

Іваничко І. В., Колеснік В. М., Василенко Р. В.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ДАТЧИКІВ ТИСКУ ЩОДО ЇХ ВСТАНОВЛЕННЯ У МАГІСТРАЛІ СТАТИЧНОГО ТА ПОВНОГО ТИСКІВ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ЛІТАКА

Анотація. В доповіді розглянуто питання підвищення надійності, точності та автономності систем живлення аерометричних приладів систем повного та статичного тисків багатоцільового літака. Аналіз бойового досвіду свідчить про критичну важливість достовірності інформації про аерометричних параметрів під час виконання бойових завдань. Отримання точної інформації про швидкість та висоту польоту літака має важливе значення, як у повітряному бою, так і під час бойового чергування. Проведений аналіз до системи живлення аерометричних приладів систем повного і статичного тисків багатоцільового літака показав, що основні шляхи підвищення точності визначення висоти польоту літака можливі за рахунок встановлення сучасних датчиків тиску, це в свою чергу дозволить знизити експлуатаційні витрати та забезпечити технологічну незалежність авіаційних систем.

Ключові слова: аерометричні прилади, повітряне судно, приймач повітряного тиску, система повітряних сигналів, система повного тиску, система статичного тиску.

Annotation. The report examines issues related to improving the reliability, accuracy, and autonomy of power supply systems for aerometric instruments in total and static pressure systems of multi-purpose aircraft. Analysis of combat experience shows the critical importance of reliable information on aerometric parameters during combat missions. Obtaining accurate information about the speed and altitude of an aircraft is important both in air combat and during combat duty. The analysis of the power supply system for aerometric instruments of total and static pressure systems of a multi-purpose aircraft showed that the main ways to improve the accuracy of determining the flight altitude of an aircraft are possible by installing modern pressure sensors, which in turn will reduce operating costs and ensure the technological independence of aviation systems.

Keywords: aerometric instruments, aircraft, air pressure receiver, air signal system, total pressure system, static pressure system.

Однією з цілей керування польотом є приведення повітряного судна (ПС) у задане положення відносно земної поверхні та набігаючого повітряного потоку, а також витримування заданого значення повітряної швидкості. Серед значної кількості пілотажно-навігаційних приладів, які встановлюються на ПС, особливе місце належить аерометричним пілотажно-навігаційним приладам та системам. Вони вимірюють пілотажно-навігаційні параметри, що визначаються властивостями повітряного потоку, який обтікає ПС під час польоту.

Безперервне вимірювання аерометричних параметрів необхідне для забезпечення режимів пілотування та навігації. Саме ці параметри визначають аеродинамічні сили і моменти, що діють на ПС та його рульові поверхні, й умови функціонування його бортових систем, силових установок, систем автоматичного керування і та ін. Дійсно, для керування ПС найкращим чином, його окремими системами, важливо знати орієнтацію об'єкта відносно повітряного потоку, що його обтікає, та інтенсивність обтікання або швидкісний напір, величина якого визначається густиною повітряного середовища ρ та швидкістю повітряного потоку V [1].

Для вимірювання барометричної висоти, швидкості та числа M польоту за допомогою аерометричних приладів до останніх необхідно підводити статичний та повний тиск повітряного потоку, що набігає на ПС. Для цього аерометричні прилади підключаються до системи живлення. Висотоміри, варіометри, показчики швидкості та інші аерометричні прилади вимірюють статичний тиск або різницю повного і статичного тисків. Для цього на літаках встановлюються приймачі повітряного тиску (ППТ) які призначені для прийому повного і статичного тиску або

приймачі повного тиску і плити для вимірювання статичного тиску і магістралі з трубопроводів. Вірність показань аерометричних приладів (АМП) визначається переважно похибками сприйняття статичного та повного тисків або аерометричними похибками.

Численними дослідженнями встановлено, що стан атмосфери з підйомом на висоту не залишається постійним – змінюються температура, густина, вологість повітря та його тиск.

Похибки аерометричних приладів виникають внаслідок того, що тиски, які сприймаються ППТ, передаються по тонких та довгих (до 50 м) трубопроводах, які чинять значні аеродинамічні опори потокам повітря і створюють швидкісні втрати. У результаті цього зміна тиску у приладах відбувається з запізненням тим більшим, чим більша довжина трубопроводів та об'єми приладів.

Аналіз похибок аерометричних приладів показав, що вони можуть бути інструментальними, методичними та аеродинамічними. Інструментальні похибки пов'язані з неточностями виготовлення та зносом елементів приладу, вони є індивідуальними. Методичні похибки зумовлені недосконалістю барометричного методу, включно з відхиленнями атмосферного тиску, температури та рельєфу місцевості. Аеродинамічні похибки виникають через невідповідність осей приймачів напрямку зустрічного потоку, кути атаки та ковзання, а також вплив числа М польоту. Для їх зменшення застосовуються приладові та аеродинамічні методи компенсації. Приладовий метод обчислює аеродинамічні поправки експериментально та вносить їх у показання приладів, проте він ускладнює конструкцію та не забезпечує централізованої компенсації. Аеродинамічний метод передбачає встановлення спеціальних компенсаторів у потоці повітря, що дозволяє зменшити похибки сприйняття статичного тиску без додаткових електронних компонентів.

