

Каленчук І. О., Василенко Р. В.

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ІНЕРЦІАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ МОДУЛІВ ДО СКЛАДУ ІНФОРМАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ ВЕРТИКАЛІ І КУРСУ ИК-ВК80

Анотація. Проблема точного визначення місцеположення повітряного судна (ПС) в повітряному просторі є найголовнішою при рішенні завдань навігації. Досвід в бойових діях засвідчує наявність суттєвих проблем в системі навігації, зокрема часті відмови авіаційного та пілотажно-навігаційного обладнання (відмова інерціальної курсовертикалі ИКВ-80), що безпосередньо впливає на бойову ефективність ПС. Тому виникає необхідність у глибокому дослідженні функціонування інформаційних комплексів вертикалі і курсу, аналізі сучасних вимірювачів куткових параметрів, а також у розробці рекомендацій щодо модернізації та інтеграції сучасних вимірювальних модулів до складу ИК-ВК80 багатоцільових літаків.

Ключові слова: повітряне судно, інерціальна навігаційна система, інформаційний комплекс вертикалі і курсу, інерціальна курсовертикаль, гіроскоп, акселерометр.

Annotation. The problem of accurately determining the location of an aircraft in airspace is paramount when solving navigation tasks. Combat experience has shown that there are significant problems in the navigation system, in particular frequent failures of aviation and flight navigation equipment (failure of the IKV-80 inertial course vertical), which directly affects the combat effectiveness of the aircraft. Therefore, there is a need for in-depth research into the functioning of vertical and course information systems, analysis of modern angular parameter measuring devices, and the development of recommendations for the modernization and integration of modern measuring modules into the IK-VK80 of multi-purpose aircraft.

Key words: aircraft, inertial navigation system, vertical and course information complex, inertial course vertical, gyroscope, accelerometer.

У ході ведення бойових дій важливе значення мають дії авіації. Під час виконання бойових завдань досить часто авіація застосовується на гранично малих висотах в режимі радіомовчання, щоб імовірність виявлення зенітно-ракетними комплексами противника була мінімальною. Власне для орієнтації та навігації на борту доцільно використовувати системи зчислення шляху на базі інерціальної навігаційної системи (ІНС). ІНС відрізняються автономністю, скритністю, безперервністю, незалежністю від погодних умов та пори доби, захищеністю від перешкод, але потребують підвищення точності.

Теоретичними основами будови алгоритмів ІНС є поняття репера та аналіз його руху в обраних системах координат. Від вибору цих систем залежать повнота та точність отриманого переліку навігаційних параметрів, які визначають місцеположення ПС, висоту та напрямок його руху [1].

На літаках МиГ-29 завдання літаководіння виконуються за допомогою інформаційного комплексу вертикалі і курсу ИК-ВК80. Інформаційний комплекс вертикалі і курсу ИК-ВК80 призначений для видачі споживачам і на індикацію сигналів, пропорційних кутам крену γ , тангажу ν , гіроскопічного курсу ψ_s , приведенного курсу ψ_{np} та складових абсолютної швидкості V_ξ , V_η , V_ζ уздовж осей гіроплатформи, які є вихідними параметрами для числення координат. Цей комплекс належить до класу інерціальних навігаційних пристроїв і є одним із основних джерел даних для систем пілотажно-навігаційного комплексу повітряного судна [2].

Функціонування комплексу забезпечує прихованість і захищеність від завад, автономну навігацію, надійність визначення пілотажно-навігаційних параметрів, можливість застосування у будь-яких погодних умовах та у будь-який час доби, що особливо важливо при бойових діях.

Основу комплексу складають дві інерціальні курсовертикалі: основна ИКВ-80-6 і резервна ИКВ-80-4. Курсовертикаль видає споживачам таку інформацію [2]:

- гіроскопічний курс ψ_s ,
- кути тангажу ν та крену γ ;

– складові a_x , a_y абсолютного прискорення центру мас літака уздовж ортогональних осей платформи;

– складову a_z абсолютного прискорення уздовж вертикальної осі платформи.

При подачі живлення система автоматично виконує процедури виставки, після чого переходить у робочий режим. Під час експлуатації ІК-ВК80 забезпечує безперервну видачу сигналів про кутове положення та прискорення літака, що є основою для формування навігаційних і пілотажних параметрів.

В умовах інтенсивного маневрування, застосування засобів протиповітряної оборони противника та виконання польотів на гранично малих висотах до авіаційного обладнання висуваються жорсткі вимоги щодо точності, надійності, швидкості підготовки до роботи та стійкості до зовнішніх збурень. Однак досвід в бойових діях засвідчує наявність суттєвих проблем в системі навігації, зокрема часті відмови авіаційного та пілотажно-навігаційного обладнання (відмова інерціальної курсовертикалі ІКВ-80), що безпосередньо впливає на бойову ефективність ПС.

Тому виникає необхідність у глибокому дослідженні функціонування інформаційних комплексів вертикалі та курсу, аналізі сучасних вимірювачів кутових параметрів, а також у розробці рекомендацій щодо модернізації та інтеграції таких систем до складу вітчизняних багатоцільових літаків.

