжної частоти – AD9834 або аналог;
- змішувачі частот (НВЧ + проміжна частота) – НМС 1056 або аналог;
- керована лінія затримки НВЧ сигналу – 5021D-C11 або аналог.

Для ефективного вирішення завдань з контролю параметрів радіолокаційних засобів ЗРК БпЛА має відповідати таким льотним характеристикам:

- середня швидкість горизонтального польоту – не менш ніж 150 км/год;
- діапазон висот польоту – 50–2000 м;
- радіус польоту – не менше 50 км;
- тривалість польоту – не менше 0,5 год.

Апаратура НСУ повинна забезпечувати вирішення таких завдань:

- контроль технічного стану бортового обладнання БпЛА;

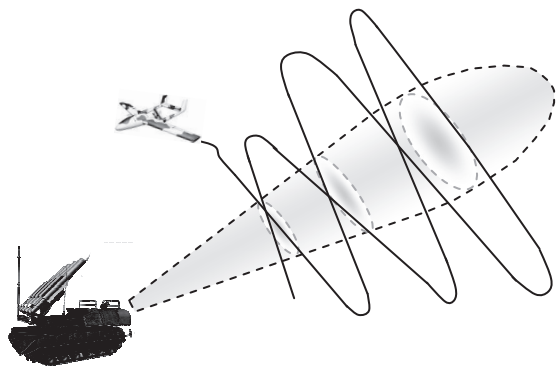


Рис. 2. Азимутальна проекція траєкторії БпЛА у вигляді зигзагу

- підготовку маршруту автономного польоту (польотного завдання) БпЛА за проміжними точками, його завантаження в бортове обладнання;

- керування польотом БпЛА;
- контроль автоматичного польоту БпЛА;
- прийом, відображення, реєстрацію інформації про параметри польоту, параметри роботи бортової апаратури при імітації типових повітряних цілей та формуванні завад.

Реальному обльоту радіолокаційних засобів ЗРК із використанням БпЛА передуватиме розробка програм і методик відповідних контрольних льотних випробувань, проте можна визначити деякі характерні особливості траєкторій для визначення параметрів радіолокаційних засобів ЗРК. У загальному випадку залежно від можливостей БпЛА щодо тривалості польоту такі траєкторії за азимутальними проекціями можуть бути розділені на дві групи [10]:

- траєкторії руху у вигляді зигзагу (рис. 2);
- траєкторії у вигляді петлеподібного руху з рівномірним еліптичним переміщенням по епіциклу, центр якого віддаляється (наближується) (рис. 3).

Першу групу траєкторій доцільно використовувати при малих значеннях тривалості польоту БпЛА. Траєкторія такого типу може бути як замкнутою (з поверненням БпЛА до точки старту), так і розімкнутою (з різними точками старту і посадки БпЛА).

Другу групу траєкторій доцільно використовувати при значних величинах тривалостей польоту БпЛА. Ці траєкторії також можуть бути замкнутими або розімкнутими.

Використання такого типу траєкторій дасть змогу проводити визначення таких характеристик радіолокаційних засобів ЗРК:

- рівень бокових пелюстків;
- точність супроводження цілей з малою («нульовою») радіальною швидкістю;
- мінімальна радіальна швидкість цілі, при якій відбувається її зрив з автосупроводження квазібезперервним сигналом;

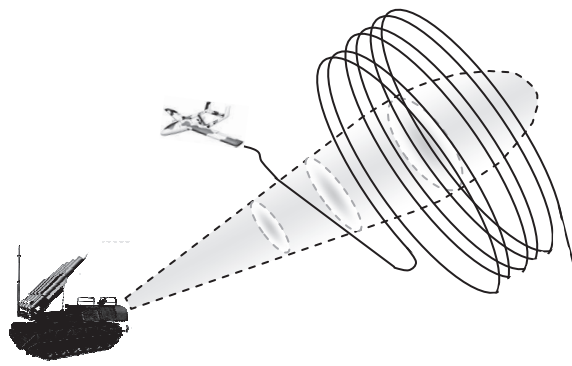


Рис. 3. Азимутальна проекція траєкторії БпЛА у вигляді петлеподібного руху

- параметри формування діаграми спрямованості антени (кутові координати, величина сигналу опромінення);

- точність визначення координат цілі;
- гранична дальність виявлення (взяття на автосупроводження) цілі із заданою ефективною площею розсіювання в умовах завад різного типу й інтенсивності;
- стійкість систем завадозахисту при автосупроводженні цілей в умовах завад різного типу й інтенсивності;
- граничні кути відхилення променя фазованих антенних решіток тощо.

