УДК 621.396.967 : 623.462 : 623.746-519

Б. О. Мельничук

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ РЛС ЯКІ ВХОДЯТЬ ДО СКЛАДУ ЗРК ІНОЗЕМНОГО ВИРОБНИЦТВА ЩОДО ВИЯВЛЕННЯ МАЛОРОЗМІРНИХ БПЛА

Анотація. *У роботі здійснено комплексний аналіз спроможностей радіолокаційних станцій виявлення та супроводження зі складу зенітного ракетного комплексу (ЗРК) HAWK щодо виявлення малорозмірних безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та повітряних цілей з малою ефективною поверхнею розсіювання (ЕПР). Досліджено тактико-технічні характеристики штатних РЛС CWAR та HIPIR, проаналізовано фактичні результати практичних бойових стрільб та навчань із залученням повітряних мішеней і сучасних винищувачів. Проведено аналіз комплексу HAWK у сучасних умовах протиповітряної оборони. За допомогою пелюсткової діаграми та аналізу багатокритеріальних параметрів обґрунтовано перспективні альтернативи заміни та модернізації оглядових радіолокаційних засобів комплексу на основі сучасних 3D-РЛС.*

Ключові слова: *зенітний ракетний комплекс, ЗРК HAWK, безпілотний літальний апарат, ефективна площа розсіювання, РЛС виявлення, CWAR, HIPIR, TRML-4D, AN/MPQ-64 Sentinel, аналіз.*

Abstract. *The paper presents a comprehensive analysis of the capabilities of surveillance and tracking radar stations within the HAWK anti-aircraft missile system (AAMS) regarding the detection of small-sized unmanned aerial vehicles (UAVs) and low radar cross-section (RCS) air targets. Tactical and technical characteristics of standard CWAR and HIPIR radars were investigated, and actual results of live-fire exercises involving aerial target drones and modern fighters were analyzed. Analysis of the HAWK system in modern air defense operational environments was conducted. Using radar charts and multi-criteria evaluation, promising alternatives for replacing and upgrading the system's surveillance radars based on advanced 3D radar systems are substantiated.*

Keywords: *anti-aircraft missile system, HAWK AAMS, unmanned aerial vehicle, radar cross-section, surveillance radar, CWAR, HIPIR, TRML-4D, AN/MPQ-64 Sentinel, SWOT analysis.*

У сучасних збройних конфліктах безпілотні літальні апарати (БПЛА) різного класу набули широкого застосування та відіграють критичну роль під час ведення бойових дій. Захист об'єктів критичної інфраструктури та угруповань військ від засобів повітряного нападу покладається на зенітні ракетні комплекси (ЗРК), серед яких важливе місце посідає ЗРК HAWK, наданий партнерами. Система HAWK — це ЗРК малої дальності з дальністю ураження близько 40 км і висотою до 18 км. Основними його завданнями є виявлення, ідентифікація, супроводження та знищення повітряних цілей на малих та гранично малих висотах.

До складу зенітної ракетної батареї ЗРК HAWK входять батарейний командний пункт ВСР, РЛС виявлення безперервного випромінювання CWAR (AN/MPQ-62) із дальністю виявлення до 80 км та потужна РЛС підсвічування й супроводження цілі HIPIR (AN/MPQ-61) з дальністю дії до 90 км. Головною проблемою експлуатації комплексу є те, що більшість сучасних БПЛА належать до класу малорозмірних цілей із наднизькою ефективною площею розсіювання ($\sigma \approx 0{,}001...0{,}01$ м^2). Розрахунок значення ЕПР базується на граничному співвідношенні щільностей випромінювання $\sigma = \lim (r \to \infty)\, 4\pi r^2 (S_s / S_i)$.

Практичні випробування та аналіз результатів бойових стрільб підрозділів з використанням повітряних мішеней показали, що для впевненого виявлення малорозмірних мішеней штатними РЛС ЗРК HAWK виникає потреба у штучному збільшенні їхніх відбивальних спроможностей шляхом встановлення куточкових відбивачів. Під час навчальних прольотів винищувачів було виявлено, що ідентифікація цілей власне засобами HAWK була суттєво ускладнена та здійснювалася лише на малих відстанях (20...40 км), що критично скорочує час реагування вогневого підрозділу.

