УДК 000.000

М. В. Пінчук, Д. П. Сінько

ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ ІНДИКАЦІЇ ВИСОТНО-ШВИДКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ЛІТАКА

Анотація. *Розглянуто особливості функціонування системи вимірювання та індикації висотно-швидкісних параметрів польоту літака МиГ-29. Проаналізовано структуру централізованої системи повітряних сигналів і автономних приладів індикації, принципи формування аерометричної інформації та її використання бортовими системами. Визначено основні технічні обмеження наявної системи, пов'язані з використанням механічних передавальних механізмів, аналогових сигналів, особливостями відображення інформації та динамічними характеристиками пневматичних каналів. Обґрунтовано перспективні напрями вдосконалення системи шляхом упровадження мікроелектромеханічних датчиків тиску, цифрового оброблення аерометричної інформації та сучасних засобів індикації. Наголошено на необхідності збереження резервування та забезпечення сумісності модернізованого обладнання з бортовими системами літака.*

Ключові слова: *МиГ-29, висотно-швидкісні параметри, система повітряних сигналів, аерометрична інформація, повний тиск, статичний тиск, MEMS-датчики, цифрове оброблення, система індикації.*

Annotation*. This paper examines the operational characteristics of the system for measuring and displaying the altitude and speed parameters of the MiG-29 aircraft. It analyzes the structure of the centralized airborne signaling system and autonomous display instruments, as well as the principles of generating aerometric data and its use by onboard systems. The main technical limitations of the existing system are identified, which are related to the use of mechanical transmission mechanisms, analog signals, the specifics of information display, and the dynamic characteristics of pneumatic channels. Promising directions for improving the system have been substantiated through the implementation of microelectromechanical pressure sensors, digital processing of aerometric data, and modern display devices. The necessity of maintaining redundancy and ensuring the compatibility of the modernized equipment with the aircraft's onboard systems has been emphasized.*

Keywords: *MiG-29, altitude and speed parameters, airborne signaling system, aerometric data, total pressure, static pressure, MEMS sensors, digital processing, display system.*

Надійне вимірювання та відображення висотно-швидкісних параметрів (ВШП) польоту літака МиГ-29 є важливою умовою безпечного пілотування та ефективного функціонування бортового обладнання. Інформація про барометричну висоту, приладову й істинну повітряну швидкість і число Маха використовується для контролю режимів польоту, а також може передаватися до навігаційних, прицільних систем і систем автоматичного керування відповідно до їхньої інформаційної архітектури.

Основою вимірювання ВШП є отримання інформації про повний $P_П$ і статичний $P_С$ тиски за допомогою приймача повітряного тиску та її подальше перетворення у відповідні параметри польоту.

У розглянутій конфігурації бортового обладнання МиГ-29 можна виділити централізовану систему повітряних сигналів і автономні прилади індикації окремих параметрів.

Централізована система повітряних сигналів СВС-II-72-3-2А призначена для перетворення інформації про повний і статичний тиски в електричні сигнали, що використовуються для індикації та передавання аерометричних даних до суміжних бортових систем. Згідно з наявним описом, приймання тисків здійснюється від приймача ПВД-18Г-5М із передбаченим конструкцією перемиканням каналів статичного тиску за допомогою пневматичного перемикача ПП-1.

До засобів індикації, зазначених у вихідних даних, належать висотомір УВ-30-2 із заявленим діапазоном 0–25 000 м і комбінований покажчик УМС-2,5-2, призначений для відображення істинної повітряної швидкості та числа Маха. Для УМС-2,5-2 наведено діапазони 350–2600 км/год і 0,3–2,5 відповідно. Зазначені характеристики потребують перевірки за технічною документацією конкретної модифікації обладнання.

Аерометрична інформація може використовуватися системою автоматичного керування, прицільним і навігаційним обладнанням та бортовою системою реєстрації польотних параметрів. Конкретний перелік параметрів і спосіб їх передавання визначаються структурою бортового обладнання літака.

Для резервування індикації приладової швидкості можуть застосовуватися автономні анероїдно-мембранні прилади. Зокрема, у вихідному описі зазначено покажчик УС-1600-1 із діапазоном 150–1600 км/год. Принцип його дії ґрунтується на перетворенні різниці повного та статичного тисків у механічне переміщення чутливого елемента, яке за допомогою передавального механізму забезпечує відхилення стрілки покажчика

$$\Delta P = P_{\text{п}} - P_{\text{с}}$$

де $P_{\text{п}}$ – повний (динамічний) тиск;

$P_{\text{с}}$ – статичний тиск.

