

¹Павло Вікторович Опенько (канд. техн. наук)

¹Павло Анатолійович Дранник (канд. військ. наук, с.н.с.)

²Владислав Володимирович Кобзєв (канд. техн. наук, с.н.с.)

²Григорій Миколайович Зубрицький (канд. техн. наук, доцент)

¹Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

²Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДІВ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ЗРК

Викладено підхід до вирішення актуального завдання з оцінки технічного стану радіолокаційних засобів зенітних ракетних комплексів з метою прийняття обґрунтованого рішення щодо відповідності технічних характеристик окремих систем радіолокаційних засобів зенітних ракетних комплексів, наведених в експлуатаційній документації, але неконтрольованих прямими методами. Обґрунтована доцільність використання безпілотних літальних апаратів для здійснення комплексної перевірки працездатності радіолокаційних засобів зенітних ракетних комплексів. Визначені основні види траєкторій польоту безпілотного літального апарату для вирішення цієї задачі. Визначені додаткові задачі, до вирішення яких може бути залучений такий безпілотний апарат. Розглянуто основні вимоги до складу, вирішуваних завдань та льотних характеристик безпілотного авіаційного комплексу технічної перевірки радіолокаційних засобів зенітних ракетних комплексів.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат; зенітний ракетний комплекс; технічна перевірка.

Вступ

Постановка проблеми. Досвід вирішення завдань антитерористичної операції військовими частинами зенітних ракетних військ (ЗРВ) Повітряних Сил Збройних Сил (ЗС) України свідчить про необхідність проведення в стислі терміни оцінки технічного стану радіолокаційних засобів зенітних ракетних комплексів (ЗРК).

Характерною рисою існуючих на озброєнні ЗРВ Повітряних Сил ЗС України типів ЗРК є те, що 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 непрямими методами через контроль інших параметрів, які з ними пов'язані. Насамперед це стосується характеристик, пов'язаних з формуванням діаграми спрямованості антен та деяких граничних характеристик приймального пристрою.

Наприклад, щодо першої групи характеристик це – правильність формування діаграми спрямованості антени (кутові координати, ширина), граничні кути відхилення променю, рівень бокових пелюстків, тощо. В радіолокаційних засобах ЗРК з фазованою антенною решіткою (ФАР) можуть бути проконтрольовані правильність роботи цифрового обчислювача фаз (за допомогою тестової програми) та пристроїв управління фазообертачів (через вимірювання величин струмів запису, зчитування, “обнулення”). При відповідності

величин цих характеристик вимогам експлуатаційної документації приймається рішення, що діаграма спрямованості формується правильно. В радіолокаційних засобах ЗРК з дзеркальними антенами рішення про правильність формування діаграми спрямованості приймається у разі відсутності пошкоджень геометрії поверхні дзеркального відбивача.

Щодо другої групи характеристик це – гранична дальність виявлення (взяття на автосупроводження) цілі з заданою ефективною площею розсіювання; мінімальна радіальна швидкість цілі, при якій відбувається зрив з автосупроводження квазібезперервним сигналом, тощо. Рішення про відповідність таких характеристик вимогам також приймається опосередковано у разі проходження з позитивним результатом перевірок функціонального контролю приймальних пристроїв. Втім невідповідність параметрів контрольного сигналу заданим величинам (завищений рівень, зміна спектру) може призводити до прийняття помилкових рішень.

Особливу актуальність проведення перевірок таких характеристик набуває у разі відновлення працездатності засобів ЗРК у випадку пошкоджень або після заміни окремих складових частин антенно-фідерної системи, особливо в польових умовах.

Аналіз літератури. Подальший розвиток системи матеріально-технічного забезпечення ЗРВ з використанням інтелектуальних інформаційних технологій передбачає рішення ряду принципово

важливих задач, до яких відносяться вибір інформаційних характеристик виробів військового призначення, що дозволить забезпечити формування вихідних даних про об'єкти контролю із заданою достовірністю і точністю; розробка вимог до структури та програмно-інформаційного забезпечення засобів контролю та діагностики технічного стану виробів військового призначення системи технічного діагностування [1, 2].

Відомо, що за часів СРСР комплексна перевірка працездатності радіолокаційних засобів ЗРК з метою оцінки технічного стану виробу здійснювалась за допомогою об'їзду методом [3-5]. При цьому для антен, що формують складну діаграму спрямованості, визначались її горизонтальні перетини, для яких літак здійснював круговий обліт антени радіолокаційної станції на постійній для кожного проходу висоті. Цей метод характеризується великими витратами на організацію польоту, значним обсягом необхідних вимірів та розрахунків, складністю обробки результатів та значними організаційними труднощами. Проте сучасний досвід використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) свідчить, що наряду з бойовим використанням їх можна застосовувати й для проведення контрольного обльоту [6, 7].