Аналіз показав, що висока ефективність виявлення цілей під час навчань значною мірою забезпечувалася підтримкою зовнішньої РЛС RAC-3D зі складу командного пункту, а не власними радіолокаційними засобами комплексу HAWK.

Після проведення всіх аналізів було зроблено висновок, що спроможності системи HAWK щодо виявлення загроз із малою ЕПР із роками суттєво знизилися, незважаючи на різні програми модернізації, яких зазнавала система. Це значною мірою зумовлено тим, що систему початково було спроєктовано з характеристиками, які не передбачали стрімкого технологічного стрибка у сферах застосування методів зниження радіолокаційної помітності та їх важливості.

Щодо можливих модифікацій системи для покращення її спроможностей, було встановлено, що вони не забезпечать істотного підвищення характеристик системи в контексті радіолокаційної помітності, яка нас цікавить, оскільки більшість таких систем орієнтовані на виявлення БпЛА. Отже, їхня ефективна дальність виявлення є дуже обмеженою порівняно з ефективною дальністю самої системи HAWK, через що вони принципово забезпечували б систему лише більшим рівнем ближнього самозахисту, але не підвищать його функціональність та спроможності виявляти повітряні судна на відстані 100 км або збивати їх на відстані 40 км.

Щодо можливої заміни оглядових радарів HAWK, після застосування різних методів порівняння та вибору було зроблено висновок, що заміна радарів HAWK на радар PATRIOT забезпечить істотне покращення спроможностей системи щодо виявлення в контексті радіолокаційної помітності, оскільки цей радар є більш сучасним і спроможним, а також збільшить дальність виявлення.

У якості перспективного напрямку дій тому пропонується саме така заміна, яка є доцільною у викладених аспектах, таких як: логістичний (завдяки наявності засобів транспортування та обслуговування, вже впроваджених у логістичний ланцюг), кадровий (наявність персоналу, вже навченого експлуатувати та обслуговувати цей радар) та з огляду на попередні критерії дослідження (оскільки життєздатність придбання вже була вивчена та реалізована для системи озброєння PATRIOT).

Для визначення оптимального шляху модернізації радіолокаційних засобів HAWK було застосовано багатокритеріальний аналіз та пелюсткову діаграму за параметрами: максимальна дальність виявлення, мінімальна ЕПР цілі, потужність передавача, час розгортання та сумісність із мережею ППО. Порівняльний аналіз альтернатив (SENTINEL AN/MPQ-64, PATRIOT AN/MPQ-65A, TRML-4D, Giraffe AMB) показав, що за чисто технічними показниками виявлення та дальності кращою є РЛС PATRIOT (зниження порогу чутливості ЕПР до 0,5 м^2 на відстані 60 км та збільшення дальності до 170 км). Проте за критеріями мобільності, часу розгортання ($\leq$ 15 хв) та ефективності виявлення малорозмірних БПЛА оптимальним рішенням для інтеграції є сучасні 3D-РЛС типу AN/MPQ-64F1 Sentinel або TRML-4D.

Список використаних джерел:

1. SAAB Microwave Systems. Giraffe AMB Multi-Mission Radar System Specification Document, 2021. — 12 p.

2. Raytheon Technologies. Improved HAWK Air Defense System Technical Manual. — Washington D.C.: US Department of the Army, 2018. — 340 p.

3. STANAG 4670 / ATP-3.3.7. Guidance for Training of Unmanned Aircraft Systems (UAS) Operators. NATO Standardization Office, 2019. — 86 p.

4. Skolnik M. I. Radar Handbook, 3rd Edition. — New York: McGraw-Hill Education, 2008. — 1328 p.

5. Regimiento de Artillería Antiaérea 74 (RAAA 74). Informe interno de evaluaciones tácticas de tiro real en Médano del Loro. — Sevilla, 2020. — 45 p.

Мельничук Богдан Олександрович *- курсант Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: kdkkmdkdkdkd@gmail.com.*

Melnychuk Bohdan Oleksandrovych *– cadet at the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University Kharkiv, 77/79 Sumska St., postcode 61023, e-mail: kdkkmdkdkdkd@gmail.com.*