

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОБРОБКИ РАДІОСИГНАЛІВ БОРТОВИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПОСАДКИ

¹ Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Анотація

Дослідження присвячене аналізу методів обробки радіосигналів у бортових авіаційних системах посадки. Розглядаються традиційні та сучасні системи, такі як ILS, MLS та GBAS. Описані цифрові та аналогові методи обробки сигналів, методи фільтрації, усунення перешкод, а також алгоритми оцінки параметрів і корекції похибок. Досліджуються основні проблеми, зокрема вплив атмосферних явищ і адаптивні підходи до підвищення точності.

Ключові слова: радіосигнал, бортова авіаційна система, посадка, ILS, MLS, GBAS, фільтрація, адаптивна обробка.

Abstract

The study is devoted to the analysis of radio signal processing methods in aircraft landing systems. Traditional and modern systems such as ILS, MLS and GBAS are considered. Digital and analog signal processing methods, filtering methods, interference cancellation, as well as parameter estimation and error correction algorithms are described. The main problems are investigated, including the influence of atmospheric phenomena and adaptive approaches to improving accuracy.

Keywords: radio signal, airborne aviation system, landing, ILS, MLS, GBAS, filtering, adaptive processing.

Вступ

У сучасному авіаційному просторі точність та надійність навігаційних систем є критично важливими для забезпечення безпечної посадки повітряних суден [1-3]. Бортові авіаційні системи посадки використовують радіосигнали для навігації та коригування траєкторії польоту, що потребує високоефективних методів обробки сигналів [4-6]. З огляду на зростаючі вимоги до точності та надійності навігаційних систем, дослідження сучасних методів обробки радіосигналів стає все більш актуальним [7, 8]. Удосконалення технологій дозволяє зменшити вплив перешкод, підвищити адаптивність систем та зменшити ймовірність відмов.

Метою даного дослідження є аналіз та порівняння існуючих методів обробки радіосигналів, а також розробка перспективних підходів до покращення точності та стійкості авіаційних систем посадки.

Результати дослідження

Для бортових авіаційних систем посадки було проаналізовано ефективність різних методів обробки радіосигналів, зокрема: цифрової та адаптивної фільтрації, включаючи КІХ-фільтри; фазової корекції із застосуванням фазового автопідстроювання; кореляційних методів часової та частотної синхронізації; когерентної обробки сигналів для підвищення точності визначення параметрів; а також комбінованих підходів з використанням фільтра Калмана для інтеграції з GNSS та INS [9].

Фільтрація сигналів, де для очищення навігаційних сигналів застосовувалися цифрові фільтри низьких частот. Було встановлено, що застосування КІХ-фільтрів дозволяє значно знизити рівень шуму без значних спотворень корисного сигналу.

На основі проведеного аналізу було визначено, що середня абсолютна помилка сигналу зменшується після фільтрації, що підтверджує ефективність методу.

Проведено дослідження залежності помилки навігації від рівня шуму. Отримані результати підтвердили, що збільшення рівня шуму приводить до росту середньоквадратичної помилки (MSE), що негативно впливає на точність навігації. Для усунення впливу завад доцільно використовувати адаптивні методи фільтрації та корекції сигналів.

Системи посадки літаків, такі як ILS (Instrument Landing System), MLS (Microwave Landing System)

та GBAS (Ground-Based Augmentation System), мають різні характеристики точності та надійності. Ось короткий огляд їхніх особливостей:

ILS (Instrument Landing System):

- точність: висока точність у вертикальному та горизонтальному напрямках, але залежить від місцевих умов та інфраструктури;
- вразливість: схильність до перешкод та спотворень сигналу через рельєф місцевості та інші фактори.

MLS (Microwave Landing System):

- точність: забезпечує високу точність у складних умовах рельєфу, але менш поширений через високу вартість обладнання;
- вразливість: менш вразливий до перешкод у порівнянні з ILS.

GBAS (Ground-Based Augmentation System):

- точність: висока точність завдяки використанню GPS та додаткових наземних станцій;
- вразливість: менш вразливий до перешкод та спотворень сигналу у порівнянні з ILS та MLS.

