

ВДОСКОНАЛЕННЯ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ ЛІТАКА-ВИНИЩУВАЧА СУ-27

Анотація. У тезі розглянуто прицільно-навігаційний комплекс ПНК-10 літака Су-27, його склад, призначення, принцип роботи та обмеження. Обґрунтовано необхідність модернізації автономної навігаційної системи в умовах сучасного радіоелектронного протиборства. Запропоновано інтеграцію інерціальної навігаційної системи (ІНС) з фільтром Калмана та кореляційно-екстремальними методами. Наведено результати моделювання у MATLAB/Simulink, які демонструють зниження похибок та підвищення стійкості системи.

Ключові слова: ПНК-10; автономна навігація; інерціальна система; фільтр Калмана; Су-27.

Abstract. The thesis considers the PNK-10 navigation and targeting complex of the Su-27 fighter aircraft. Its structure, purpose, operating principles and limitations are presented. We substantiate the need to improve the autonomous navigation system under modern electronic warfare conditions. An approach is proposed to integrate the inertial navigation system with the Kalman filter and correlation-extremal methods. MATLAB/Simulink modeling results are provided, demonstrating improved accuracy.

Keywords: PNK- 10; autonomous navigation; inertial system; Kalman filter; Su- 27.

Актуальність дослідження.

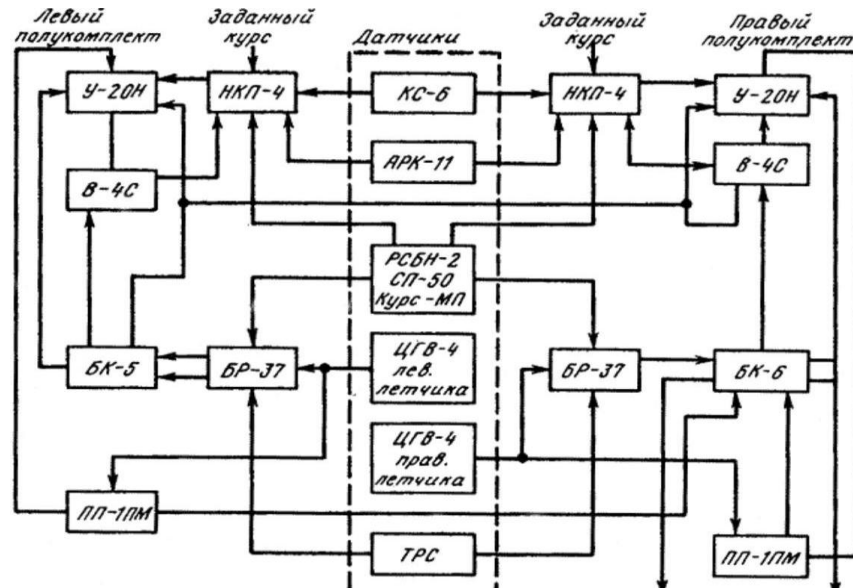
Сучасні бойові дії підтверджують, що ефективність виконання завдань винищувачами безпосередньо залежить від точності та надійності навігаційних систем. В умовах активного застосування засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) порушуються канали супутникової та радіонавігації. Для літаків покоління Су-27 це означає необхідність підвищення автономності. Важливо забезпечити можливість точного позиціонування навіть за повної відсутності сигналів зовнішніх систем. Автономна навігація є критично важливою для виконання бойових завдань на великих відстанях, у складних метеоумовах та при польотах на малих висотах. Модернізація ПНК-10 дозволяє зберегти боєздатність авіації в умовах сучасного конфлікту.

Метою дослідження є підвищення точності автономної навігації літака Су-27 на основі вдосконалення ПНК-10. Завдання дослідження включають: аналіз складу та можливостей ПНК-10;

- визначення обмежень та слабких місць комплексу;
- розробку алгоритму інтеграції ІНС із корекційними джерелами через фільтр Калмана;
- обґрунтування застосування кореляційно-екстремальних методів;
- проведення моделювання у MATLAB/Simulink для підтвердження ефективності. Кожне із зазначених завдань має вагоме значення, оскільки дозволяє поступово сформувати нову архітектуру системи.

–
ПНК-10: склад і призначення.

Рисунок 1 – Структурна схема ПНК-10



На рисунку показано складові елементи ПНК-10, які забезпечують навігаційні та прицільні функції літака.

Прицільно-навігаційний комплекс ПНК-10 є ключовим елементом авіоніки Су-27. До його складу входять інерціальна навігаційна система (гіроскопи та акселерометри), а також допоміжні радіонавігаційні засоби (АРК, РСБН). Важливим елементом є бортова цифрова обчислювальна машина, яка виконує інтеграцію даних і формує вихідну інформацію для пілота. Призначення комплексу полягає у забезпеченні автономного визначення координат, орієнтації літака, а також у видачі прицільно-навігаційних параметрів для ефективного застосування озброєння.

Обмеження базової схеми.

