

**АВП**

**Автоматизація  
виробничих  
процесів**

*Всеукраїнський  
науково-технічний  
журнал*

**1**

**(16)**

**КИЇВ 2003**

## **ПРО ПІДХІД ДО ОПТИМІЗАЦІЇ НАВІГАЦІЙНИХ ЕРГАТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ (НЕК)**

Ю. Б. Беляев, докт. техн. наук, В. П. Чайковський,  
С. І. Осадчий, кандидати техн. наук

В умовах зростання інтенсивності повітряного руху ще більшого значення набуває визначення місцезнаходження повітряного судна (ПС) з мінімально можливою похибкою. Тільки при цій умові в поєднанні з іншими факторами можливо підвищити безпеку польотів. Функція автоматизованого керування виконується бортовим навігаційно-пілотажним комплексом (НПК), до складу якого входять пілотажна та навігаційна системи. Навігаційний комплекс містить бортову ЕОМ гібридного типу. Її функцією є моделювання польотних ситуацій шляхом одержання поточних навігаційних параметрів від зовнішніх джерел: доплеровського вимірника швидкості і кута зносу (ДВШЗ) GPS-приймача або наземної контрольно-коригуючої станції (ККС). Все це відбувається з частковою участю членів екіпажу, тому в цих процесах присутній і людський фактор, але він далі не розглядається. Модель поведінки пілота-оператора повинна базуватися на оцінці ризику [1]. З надійністю роботи навігаційної системи пов'язана і робота автоматичної системи попередження про аварійне зближення, якою за останніми вимогами ICAO та EUROCONTROL повинно бути оснащено кожне ПС.

Точність визначення поточних координат об'єкта, що рухається в повітрі, цілком залежить від точності роботи систем, що забезпечують стабілізацію його чуттєвих елементів [1, 2]. Для інерціальних навігаційних систем, що забезпечують роботу бортових навігаційно-пілотажних комплексів, такою системою є гіростабілізатор (ГС). Від точності його роботи залежать пілотажні елементи повітряного судна. На істинність визначених (обмірюваних) навігаційних елементів впливає точність вимірів, виконуваних за допомогою ДВШЗ. Систематичні похибки в показаннях цих двох бортових систем, а також причини, що мають стохастичний характер, в остаточному підсумку відбиваються на точності роботи НЕК, що, у свою чергу, при визначених польотних умовах може вплинути на точність і безпеку виконання польотів.

Аналіз польотів, виконаних у різних умовах аеронавігаційної обстановки, дозволяє зробити висновок про те, що домогтися надійності навігації можна за рахунок збільшення імовірності застосування засобів літаководіння, підвищення їхніх точнісних характеристик і кваліфікації льотно-інженерного складу. При цьому дія кожного з зазначених факторів у великій масі польотів рівноцінна. Основними напрямками підвищення точності навігації є: поліпшення якості навігаційних засобів, що приводить до зниження похибок виміру; обробка надлишкової навігаційної інформації; оптимізація процесу навігаційних вимірів і визначень. В основі перших двох напрямків лежить розходження характерів погрешностей виміру. Сумарна помилка виміру являє собою суміш погрешностей, які мають різні періоди повторення, що характеризується спектральною щільністю розподілу.

Систематичні похибки можуть бути зведені до нуля обліком їх при підготовці плану польоту на регулярних авіалініях чи у процесі самого польоту на нових ділянках авіатраси з комплексним використанням навігаційних систем. Вплив випадкових помилок може бути знижено автоматичним визначенням середнього результатів серії вимірів, виконуваних безупинно. Суть цього процесу полягає в тім, що при нормальному законі розподілу похибок поява помилок одного значення і протилежного знака рівномірна. Отже, при виконанні серії вимірів виникають умови для взаємної компенсації випадкових похибок. Відповідно до цього надлишкова інформація про один і той самий параметр при відповідній обробці дозволяє одержати більш точний результат, чим точність окремих вимірів.