При цьому автономність індикації не обов’язково означає незалежність приладу від спільного приймача повітряного тиску та пневматичних магістралей.

Попри можливість резервування індикації, наявна система має особливості, які доцільно враховувати під час оцінювання можливостей її вдосконалення, а саме:

– використання механічних передавальних механізмів у стрілочних приладах може зумовлювати додаткові похибки через тертя, люфти та зношування деталей. Фактичний рівень таких похибок залежить від конструкції приладу й технічного стану його вузлів;

– використання аналогових електричних сигналів може ускладнювати інтеграцію системи із сучасними цифровими обчислювачами та індикаторами, оскільки потребує відповідного узгодження сигналів і перетворення даних;

– розміщення висотно-швидкісних параметрів на окремих стрілочних покажчиках вимагає переміщення погляду пілота між приладами. За високого інформаційного навантаження це може ускладнювати комплексне оцінювання режиму польоту.

Крім того, пневматичні магістралі мають власні динамічні характеристики, які за певних умов можуть впливати на швидкодію вимірювального каналу. Величина цього впливу залежить від конструкції пневматичної системи та режиму зміни тиску й потребує експериментальної або розрахункової оцінки. Вібраційні й температурні навантаження також можуть впливати на характеристики чутливих елементів, електричних з’єднань і механічних вузлів.

Отже, зазначені особливості визначають напрями подальшого дослідження точності, швидкодії, надійності та можливостей цифрової інтеграції наявної системи.

Перспективним напрямом модернізації є розроблення цифрової системи повітряних сигналів із використанням сучасних датчиків повного та статичного тисків, зокрема мікроелектромеханічних (MEMS) перетворювачів, цифрового оброблення вимірювальної інформації та засобів контролю її достовірності.

Основними напрямами вдосконалення можуть бути підвищення точності вимірювання тисків, температурна компенсація характеристик датчиків, цифрове обчислення висотно-швидкісних параметрів, а також забезпечення сумісності з

бортовими обчислювальними системами. Застосування багатофункціональних дисплеїв може покращити організацію відображення польотної інформації за умови збереження необхідних резервних засобів індикації.

Водночас заміна наявної системи цифровою не гарантує автоматичного підвищення точності або надійності. Доцільність такого рішення необхідно обґрунтувати порівняльним аналізом метрологічних і динамічних характеристик, стійкості до зовнішніх впливів, сумісності з бортовим обладнанням і відповідності вимогам безпеки польотів.

Таким чином, удосконалення системи вимірювання та індикації висотно-швидкісних параметрів літака МиГ-29 доцільно спрямувати на підвищення точності й швидкодії вимірювального каналу, розширення можливостей цифрового оброблення аерометричної інформації та покращення її відображення екіпажу зі збереженням необхідного рівня резервування.

Список використаних джерел:

1. Основи організації експлуатації і ремонту озброєння та військової техніки / за ред. Мацько О.Й. Київ : НУОУ, 2018. 400 с.

2. Водонепроникновий компонент, термозбіжна паяльний гільза [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://hampool.en.made-in-china.com/product/JdsaRtrVapko/China-Hampool-Good-Quality-Waterproof-Wire-Automotive-Heat-Shrink-Solder-Sleeve.html.

3. Термозбіжна гільза з припоєм [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://images.prom.ua/5462309644_w0_h430_termozbizhna-gilza-z.jpg pripoem.html.

4. Ізоляція кабелів та проводів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://europan.ua/news/insulation-cables-and-wires-variety.

Пінчук Максим Віталійович – курсант інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних С*ил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, e-mail: 2006maks2006@gmail.com*

Сінько Дмитро Петрович – курсант інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних С*ил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, e-mail:sinkodmitro@gmail.com*

Pinchuk Maksym Vitaliyovych – cadet of the Faculty of Aviation Engineering of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, 77/79 Sumska St., ind. 61009, e-mail: 2006maks2006@gmail.com

Sinko Dmytro Petrovych – cadet of the Faculty of Aviation Engineering of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, 77/79 Sumska St., ind. 61009, e-mail: sinkodmitro@gmail.com