УДК 629.7.05

О. М. Середюк

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ЛІТАКІВ ВИНИЩУВАЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

Анотація. *Доповідь присвячена особливостям автоматичного керування літаками винищувальної авіації МиГ-29 та Су-27 в умовах сучасного бойового застосування. Проаналізовано функціональні можливості й обмеження систем САУ-451, САУ-10 та СДУ-10С, зокрема недостатню адаптивність, обмежену інтеграцію з цифровими бортовими комплексами та підвищене навантаження на пілота [1]. Обґрунтовано напрямки модернізації на основі цифрових систем Fly-by-Wire, інтегрованої навігації GPS/INS, волоконно-оптичних гіроскопів і інтелектуальних систем підтримки пілота. Запропоновано структуру інтегрованої цифрової системи автоматичного керування та алгоритм її функціонування [2], [6].*

Ключові слова: *система автоматичного керування, винищувальна авіація, Fly-by-Wire, цифрова система керування, штучний інтелект, інтелектуальна підтримка пілота.*

Abstract: *The paper is devoted to the automatic flight control of MiG-29 and Su-27 fighter aircraft under modern combat conditions. The capabilities and limitations of the SAU-451, SAU-10 and SDU-10S systems are analyzed, including limited adaptability, restricted integration with digital onboard systems, and increased pilot workload. Modernization directions based on digital Fly-by-Wire systems, integrated GPS/INS navigation, fiber-optic gyroscopes, and intelligent pilot assistance systems are substantiated. An integrated digital flight control system architecture and its operating algorithm are proposed.*

Keywords: *automatic flight control system, fighter aviation, Fly-by-Wire, digital control system, artificial intelligence, intelligent pilot assistance.*

Актуальність підвищення рівня автоматизації керування винищувальною авіацією зумовлена складністю сучасних бойових умов, дією засобів протиповітряної оборони та радіоелектронної боротьби, а також необхідністю виконання маневрів і застосування високоточного озброєння. У таких умовах на пілота та бортові системи припадає значне навантаження. Літаки МиГ-29 і Су-27 продовжують експлуатуватися Повітряними Силами ЗС України, однак їхні штатні системи керування були розроблені за технологічними підходами попередніх десятиліть і мають обмежені можливості адаптації та інтеграції з новими цифровими комплексами.

Система автоматичного управління САУ-451 літака МиГ-29 забезпечує демпфірування коливань, стабілізацію кутових положень, висоти, автоматичне приведення до горизонтального польоту та окремі режими заходу на посадку. Водночас система має обмежене резервування, аналогово-цифрову архітектуру й переважно фіксовані закони керування. Значна частина режимів потребує ручного вмикання, а директорне керування лише надає пілоту рекомендації. Це обмежує можливість швидкого пристосування до зміни зовнішніх умов, бойового навантаження або технічного стану літака [3].

На Су-27 система САУ-10 працює у взаємодії з системою дистанційного керування СДУ-10С і забезпечує автоматичну та директорну стабілізацію польоту. СДУ-10С має багаторівневе резервування каналів і обмежує окремі граничні режими, що підвищує безпеку керування. Проте закони керування залишаються недостатньо адаптивними, інтеграція з бортовими інформаційними системами є обмеженою, а автоматизоване прийняття рішень у складних умовах не реалізоване повною мірою. Гібридна цифро-аналогова архітектура також ускладнює подальшу модернізацію [5].

Перспективним напрямком є перехід до цифрових систем Fly-by-Wire, у яких команди пілота передаються до виконавчих механізмів у вигляді електричних сигналів, а обчислювальна система може коригувати керування та обмежувати небезпечні режими. Для підвищення точності навігації доцільно застосовувати інтегровані системи GPS/INS і волоконно-оптичні гіроскопи, що дають змогу визначати просторове положення та кутовий рух літака. Важливе значення має інтеграція даних різнорідних сенсорів у єдину інформаційну модель [2], [6].