Мета статті. Розробка підходів щодо використання БПЛА для контролю параметрів

радіолокаційних засобів ЗРК.

Виклад основного матеріалу дослідження

Сучасний розвиток безпіотної авіації, систем управління БПЛА, систем навігації та визначення координат дозволяє здійснювати політ літальних апаратів за наперед заданою або дистанційно керованою траєкторією. При цьому сукупна вартість організації такого польоту, яка включає вартість літального апарату, його обладнання, наземної станції управління, завдяки застосуванню сучасних технологій суттєво знизилася за останні роки. В свою чергу використання пілотованих літальних апаратів для проведення обльоту ЗРК не тільки залишається великовартісним, а й супроводжуватиметься витратою ресурсу літаків, парк яких не можна назвати великим.

Реальному обльоту ЗРК з використанням БПЛА передуватиме розробка програм і методик відповідних контрольних льотних випробувань, проте можна визначити деякі характерні особливості траєкторій для визначення параметрів радіолокаційних засобів ЗРК. В загальному випадку такі траєкторії можуть бути розділені на дві групи:

- траєкторії з круговим обльотом (рис. 1);
- траєкторії у вигляді зигзагу (рис. 2).

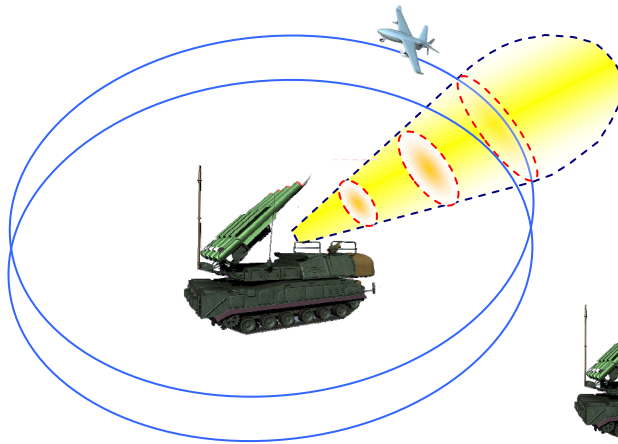


Рис. 1. Круговий обліт ЗРК

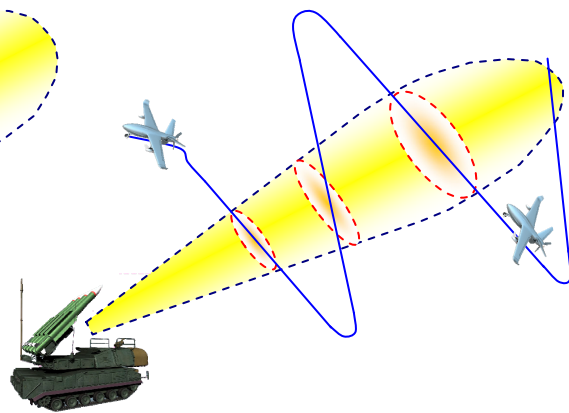


Рис. 2. Обліт ЗРК зигзагом

Перша група траєкторій застосовується при визначенні таких характеристик як рівень бокових пелюстків, точність супроводження цілей з малою ("нульовою") радіальною швидкістю, мінімальна радіальна швидкість цілі, при якій відбувається її зрив з автосупроводження квазібезперервним сигналом, тощо.

Друга група траєкторій може бути поділена на підгрупи:

- траєкторії у вигляді зигзагу у малому секторі;
- траєкторії у вигляді зигзагу у великому секторі.

Перша підгрупа траєкторій другої групи буде використовуватись при визначенні таких характеристик як параметри формування діаграми

спрямованості антени (кутові координати, ширина), точність визначення координат цілі, гранична дальність виявлення (або автосупроводження) цілі з заданою ефективною площею розсіювання, тощо.

Друга підгрупа траєкторій другої групи буде використовуватись, як правило, для радіолокаційних засобів ЗРК з ФАР при визначенні граничних кутів відхилення променю.