Гістограма порівнює точність навігаційних систем ILS, MLS та GBAS на основі середньоквадратичної помилки (MSE) (рис. 1).

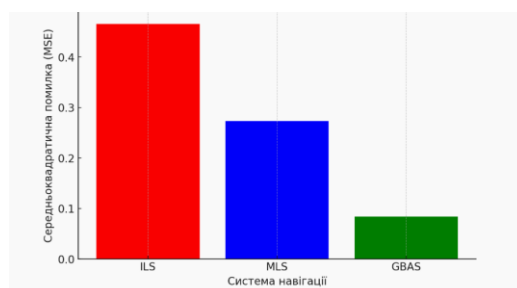


Рис. 1. Порівняння точності систем ILS, MLS та GBAS

З рис. 1 видно [10], що сучасна система GBAS має значно меншу середньоквадратичну помилку порівняно з ILS та MLS. Це пов'язано із використанням цифрових методів корекції та використання сигналу більш стійкого до завад.

Висновки

Встановлено, що використання адаптивних фільтрів та цифрових методів корекції дозволяє значно підвищити точність навігаційних систем та зменшити вплив перешкод. Найбільш перспективною є система GBAS, яка демонструє високу ефективність у реальних умовах експлуатації. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку більш складних моделей компенсації завад та інтеграцію з іншими навігаційними технологіями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Свид І. В. Обробка радіолокаційної інформації систем спостереження повітряного простору: монографія. / І. В. Свид. Дніпро : ЛІРА ЛТД, 2022. 224 с.
2. І. В. Свид, А. І. Обод. Інформаційні технології обробки даних систем спостереження. // Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2016. Вип. 4 (40). С. 91-93.
3. Свид І. В., Обод І. І. Завадостійкість радіолокаційних систем ідентифікації за ознакою «свій-чужий»: монографія. / І. В. Свид, І. І. Обод. Харків : Друкарня Мадрид, 2021. 254 с.
4. Свид І.В. Шляхи та методи захисту вторинних систем спостереження повітряного простору від навмисних корельованих завад. // матеріали XXV міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2017 Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: секція № 22, 17-19 травня 2017 р.: у 4 ч. Ч. IV. Харків: НТУ «ХПІ», 2017. С. 161.
5. І. І. Обод, І. В. Свид, О. С. Мальцев. Обробка даних радіолокаційних систем спостереження повітряного простору: навчальний посібник. Харків: Друкарня Мадрид, 2021. 255 с.

6. I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, O. Vorgul, I. Vorgul and I. Shevtsov, Method for Increasing the Interference Immunity of the Channel for Measuring of the Short-Range Navigation Radio System, 2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 2022, pp. 802-807, doi: <https://doi.org/10.1109/TCSET55632.2022.9767069>.

7. D.B. Pavlova, G.E. Zavolodko, I.I. Obod, I.V. Svyd, O.S. Maltsev, L.F. Saikivska. Optimizing Data Processing in Information Networks of Airspace Surveillance Systems. Conference Proceedings of 2019 10th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies, DESSERT'2019, United Kingdom, Leeds, 5-7 June, 2019. Leeds: 2019. P. 136-139. doi: 10.1109/DESSERT.2019.8770022.

8. І.В. Свид, А.І. Обод. Синтез структури інформаційного забезпечення споживачів інформаційними системами спостереження повітряного простору. // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015. Вип. 2 (43) С. 67-70.

9. Проакіс Дж. Г., Манолакіс Д. Г. Цифрова обробка сигналів: принципи, алгоритми та застосування. Pearson, 2006. С. 150-175.

10. Скольник М. І. Вступ до радіолокаційних систем. McGraw-Hill, 2001. С. 45-67.

Адардасов Максим Олегович — слухач 453с навчальної групи, факультет Автоматизованих систем управління та наземного забезпечення польотів авіації, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: maksminskii45@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.

Adardasov Maksym Olehovych — student of 453c training group, Faculty of Automated Control Systems and Ground Support of Aviation, Kharkiv National Air Force University named after Ivan Kozhedub, Kharkiv, e-mail: maksminskii45@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.