Окремим напрямком модернізації є інтелектуальні системи підтримки пілота, зокрема системи підтримки прийняття рішень і концепція IPAS. Такі засоби можуть об'єднувати інформацію бортових датчиків, оцінювати поточну ситуацію, прогнозувати можливі стани та подавати пілоту зрозумілі рекомендації. Використання алгоритмів штучного інтелекту й адаптивного керування розглядається як спосіб зменшення когнітивного навантаження та підвищення стійкості керування за зміни параметрів польоту або виникнення несправностей.

Для МиГ-29 запропоновано гібридний підхід: збереження наявної механічної системи, доповнення її цифровим каналом керування та поетапна модернізація без повної перебудови конструкції. Доцільними напрямками є впровадження цифрової електродистанційної системи, інтеграція керування двигунами та автоматичне обмеження небезпечних режимів польоту. Для Су-27 запропоновано модернізувати наявну систему Fly-by-Wire шляхом заміни аналогових блоків цифровими, введення адаптивного програмного забезпечення та інтеграції керування тягою [2], [4], [5].

Структура удосконаленої системи автоматичного керування передбачає чотири основні складові: блок датчиків польотної інформації; центральний обчислювальний комплекс із модулями адаптивного керування та прогнозування критичних режимів; виконавчі механізми, включно з приводами рулів і засобами керування двигунами; інтерфейс пілота з індикатором рекомендацій, попередженнями та автоматизованим режимом допомоги. Алгоритм функціонування охоплює збір даних у реальному часі, визначення режиму польоту, формування команд стабілізації й корекції траєкторії та обмеження небезпечних параметрів [3], [4].

Оцінювання запропонованих рішень у вихідній роботі виконано за інтегральним коефіцієнтом автоматизації. Для базової системи МиГ-29 наведено значення 0,40, а після модернізації – 0,88. Для Су-27 відповідні значення становлять 0,55 і 0,92. Отримані оцінки вказують на потенційне істотне зростання рівня автоматизації: приблизно у 2,2 раза для МиГ-29 та на 67 % для Су-27. Водночас ці показники є результатом оцінювання, наведеного в кваліфікаційній роботі, і потребують підтвердження під час подальшого технічного опрацювання та випробувань.

Підвищення рівня автоматизації керування винищувальною авіацією доцільно здійснювати з урахуванням особливостей кожного типу літака. Поєднання цифрового керування, інтегрованої навігації, адаптивних алгоритмів та інтелектуальної підтримки пілота створює передумови для підвищення точності стабілізації, безпеки польоту й ефективності виконання завдань, а також для зменшення навантаження на льотчика.

Список використаних джерел:

1. Аксьонов П. Чому авіація не відіграє великої ролі у війні Росії проти України і чи може вона згодом змінити все? BBC. URL: https://www.bbc.com/ukrainian/features-65112620.
2. Система Fly-by-wire в авіації: принцип роботи та переваги. URL: https://doi.org/10.33099/2786-7714-2022-1-1(2)-6-13.
3. Компанієць М. І., Пічко І. О., Тарасцев А. Г. Система керування літака МиГ-29: навчальний посібник. Харків: ХІ ВПС, 2002. 50 с.
4. Фомичов К. Ф., Суслов Ю. М. Система автоматичного керування САУ-451-03. Харків: ХУПС, 2006. 44 с.
5. Авіаційне обладнання Су-27: навчальний посібник / Василенко Р. В. та ін. Харків: ХНУПС, 2023. 322 с.
6. LN-260 Advanced Embedded INS/GPS (EGI). Northrop Grumman. URL: https://www.northropgrumman.com/what-we-do/mission-solutions/assured-navigation/ln-260-advanced-embedded-ins-gps-egi.

Середюк Олег Михайлович *– здобувач освітнього рівня магістр кафедри авіаційного обладнання літаків і вертольотів Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: olegsereduk1357@gmail.com.*

Serediuk Oleh Mykhailovych *– Master's Degree Student of the Department of Aircraft and Helicopter Avionics, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St., building 77/79, ind. 61023, e-mail: olegsereduk1357@gmail.com.*