Крім задач перевірки технічних характеристик антенно-фідерної системи та приймального тракту радіолокаційних засобів ЗРК БПЛА може використовуватись для вирішення інших задач, таких як:

– визначення фактичних розмірів зони виявлення радіолокаційних засобів ЗРК для обраної позиції з врахуванням типових параметрів цілей (ефективної відбиваючої поверхні, курсу та висоти польоту), впливу рельєфу місцевості, ліній електропередач, будинків, лісних масивів та інших перешкод;

– проведення тренування бойових обслуг ЗРК при роботі по “контрольним” цілям, з довільною траєкторією їх польоту, в тому числі з огинанням рельєфу місцевості на малих та гранично малих висотах;

– використання БПЛА, які виробили встановлений ресурс, в якості мішеней для проведення начально-бойових стрільб ЗРК та в якості хибних цілей під час ведення бойових дій для викриття системи зенітного ракетного прикриття противника, тощо.

Для вирішення перерахованих задач і забезпечення автоматизації процесів обробки даних, комплексності та оперативності проведення контролю доцільно створити безпілотний авіаційний комплекс (БАК) [8]. Мінімально необхідний склад БАК технічної перевірки радіолокаційних засобів ЗРК включає (рис. 3):

- безпілотний літальний апарат;
- наземну станцію управління (НСУ).

Бортова апаратура БПЛА зі складу БАК технічної перевірки радіолокаційних засобів повинна забезпечити вирішення наступних завдань:

точки старту (посадку у встановленому місці). Побудова маршруту автономного польоту (польотного завдання) БПЛА забезпечується апаратурою НСУ по проміжним точкам з різними значеннями в них висоти та швидкості польоту. Польотне завдання може змінюватись перед стартом та під час польоту, або замінитись на дистанційне управління з НСУ.

Імітація ефективної відбиваючої поверхні (ЕВП) типових повітряних цілей може здійснюватись шляхом приймання, модуляції та ретрансляції зондувального сигналу радіолокаційних засобів наведення та цілевказування ЗРК. Така “радіолокаційна імітація” параметрів цілі дозволить забезпечити зміну значень ЕВП, що формується в діапазоні від 0,1 до 30 м² та здійснювати модуляцію сигналу, відповідно до геометричних розмірів цілі, особливостей побудови її планеру та турбінного ефекту, що нею створюватиметься. Радіолокаційна імітація параметрів повітряної цілі повинна здійснюватись одночасно для РЛС різних типів ЗРК, які працюють у одному частотному діапазоні хвиль, що забезпечить можливість комплексного одночасного застосування БАК для технічної перевірки радіолокаційних засобів декількох ЗРК та проведення тренувань бойових обслуг у складі угруповання ЗРВ.

Для ефективного вирішення завдань з технічної перевірки радіолокаційних засобів ЗРК БПЛА

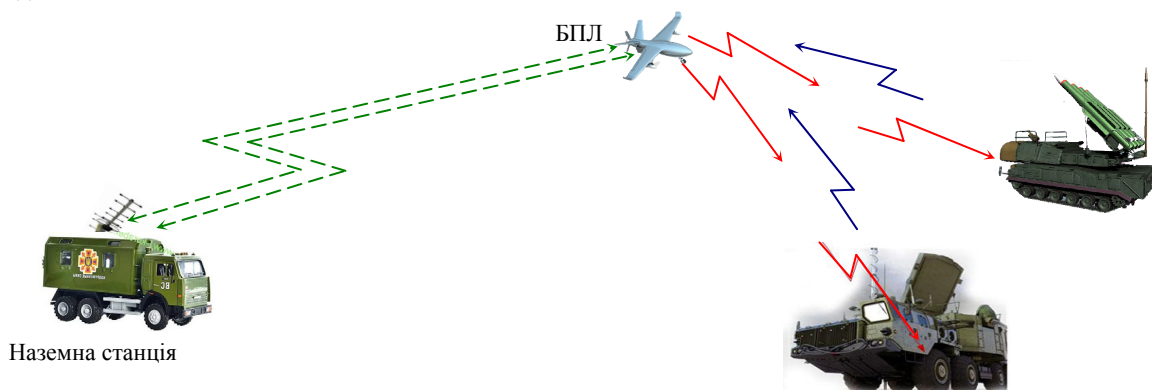


Рис. 3. Безпілотний авіаційний комплекс

- автономний політ БПЛА по заданій (встановленій) програмі з можливістю, у разі необхідності, його корегування з НСУ або переходу на дистанційне управління;

- імітацію типових повітряних цілей для боротьби з якими призначений ЗРК;

- автономну реєстрацію з одночасним передаванням на НСУ таких характеристик: параметрів польоту, параметрів роботи апаратури імітації повітряних цілей та відеозображення бортової камери.

