УДК 623.4.084:621.396.96

В. Р. Сахрин, О. Т. Маркевич

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ ДАЛЬНОСТІ І ЙМОВІРНОСТІ ЗАХОПЛЕННЯ ЦІЛІ АКТИВНОЮ ГОЛОВКОЮ САМОНАВЕДЕННЯ ЗЕНІТНОЇ КЕРОВАНОЇ РАКЕТ

Анотація. *У роботі висвітлено особливості використання активної радіолокаційної головки самонаведення зенітних керованих ракет у процесі переходу до автономного наведення. Розглянуто основні чинники, від яких залежать дальність та ймовірність захоплення цілі, і визначено методичний підхід до створення математичної моделі для обчислення цих показників. Запропоновано структуру моделі, підходи до визначення вхідних параметрів, формулювання припущень і обмежень, а також використання статистичних методів для оцінювання невизначеності результатів.*

Ключові слова: *зенітна керована ракета, активна головка самонаведення, дальність захоплення, імовірність захоплення, математична модель, невизначеність обчислень.*

Abstract. *This paper describes the use of active radar seekers in surface-to-air guided missiles as they transition to autonomous homing. It considers the main factors affecting target acquisition range and probability and outlines a methodological approach to building a mathematical model for calculating these measures. The proposed model structure covers input parameters, assumptions and limitations, along with statistical methods for assessing uncertainty in the results.*

Keywords: *surface-to-air guided missile, active homing seeker, acquisition range, acquisition probability, mathematical model, computational uncertainty.*

Зенітні керовані ракети, які застосовуються в сучасних зенітних ракетних комплексах, зокрема AIM-120 AMRAAM у складі NASAMS [1] та Aster 30 у складі SAMP/T [2], реалізовані за рахунок використання активної радіолокаційної головки. Для таких ракет важливим параметром руху цілі є інформація про дальність до цілі, по якій активна головка самонаведення зенітної керованої ракети захоплює та стійко супроводжує ціль, також важливим параметром є ймовірність цього захоплення, оскільки від цих параметрів залежать точність наведення і реалізована дальність ураження цілі. Тому актуальним є розроблення пропозицій щодо математичної моделі розрахунку зазначених цих показників.

В зенітних керованих ракетах з напівактивною головкою самонаведення реалізований принцип, що ракета приймає сигнали, відбиті від цілі, що опромінюється зовнішнім радіолокатором. Особливості побудови таких головок розглянуто в [3]. В зенітних керованих ракетах з активною головкою самонаведення ракета має власні передавальний і приймальний пристрої та самостійно спостерігає за ціллю, Ключовою характеристикою переходу до автономного наведення є дальність захоплення, а сам перехід має ймовірнісний характер.

Для розрахунку дальності доцільно використовувати енергетичне рівняння активної радіолокації з урахуванням потужності передавача, підсилення антени, ефективної поверхні розсіювання цілі, чутливості приймача та втрат в атмосфері. Для міліметрового діапазону важливо враховувати послаблення поблизу 36 ГГц. Підхід до підвищення ймовірності виявлення цілі під час сканування запропоновано в [6], а вимоги до точності радіолокаційних вимірювань — у [4].

Пропонується дворівнева модель. Спочатку визначається максимальна дальність захоплення за заданого відношення сигнал/шум, необхідного для виявлення цілі з урахуванням ймовірностей правильного виявлення і хибної тривоги. Далі розраховується ймовірність захоплення як умовна ймовірність виявлення за дальністю, кутовими координатами та швидкістю з урахуванням помилок цілевказання і флуктуацій ЕПР.

У моделі необхідно чітко розмежувати детерміновану дальність виявлення і ймовірнісну дальність захоплення, обґрунтувати припущення та межі застосовності. Оцінювання невизначеності результатів доцільно виконувати згідно з JCGM 100:2008 [7], а структуру моделі — узгоджувати з JCGM GUM-6:2020 [5]. Це забезпечить однозначність величин, узгодженість одиниць і достовірність розрахунків.

Отже, сформульовано пропозиції щодо математичної моделі розрахунку дальності і ймовірності захоплення цілі активною головкою самонаведення зенітної керованої ракети:

визначення енергетичної дальності, формалізацію ймовірності захоплення, встановлення припущень і обмежень та оцінювання невизначеності. Отримані результати створюють методичне підґрунтя для подальшої розробки й перевірки моделі.

Список використаних джерел:

1. KONGSBERG. Multi-Missile Launcher. Офіційний вебсайт. URL: https://www.kongsberg.com/what-we-do/defence-and-security/integrated-air-and-missile-defence/nasams-multi-missile-launcher/.
2. MBDA. ASTER Family. Офіційний вебсайт. URL: https://www.mbda-systems.com/products/area-protection/aster-family.
3. Скорик А. Б., Камчатний М. І., Моргун Є. В., Помогаєв І. В., Іщенко Р. В., Щоголєв М. І. Аналіз особливостей побудови і застосування перспективних систем управління високоточною зброєю. Активні головки самонаведення. Системи озброєння і військова техніка. 2018. № 3(55). С. 36-43.
4. Помогаєв І. В., Таршин В. А., Скорик А. Б. Удосконалений спосіб напівактивного самонаведення зенітних керованих ракет з вимірюванням дальності ракета-ціль. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2020. № 4(41). С. 95-101. DOI: https://doi.org/10.30748/nitps.2020.41.11.
5. Joint Committee for Guides in Metrology. JCGM GUM-6:2020. Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 6: Developing and using measurement models. 2020. URL: https://www.bipm.org/en/committees/jc/jcgm/publications.
6. Колодчак І. Л., Семенюк А. Й., Чудяк О. Є. Підвищення ймовірності виявлення цілі в процесі сканування підстильної поверхні зі складним рельєфом радіолокатором активної ГСН при апріорній невизначеності по дальності та пеленгу. Військово-технічний збірник. URL: http://vtz.asv.gov.ua/article/download/154568/154178.
7. Joint Committee for Guides in Metrology. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. 2008. DOI: https://doi.org/10.59161/JCGM100-2008E.

Сахрин Владислав Романович – курсант Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: vladsakhryn1234@gmail.com

Маркевич Олександр Тадейович – викладач кафедри зенітних ракетних комплексів малої дальності Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: oleks.markevych@gmail.com ORCID 0009-0009-0266-8235

Vladyslav Romanovych Sakhryn – Cadet at Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, 77/79 Sumska Street, Kharkiv, 61023, Ukraine; e-mail: vladsakhryn1234@gmail.com

Oleksandr Tadeiovych Markevych – Lecturer of Department Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University (KNAFU), Kharkiv,77/79 Sumska Street, Kharkiv, 61023, Ukraine; e-mail: oleks.markevych@gmail.comcom ORCID: 0009-0009-0266-8235.