У бойових умовах параметри орієнтації літака зазнають інтенсивних змін, що істотно впливає на точність навігації та прицілювання. Пікірування супроводжується швидким від'ємним тангажем, що призводить до значних перевантажень і ускладнює стабільність орієнтації. Ухилення від ракети передбачає комбінацію змін крену та тангажу з великими кутовими швидкостями, що вимагає високої точності вимірювань. Бойовий розворот характеризується значним креном до $60\text{--}70^\circ$ і швидкою зміною курсу, що потребує максимальної точності систем орієнтації. Дослідження показують, що саме в цих режимах найбільш критичними є похибки вимірювання крену та курсу, які можуть досягати декількох градусів і суттєво знижувати ефективність прицілювання та навігації [3].

У процесі активного маневрування інерціальні вимірювачі працюють у складних умовах, коли суттєво зростають впливи динамічних перевантажень, вібрацій та температурних змін. Це призводить до появи додаткових складових похибок, які в спокійному польоті є незначними.

Також одним із найважливіших параметрів, який безпосередньо впливає на льотні характеристики, економічність, безпеку та ефективність експлуатації повітряного судна це вага обладнання. Кожен кілограм маси, встановлений на борту, має свою ціну у вигляді збільшеної витрати палива, зменшення корисного навантаження або обмеження дальності польоту.

Найперспективнішими у теперішній час є безплатформні інерціальні навігаційні системи (БІНС), які у порівнянні з платформними мають цілий ряд переваг: менші розміри, маса та енергоємність; значне спрощення механічної частини системи та її компоновки; відсутність обмежень з кутів розвороту; скорочення часу початкового виставлення; визначення навігаційних параметрів за допомогою алгоритмів; спрощення рішення задачі резервування і контролю працездатності системи та її елементів.

У сучасному літакобудуванні кожен грам маси повинен бути виправданим. Тому інженери прагнуть об'єднувати функції кількох систем в одну, застосовувати модульні конструкції, мікроелектроніку та цифрові обчислювальні блоки замість масивних електромеханічних приладів. Наприклад, інформаційні комплекси типу ІК-ВК80 у новіших модифікаціях інерціальну курсовертикаль ІКВ-80, що має 30 кг ваги, замінюються цифровими інерціальними вимірювальними модулями (блоками), які важать у десятки разів менше, але забезпечують вищу точність вимірювань [4].

З точки зору перспективності використання в інерціальних навігаційних системах важливе місце відводиться лазерним, мікроелектромеханічним та волоконно-оптичним гіроскопам.

Порівняльна характеристика сучасних вимірювачів кутової інформації показала, що кільцеві лазерні гіроскопи забезпечують найвищу точність та стабільність, проте залишаються дорогими та технологічно складними у виробництві. Волоконно-оптичні гіроскопи відзначаються меншими габаритами й надійністю завдяки відсутності рухомих частин, що

робить їх особливо придатними для маневрових повітряних суден. Хвильові твердотільні гіроскопи демонструють перспективність завдяки компактності та відносно низькій вартості, однак їх точність поки що поступається іншим типам.

Аналіз акселерометрів різних типів показав, що вони забезпечують високу точність і стабільність, що робить їх найбільш перспективними для застосування в авіаційних інерціальних системах. розвиток вимірювальних приладів у галузі авіації демонструє чітку тенденцію до переходу від класичних механічних та термоелектричних сенсорів до оптичних та твердотільних рішень, які поєднують точність, компактність і високу надійність.

При використанні інерціальних вимірювальних блоків компаній GuideNav або Crouzet ми маємо змогу досягнути кращих вагових характеристик та скоротити час підготовки комплексу до застосування [5, 6].

Провівши таку модернізацію, отримаємо інформаційний комплекс, який має збільшену надійність, меншу затрату часу на підготовку і спрощення обслуговування системи інженерно-технічним складом, так як така система буде мати менше відмов, а також точність вимірювальних значень з мінімальними похибками. Комплекс в такій компановці достатньо швидко адаптувати до системи супутникової навігації, що підвищує надійність і функціональність обладнання в цілому.

Список використаних джерел:

1. Зарубін А. М. Інерціальні вимірювачі в авіоніці : навч. посіб. – Х. : ХУПС, 2014.
2. Інформаційний комплекс вертикалі і курсу ИК-ВК80-4: навч. посіб. / А.М. Зарубін, Р.В. Василенко, Лі Фей. – Х. : ХНУПС, 2020.
3. Зарубін А.М. Системи орієнтації та навігації Ч. 2. Навігаційні системи літальних апаратів: курс лекцій – Х. : ХНУПС, 2012.
4. Курсові системи та курсовертикалі : навч. посіб. / М. Зарубін, М. М. Петренко. – Х. : ХУПС, 2012. -128 с.
5. <https://guidenav.com/uk/ins>
6. <http://ua.liocrebifx.com/inertial-navigation-system/>

Каленчук Ігор Олегович – курсант інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, email: igorkalenchuk2@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. 21029, email: spike75.rv@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7683-7526>

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>

Kalenchuk Ihor Olehovych – student from the Faculty of Aviation Engineering of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St. 77/79, Ind 61009, email: igorkalenchuk2@gmail.com.