Конструктивно ППТ мають різні будови. Застосування сучасних електронних датчиків тиску, в системі повного та статичного тисків, які слугують для забезпечення роботи обчислювача системи повітряних сигналів (СПС) необхідною первинною інформацією, що в свою чергу характеризує параметри повітряного потоку та положення ПС у ньому.

Датчики статичного та повного тиску через трубопроводи, приєднані до ППТ або системи ППТ. В основу роботи датчиків покладені різноманітні фізичні принципи (мембранні манометри, термометри опору, елементи струминної техніки, датчики флюгерного типу і та ін.). Датчики можуть також будуватись за принципом слідкуючої системи, що реалізує компенсаційний метод вимірювання, або містити власні обчислювальні пристрої.

Принципом дії будь-якого датчика тиску є перетворення тиску, що діє на чутливий елемент, в електричний сигнал. Чутливі елементи, які входять до складу датчиків тиску, є механічними пристроями, які деформуються або пересуваються під дією зовнішнього впливу, – саме це і фіксується в процесі вимірювань. Першу групу чутливих елементів створюють пристрої, в яких тиск перетворюється в силу, яка переміщує математичну точку її прикладання. Найпоширенішими чутливими елементами цього типу є трубка Бурдона, яка «розгинається» під дією тиску, а також сильфон і мембранна коробка, жорсткий центр яких здійснює поступальний рух. Другу групу, яку найчастіше використовували в МЕМС-датчиках, утворюють чутливі елементи, в яких тиск перетворюється в деформацію пружної мембрани. Тут тиск залишається розподіленою силою, а чутливим елементом стає вся поверхня мембрани, яка прогинається під дією тиску [2].

Існує декілька методів перетворення отриманого відхилення мембрани або пластини в електричний сигнал, основними з яких є тензо- і п'єзореzystивний ефект. Існують також МЕМС датчики тиску, що побудовані на основі ємнісних, резонансних і індукційних перетворювачів. Проте найбільш поширеними поки залишаються п'єзореzystивні та резонансні датчики тиску [3].

Сучасні вимоги до систем живлення аерометричних приладів включають стабільність електроживлення, стійкість до температурних коливань, вібрацій і перевантажень, а також автоматичну компенсацію похибок у реальному часі. Важливим є підвищення живучості систем у бойових умовах, коли можливі часткові пошкодження датчиків або вимірювальних елементів.

Використання цифрових технологій та систем автоматичного діагностування дозволяє знизити експлуатаційні витрати, підвищити точність аерометричних показань і забезпечити надійну роботу приладів навіть у складних метео та бойових умовах [4].

Таким чином, удосконалення системи живлення аерометричних приладів систем повного та статичного тисків багатоцільового літака та впровадження сучасних технологій вимірювання і живлення аерометричних приладів є критично важливою для підвищення ефективності та безпеки польотів, забезпечення точності пілотування та успішного виконання бойових завдань.

Список використаних джерел:

1. Зарубін А. М. Аерометричні прилади та системи. – Харків: ХУПС, 2014. – 156 с.
2. Дослідження мікроелектромеханічних систем. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт/Укл.: М.П. Василенко, М.П. Мухіна, В.М. Синєглазов, М.К.Філяшкін – К.: НАУ, 2019. – 115 с.
3. Філяшкін М.К. Мікроелектромеханічні системи – К.: НАУ. – 2019. – 276 с.
4. Лобур М. Основи мікросистемних пристроїв / Мельник М. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2016. – 258 с.

Іваничко Іван Васильович – курсант інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, e-mail: ivanivanichko17@gmail.com.

Колеснік Вадим Миколайович – слухач інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, e-mail: ien4323nerv@gmail.com.

Василенко Роман Вікторович – старший викладач кафедри авіаційного обладнання літаків і вертольотів інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, email: spike75.rv@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7683-7526>

Ivanychko Ivan Vasylovych – cadet from the Faculty of Aviation Engineering of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St. 77/79, Ind 61009, e-mail: ivanivanichko17@gmail.com.

Vadym Mykolayovych Kolesnik – student from the Faculty of Aviation Engineering of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St. 77/79, Ind 61009, e-mail: ien4323nerv@gmail.com.

Roman Viktorovich Vasylenko – senior lecturer, Faculty of Aviation Engineering of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St. 77/79, Ind 61009, email: spike75.rv@gmail.com., ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7683-7526>