Автономний політ БПЛА має включати: автоматичні зліт, набір висоти, горизонтальний політ, зниження, розворот, пікірування, політ на малій та гранично малій висоті та повернення до

повинен мати такі льотні характеристики:

- максимальна швидкість горизонтального польоту – не менш - 200 км/год;
- діапазон висот польоту - 50-2000 м;
- радіус польоту – не менш 100 км;
- тривалість польоту – не менше 0,5 год.

Апаратура наземної станції управління БАК технічної перевірки радіолокаційних засобів ЗРК повинна забезпечувати:

- контроль технічного стану бортового обладнання БПЛА;
- підготовку маршруту автономного польоту (польотного завдання) БПЛА по проміжним точкам, його завантаження в бортове обладнання;
- керування польотом БПЛА;

- контроль автоматичного польоту БПЛА;
- прийом, відображення, реєстрацію інформації про параметри польоту, параметри роботи апаратури імітації типових повітряних цілей та відеозображення бортової камери.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Застосування безпілотного авіаційного комплексу в системі матеріально-технічного забезпечення ЗРВ дозволить проводити перевірку низки технічних характеристик радіолокаційних засобів ЗРК, заявлених в експлуатаційній документації, але неконтрольованих до цього прямими методами. Вирішення наведеної задачі дозволить забезпечити формування вихідних даних про об'єкти контролю із заданою достовірністю і точністю при зменшенні витрат часу; підвищить ефективність технічного діагностування радіолокаційних засобів ЗРК, особливо після ремонту або отримання

пошкоджень в ході бойових дій, з можливістю використання в подальшому програмно-інформаційних засобів контролю та діагностики технічного стану виробів військового призначення. Крім того, при застосуванні БАК можуть бути суттєво зменшені витрати на визначення фактичних розмірів зони виявлення радіолокаційних засобів ЗРК, проведення комплексних тренувань бойових обслуг військових частин (підрозділів) ЗРВ при роботі по "контрольним" цілям та при проведенні початково-бойових стрільб, викриття системи зенітного ракетного прикриття противника.

В перспективі використання БАК технічної перевірки радіолокаційних засобів ЗРК значною мірою підвищить відповідність системи матеріально-технічного забезпечення ЗРВ вимогам сучасності, особливо в ході розробки нових та модернізації існуючих зенітних ракетних комплексів ЗРВ Повітряних Сил ЗС України.

Література

1. **Опенько П. В.** Перспективи розвитку системи технічного забезпечення зенітних ракетних військ / П. В. Опенько, А. В. Крижний, П. А. Дранник // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем. – 2015. – Вип. 10. – С. 148–157.
2. **Мірненко В. І.** Порівняння ефективності технічного обслуговування виробів авіаційної техніки, що експлуатуються за технічним станом, для моделей дифузійно-монотонного і дифузійно-немонотонного розподілів відмов / В. І. Мірненко, С. О. Пустовий, П. М. Яблонський, О. В. Авраменко // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – НУОУ, 2015. – №2. – С. 88–93.
3. **Неупокоев Ф. К.** Противовоздушный бой / Ф. К. Неупокоев. – М.: Воениздат, 1989. – 262 с.
4. **Бердышев В. П.** Радиолокационные системы / В. П. Бердышев – М.: "Проспект", 2015. – 400 с.
5. **Толкачев А.** Технологии радиолокации // А. Толкачев, А. Шишлов. – М.: Вече, 2010. – 153 с.
6. **Измерение параметров излучения крупноапертурных антенн с помощью беспилотного летательного аппарата.** / Классен В., Просвиркин И., Левитан Б., Топичев С. // Технологии и средства связи. 2014. № 1. – С. 60–65.
7. **Павлушенко М.** Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития. / М. Павлушенко, Г. Евстафьев, И. Макаренко – М.: Права человека, 2005. – 612 с.
8. **Рэндал У. Биард** Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Рэндал У. Биард, Тимоти У. МакЛэйн – М.: Техносфера, 2015. – 312 с.

ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ЗРК

¹*Павел Викторович Опенько (канд. техн. наук)*

¹*Павел Анатольевич Дранник (канд. воен. наук, с.н.с.)*

²*Владислав Владимирович Кобзев (канд. техн. наук, с.н.с.)*

²*Григорий Николаевич Зубрицкий (канд. техн. наук, доцент)*

¹*Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина*

²*Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков, Украина*

Изложен подход к решению актуальной задачи по оценке технического состояния радиолокационных средств зенитных ракетных комплексов с целью принятия обоснованного решения о соответствии технических характеристик отдельных систем радиолокационных средств зенитных ракетных комплексов, приведенных в эксплуатационной документации, но неконтролируемых прямыми методами. Обоснована целесообразность использования беспилотных летательных аппаратов для осуществления комплексной проверки работоспособности радиолокационных средств зенитных ракетных комплексов. Определены основные виды траекторий полета беспилотного летательного аппарата для решения этой задачи. Определены дополнительные задачи, к решению которых может быть привлечен такой беспилотный аппарат. Рассмотрены основные требования к составу, решаемым задачам и летным характеристикам беспилотного авиационного комплекса технической проверки радиолокационных средств зенитных ракетных комплексов.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат; зенитный ракетный комплекс; техническая проверка.