Крім задач перевірки технічних характеристик антенно-фідерної системи, приймального тракту радіолокаційних засобів ЗРК, стійкості їхніх систем завадозахисту, такий БпЛА може використовуватися для вирішення інших задач, наприклад:

- визначення фактичних розмірів зони виявлення радіолокаційних засобів ЗРК для заданої позиції з урахуванням параметрів типових цілей (ЕВП, курсу й висоти польоту), впливу рельєфу місцевості, ліній електропередачі, будинків, лісових масивів та інших перешкод;
- проведення тренування бойових обслуг ЗРК при роботі по «контрольних» цілях, з довільною траєкторією їхнього польоту, в тому числі з огинанням рельєфу місцевості на малих та гранично малих висотах;
- використання БпЛА, що виробили встановлений ресурс, як мішеней для проведення навчально-бойових стрільб ЗРК та як хибних цілей під час ведення бойових дій для викриття системи зенітного ракетного прикриття противника тощо.

Таким чином, застосування безпілотних літальних апаратів дасть змогу проводити перевірку низки технічних характеристик радіолокаційних засобів ЗРК, заявлених в експлуатаційній документації, але неконтрольованих до цього прямими методами. Це підвищить ефективність технічного діагностування радіолокаційних засобів ЗРК, особливо після ремонту або отримання пошкоджень у результаті бойових дій. Крім того, суттєво можуть бути зменшені витрати на визначення фактичних розмірів зон виявлення радіолокаційних засобів

ЗРК, проведення комплексних тренувань бойових обслуг угруповань ЗРВ при роботі по «контрольних» цілях та при проведенні навчально-бойових стрільб, викриття системи зенітного ракетного прикриття противника.

Перелік літератури

1. *Опенько П. В., Дранник П. А., Кобзев В. В., Зубрицький Г. М.* Обґрунтування підходів щодо використання безпілотних літальних апаратів для контролю параметрів радіолокаційних засобів ЗРК / П. В. Опенько, П. А. Дранник, В. В. Кобзев, Г. М. Зубрицький // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2016. – № 1. – С. 82–86.
2. *Бердышев В. П.* Радиолокационные системы / В. П. Бердышев. – М. : Проспект, 2015. – 400 с.
3. *Толкачев А., Шишлов А.* Технологии радиолокации / А. Толкачев, А. Шишлов. – М. : Вече, 2010. – 153 с.
4. *Классен В., Просвіркин І., Левитан Б., Топичев С.* Изменение параметров излучения крупноапертурных антенн с помощью беспилотного летательного аппарата / В. Классен, И. Просвіркин, Б. Левитан, С. Топичев // Технологии и средства связи. – 2014. – № 1. – С. 60–65.
5. *Павлушенко М., Евстафьев Г., Макаренко И.* Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза

распространения и перспективы развития / М. Павлушенко, Г. Евстафьев, И. Макаренко. – М. : Права человека, 2005. – 612 с.

6. *Биард Р. У., МакЛэйн Т. У.* Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. – М. : Техносфера, 2015. – 312 с.
7. *Радецький В. Г.* Безпілотна авіація в сучасній збройній боротьбі: монографія / В. Г. Радецький, І. С. Руснак, Ю. Г. Даник. – К. : НАОУ, 2008. – 224 с.
8. *Артюшин Л. М., Куртсеітов Т. Л., Мірненко В. І., Сидорчук О. Л.* Можливості застосування протирадіолокаційних покриттів у антенних системах засобів озброєння та військової техніки з метою зменшення їх радіолокаційної помітності / Л. М. Артюшин, Т. Л. Куртсеітов, В. І. Мірненко, О. Л. Сидорчук // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2016. – № 2. – С. 104–109.
9. *Протидія безпілотним авіаційним комплексам : методичний посібник / В. В. Тюрін та ін.; за заг. ред. С. М. Салкуца.* – К. : НУОУ, 2016. – 28 с.
10. *Беспилотные летательные аппараты: Методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик / В. М. Ильюшко, М. М. Митрахович, А. В. Самков, В. И. Силков, О. В. Соловьев, В. И. Стрельников; под общ. ред. В. И. Силкова.* – К. : ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2009. – 302 с., ил.