

НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПОСАДКИ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ

¹ Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Анотація

У роботі розглянуто напрями вдосконалення радіолокаційних систем посадки повітряних суден державної авіації. Окремлено основні завдання приводної аеродромної радіостанції, серед яких контроль траєкторії заходу на посадку, послідовна посадка літаків, індивідуальне розпізнавання повітряних суден та отримання інформації про стан бортового обладнання. Запропоновано шляхи модернізації радіолокаційних систем посадки, зокрема: використання фазованих антенних решіток для підвищення точності вимірювань та керування напрямком випромінювання, застосування широкосмугових сигналів для покращення роздільної здатності й завадостійкості, а також впровадження когерентних методів обробки сигналів, що дозволить збільшити дальність спостереження або знизити рівень енергетичних витрат. Результати дослідження можуть бути використані для підвищення ефективності функціонування радіолокаційних систем посадки державної авіації та забезпечення високої точності заходу на посадку.

Ключові слова: радіолокаційна система посадки, приводна аеродромна радіостанція, фазовані антенні решітки, широкосмугові сигнали, когерентна обробка сигналів.

Abstract

The work examines the directions for improving the radar landing systems for state aviation aircraft. The main tasks of the approach radar station (ARS) are outlined, including trajectory control for landing, sequential landing of aircraft, individual identification of aircraft, and obtaining information about the status of onboard equipment. Ways to modernize the landing radar systems are proposed, in particular: the use of phased array antennas to improve measurement accuracy and control the direction of radiation, the application of wideband signals to enhance resolution and interference resistance, as well as the implementation of coherent signal processing methods, which will allow for increased observation range or reduced energy consumption levels. The results of the research can be used to enhance the efficiency of the operation of landing radar systems in state aviation and ensure high accuracy during landing.

Keywords: radar landing system, drive aerodrome radio station, phased array antennas, broadband signals, coherent signal processing.

Вступ

Системи посадки повітряних суден відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки польотів, особливо в складних метеорологічних умовах та в умовах обмеженої видимості. Одним із важливих елементів таких систем є приводна аеродромна радіостанція (ПАР), яка забезпечує виявлення літаків, що заходять на посадку, контроль їхнього положення відносно злітно-посадкової смуги (ЗПС) та передачу необхідної навігаційної інформації екіпажу.

Метою роботи є аналіз існуючих радіолокаційних систем посадки повітряних суден державної авіації та обґрунтування напрямів їх удосконалення з метою підвищення точності, завадостійкості та надійності навігаційного забезпечення при заході на посадку.

Результати дослідження

У ході роботи проаналізовано сучасний стан радіолокаційних систем посадки державної авіації та визначено їхні основні недоліки, серед яких обмежена точність визначення координат повітряних суден, недостатня завадостійкість та високі енергетичні витрати.

Радар радіолокаційної системи посадки, який забезпечує виявлення літаків, що заходять на посадку; вимірювання їх відхилень від заданої лінії планерування за курсом (в горизонтальній площині) та за глісадою (за кутом місця в вертикальній площині); вимірювання дальності від літаків до розрахункової точки посадки. ПАР повинен вирішувати такі задачі: контроль за польотом літака відносно злітно-

посадочної смуги в секторі за курсом $\pm 15^\circ$ та за глисадою від -1° до $+8^\circ$; управління польотами літаків при їх послідовному заході на посадку; індивідуальне пізнання літака; отримання інформації про стан бортового обладнання та стан шасі.

Запропоновано напрями вдосконалення систем посадки, зокрема:

- Використання фазованих антенних решіток, що дозволяє підвищити точність вимірювання кутових координат, роздільну здатність та надійність роботи системи.
- Застосування ширококутових сигналів, що сприяє покращенню роздільної здатності, точності вимірювання дальності та підвищенню завадостійкості.
- Впровадження когерентних методів обробки сигналів, які забезпечують збільшення дальності спостереження або зниження рівня енергетичних витрат при збереженні необхідної зони контролю.

Отримані результати можуть бути використані при модернізації існуючих систем посадки державної авіації, що сприятиме підвищенню безпеки польотів та ефективності заходу на посадку в складних умовах експлуатації.

Ці результати можуть сприяти підвищенню рівня кібербезпеки авіаційного транспорту та запобіганню можливим авіаційним подіям.

Висновки

Кіберзагрози для бортових систем посадки зростають, що вимагає посилення захисту інформації. Для ефективного захисту необхідний комплексний підхід, що охоплює технічні, організаційні та людські аспекти. Технічні заходи включають шифрування даних, системи виявлення вторгнень та міжмереві екрани. Організаційні заходи передбачають розробку політик безпеки, навчання персоналу та регулярні аудити. Людський фактор також має велике значення, тому необхідно підвищувати обізнаність персоналу щодо кібербезпеки та впроваджувати процедури реагування на інциденти.

Результати досліджень підтверджують ефективність таких методів захисту, як шифрування даних, системи виявлення вторгнень та регулярні оновлення програмного забезпечення. Крім того, технології радіоелектронної боротьби можуть допомогти протидіяти втручанню в радіочастотний спектр. Постійне вдосконалення методів захисту є необхідним для забезпечення безпеки польотів у дедалі складнішому кіберпросторі.

Для досягнення цієї мети запропоновано використання фазованих антенних решіток для покращення точності визначення координат, ширококутових сигналів для підвищення роздільної здатності та когерентних методів обробки сигналів для зменшення енергетичних витрат і збільшення дальності спостереження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Державна авіаційна служба України. Авіаційні правила України. Нормативні документи щодо аеронавігаційного забезпечення польотів. – Київ: ДАСУ, 2023.
2. Кононенко С. В., Тарасов В. Ю. Радіотехнічні системи посадки повітряних суден: навчальний посібник. – Київ: НАУ, 2019.
3. Попов В. А. Радіолокаційні системи керування повітряним рухом: теорія і практика. – Харків: ХАІ, 2021.
4. ICAO Doc 8071. Manual on Testing of Radio Navigation Aids. – International Civil Aviation Organization, 2018.
5. ICAO Annex 10, Vol. I. Aeronautical Telecommunications. – International Civil Aviation Organization, 2020.
6. Garnell P. Radar Systems for Aviation Safety. – London: Artech House, 2017.
7. Skolnik M. I. Introduction to Radar Systems. – New York: McGraw-Hill, 2008.
8. Фазовані антени в авіації та аеронавігації. // Науковий журнал «Авіаційна та радіоелектронна техніка», 2022, №3, с. 45-58.

Троян Кирило Дмитрович — слухач групи 453С, факультет автоматизованих систем управління та наземного забезпечення польотів авіації, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, e-mail: kirill.trojan@gmail.com.

Науковий керівник: **Свид Ірина Вікторівна** — к.т.н., доцент, доцент кафедри авіаційних радіотехнічних систем навігації та посадки, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків; професор кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника.

Trojan Kirilo D. — student of group 453C, Faculty of Automated Control Systems and Ground Support of Aviation, Kharkiv National Air Force University named after Ivan Kozhedub, Kharkiv, e-mail: kirill.trojan @gmail.com.

Supervisor: **Svyd Iryna V.** — PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Aviation Radio Navigation and Landing Systems, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv; Professor of the Department of Computer Engineering and Electronics Vasyl Stefanyk Precarpathian National University.