JUSTIFICATION OF APPROACHES CONCERNING UNMANNED AERIAL VEHICLES
APPLICATION FOR CONTROLLING RADAR CHARACTERISTICS OF THE AIR DEFENSE
MISSILE SYSTEM

¹*Pavlo V. Openko (Candidate of Technical Sciences)*

¹*Pavlo A. Drannyk (Candidate of Military Sciences, Senior Research Fellow)*

²*Vladyslav V. Kobziev (Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow)*

²*Hryhorii M. Zubrytskyi (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)*

¹*National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine*

²*Kharkiv University of Air Force named after Ivan Kozhedub, Kharkiv, Ukraine*

This article outlines an approach to solution of a recent task on the evaluation of the technical state of radio-location facilities of radar air defense systems in order to make a well-founded about the accordance of technical characteristics of some radio-location facilities of air defense missile systems, given in operating document, which are out of direct method control.

The authors substantiate the expediency of the use of unmanned aircrafts for the complex capacity verification of radio-location facilities of radar air defense systems. This work defines the main types of unmanned aircrafts trajectories for the task solution. It also identifies additional tasks for the accomplishment of which this drone can be involved. The article considers the basic requirements for the personnel composition, tasks and flying characteristics for the air defense missile systems radio-location facilities unmanned aircraft system.

Keywords: *unmanned aircraft system; air defense missile system; technical monitoring.*

References

- 1. Openko P.V., Kruznuy A.V., Drannyk P.A.**(2015), Prospects for the development of technical support anti-aircraft missile troops [*Perspektyvy rozvytku systemy tekhnichnogho zabezpechennja zenitnykh raketnykh vijsjk*], Problemy stvorennia, vyprobuvannia, zastosuvannia ta ekspluatatsii skladnykh informatsiinykh system, Vol. 10., pp. 148-157.
- 2. Mirnenko V. I., Pustovyi S.O., Yablonskyi P. M., Avramenko O.V.**(2015), The reliability measures computation of the series connected and reserved elements without recovery for diffusion-nonmonotonic distribution of their failures [Porivniannia efektyvnosti tekhnichnoho obsluhovuvannia vyrobiv aviatsiinoi tekhniki, sheho ekspluatuiutsia za tekhnichnym stanom, dlia modelei dyfuziino-monotonnoho i dyfuziino-nemonotonnoho rozpodiliv vidmov], Naukovo-praktychnyj zhurnal „Suchasni informacijni tekhnologhiji u sferi bezpeky ta oborony“, Kyiv, Nacionaljnij universytet oborony Ukrainy im I. Chernjakhovskjogho, Vol. 2(23), pp. 88-93.
- 3. Neupokoev F.K.** (1989), Antiaircraft battle, [*Protivovozdushnij boy*], Moscow, Voenizdat, 262 p.
- 4. Berdyshev V.P.** (2015) Radar, [*Radiolokacionnye sistemy*], Moscow, Prospekt, 400 p.
- 5. Tolkachev A., Shishlov A.,** (2010), Radar technology [*Tehnologii radiolokacii*], Moscow, Veche, 153 p.
- 6. Classen B., Prosvirkin I., Levitan B., Topichev S.** (2014), Measurement of radiation parameters large aperture antennas using an unmanned aircraft [*Izmerenie parametrov izluchenija krupnoaperturnyh antenn s pomoshh'ju bespilotnogo letatel'nogo apparata*], Tehnologii i sredstva svjazi, Vol. 1., pp. 60-65.
- 7. Pavlushenko M., Evstafiev G., Makarenko I.** (2005), Unmanned aerial vehicles: History, application, the threat of proliferation and development prospects [*Bespilotnye letatel'nye apparaty: istorija, primenenie, ugroza rasprostraneniya i perspektivy razvitija*], Moscow, Prava cheloveka, 612 p.
- 8. William Randall Beard, Timothy W. MacLaine** (2015) Beard Small drones: theory and practice [*Malye bespilotnye letatel'nye apparaty: teorija i praktika.*], Moscow, Tehnosfera, 312 p.

Отримано: 11.03.2016 року.