Ймовірне значення довільної величини визначається як середньозважене значення

$$u_i = \sum_{i=1}^n (Q'_i u)_i / \sum_{i=1}^n Q'_i, \quad (1)$$

де  $u_i$  — результат окремого виміру;  $Q'_i$  — вагові коефіцієнти відповідних вимірів.

Ваговий коефіцієнт

$$Q'_i = \sigma_0^2 / \sigma_i^2, \quad (2)$$

де  $\sigma_0$  — середньоквадратична похибка найбільш точного виміру.

Середньоквадратична похибка вагового середнього виміру

$$\sigma_n = \sigma_0 / \sqrt{\sum_{i=1}^n Q'_i}. \quad (3)$$

У результаті такої обробки похибка середньозваженого значення стає менше похибки виміру навіть найбільш точного приладу [5]. Для рівноточних ( $Q'_i = 1$ ) формула (3) приймає вигляд:

$$\sigma_{u_p} = \sigma_0 / \sqrt{n}. \quad (4)$$

При польотах над територіями, де відсутнє суцільне радіонавігаційне поле, по ділянках повітряних трас, не оснащених радіонавігаційними засобами неавтономного типу, у тому числі по океанських трасах і по маршрутах, що прокладаються поза повітряними трасами, ДВШЗ продовжують залишатися основними засобами навігаційних вимірів. В даний час ці функції частково беруть на себе приймачі супутникової системи навігації (GPS), що працюють у комплексі з інерціально-навігаційною системою (ІНС) [4]. В залежності від умов польоту кожна з цих ланок відіграє провідну роль у забезпеченні надійної навігації.

Сучасні ДВШЗ можуть застосовуватися практично на будь-яких висотах і при будь-яких швидкостях ЛА. Однак їм притаманні обмеження по області припустимих значень повздовжних і поперечних кренів і по характеру місцевості, що пролітається. При кренах, перевищуючих  $5^\circ$ , похибки ДВШЗ стають вище припустимих значень. ДВШЗ властиві похибки через розходження відбиваючих властивостей поверхні, особливо відчутні при переході із суші на море і при польотах над гірською місцевістю.

Методична складова погрішностей може зменшуватися використанням схем оптимальної обробки надлишкової інформації, що дозволяє виключити високоточні прецизійні датчики з навігаційних систем і застосувати менш точні, але більш економічні. Наступний напрямок підвищення точності навігації — оптимізація процесу навігаційних визначень. Вона дозволяє при існуючому обладнанні одержати виміри з найменшими помилками, тобто досягти їхньої номінальної точності. У зв'язку з цим вимагають вирішення питання визначення залежності між точністю вимірів

навігаційних параметрів бортовими навігаційними засобами і забезпеченням точності виконання навігаційної програми польоту з метою її оптимізації.

Таким чином, для реалізації цих питань розглядається задача синтезу оптимальної навігаційної системи, що відповідає поставленим вимогам. Тобто потрібно визначити оптимальні значення вхідних параметрів, які використовуються в навігаційних алгоритмах для дотримання точної програми польоту, враховуючи, що структура системи відома, а об'єкт керування і регулятор можуть зображатись відповідними передавальними функціями.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Архангельский В. И., Богаенко И. Н., Грабовский Г. Г., Рюшин Н. А.* Человеко-машинные системы автоматизации: управление качеством, безопасностью и надежностью. — К.: НВК «КІА» 2000. — 296с.
2. *Блохін Л. Н.* Проблема і науковість технології створення оптимальних і модернізації існуючих бортових кібернетичних комплексів рухливих об'єктів // Вісник КМУЦА. — 1999. — №2. — С. 49.
3. *Кривоносенко А. П., Юрченко А. Н.* Задача синтезу оптимальної корекції і гіростабілізатора // Вісник КМУЦА. — 1999. — №2. — С. 53.
4. *Кулагін М. П., Курганський О. Ю.* Комплексна інерціально-супутникова система // Третя Міжнародна науково-технічна конференція «Авіа-2001». — К.: НАУ, 2001.