Основними обмеженнями є:

- накопичення похибок ІНС;
- уразливість радіонавігаційних засобів до глушіння;
- обмеженість обчислювальних ресурсів у старих модифікаціях.

У реальних бойових умовах це означає, що літак може втратити здатність до точного прицілювання або орієнтування в просторі. Ці обмеження підтверджуються досвідом застосування авіації у сучасних локальних конфліктах.

Шляхи вдосконалення.

Рисунок 2 – Алгоритм інтеграції з фільтром Калмана



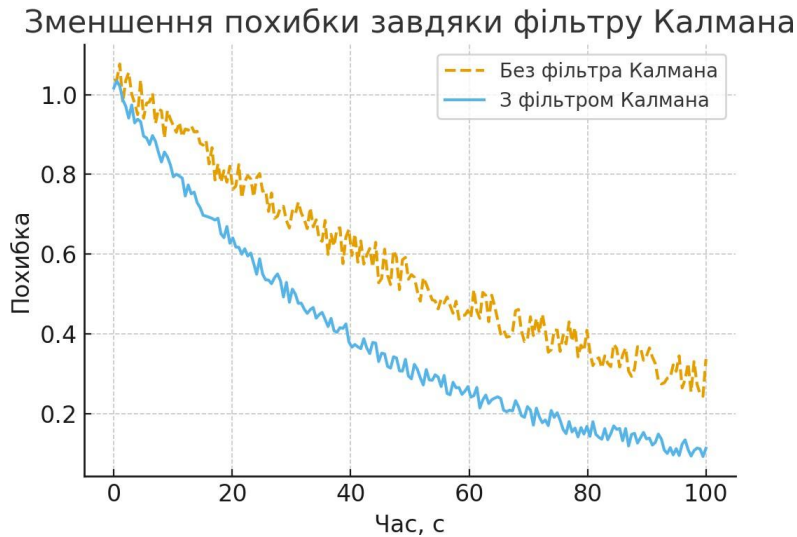
Алгоритм демонструє послідовність обробки даних ІНС та зовнішніх джерел з використанням фільтра Калмана.

Найперспективнішим шляхом є інтеграція ІНС з цифровими картами місцевості за допомогою кореляційно-екстремальних методів. Додатково застосовується фільтр Калмана, який дозволяє об'єднати дані з різних джерел та отримати оптимальну оцінку координат.

Таким чином, навіть у випадку втрати зовнішніх сигналів система зберігатиме високу точність. Очікується зниження похибки в 2–3 рази.

Результати моделювання.

Рисунок 3 – Зменшення похибки завдяки фільтру Калмана



Графік ілюструє, що застосування фільтра Калмана дозволяє суттєво знизити похибку навігації.

У MATLAB/Simulink було створено математичну модель, яка об'єднує ІНС, корекційні канали та фільтр Калмана. Було змодельовано різні профілі польоту – горизонтальний політ, маневрування та політ на малих висотах. Результати показали, що запропонована архітектура дозволяє зменшити накопичені похибки та стабілізувати роботу системи.

Зокрема, у порівнянні з базовим ПНК-10 середня похибка координат знизилася більш ніж удвічі.

Висновки

Проведене дослідження підтвердило, що вдосконалена автономна система навігації літака Су-27 забезпечує підвищену точність і стійкість. Інтеграція ІНС із фільтром Калмана та кореляційно-екстремальними методами довела свою ефективність у моделюванні.

Отримані результати мають практичну цінність для модернізації авіоніки літаків Су-27 та можуть бути використані під час розробки нових комплексів.

Список використаних джерел:

1. Авіоніка сучасних літаків. – К.: НАУ, 2020.
2. Системи навігації літальних апаратів / Під ред. Іванова І.І. – К.: НАУ, 2019.
3. MATLAB for Engineers. – Pearson, 2021.
4. Su-27 Aircraft Flight Manual. – Kyiv, 2015.
5. Приймак С. Навігаційні комплекси літаків. – Харків, 2017.

Доценко Олег Миколайович – Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, слухач 262С навчальної групи, Харків, Україна; email: oleg.dotsenko7@gmail.com

Крук Роман Русланович – Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, слухач 262С навчальної групи, Харків, Україна; email: romanyil8558@icloud.com;

Георгієв Юрій Вікторович – Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба старший викладач кафедри № 203, Харків, Україна; email: yura.georgiev.74@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7189-3966>.

Dotsenko Oleg Mykolayovych – Kharkiv National Air Force University named after I. Kozhedub, student of 262C training group, Kharkiv, Ukraine; email: oleg.dotsenko7@gmail.com

Kruk Roman Ruslanovich – Kharkiv National Air Force University named after I. Kozhedub, student of 262C training group, Kharkiv, Ukraine; email: romanyil8558@icloud.com;

Georgiev Yuri Viktorovich – Kharkiv National Air Force University named after I. Kozhedub, senior lecturer, department No. 203, Kharkiv, Ukraine; email: yura.georgiev.74@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7189-3966>