УДК 629.7:681.2

ПРИНЦИПИ НАВІГАЦІЙНОГО ПРИЛАДОБУДУВАННЯ В ЦИВІЛЬНІЙ АВІАЦІЇ

Г. М. БОРЩ, *кандидат технічних наук,*

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Р. О. ФЕЩЕНКО, *студент бакалаврату факультету приладобудування*

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

E-mail: Ramthes@i.ua

Анотація. *В статті наведено результати розробки комплексного вимірювача кутових параметрів руху малих літальних апаратів і дельтапланів – курсогоризонту, вибрана його конструктивна схема, проведені розрахунки та аналіз основних похибок вимірювань. Розроблено креслення курсогоризонту, його деталізація та креслення кінематичної схеми, проведений розрахунок каналу магнітного курсу, зокрема параметрів картушки і підвісу, досліджені похибки каналу в типових режимах роботи, а також проведено візуальне моделювання курсогоризонте в середовищі Simulink.*

Ключові слова: *курсогоризонт, тангаж, параметри картушки, літальні апарати.*

Куросгоризонт – це прилад, який використовується на легких літальних апаратах та на важких літаках як резервний прилад. Його можливість працювати без зовнішніх джерел енергії дає йому перевагу перед багатьма приладами, такі як: малі габарити, мала вага (враховуючи відсутність джерела енергії), необмежений термін роботи, можливість встановлювати на будь-який літальний апарат (поодинокі випадки в яких курсогоризонт встановлюється на наземні транспортні засоби) [8].

На практиці доведено, що курсогоризонт – високоефективний та високоточний прилад, який дає багато переваг. Його можливість зберігати своє положення в просторі дає можливість здійснювати складні віражі, а його надзвичайні фізичні властивості, об’єднані в 4 циліндричні магніти, не дають пілотам літальних апаратів збитися з курсу. Також цей прилад є покажчиком кутів нахилу крену та тангажа літального апарату [6].

Курсогоризонт відноситься до вимірювальної техніки. Прилад призначений для установки на легкі літальні апарати (переважно дельтаплани, моторні дельтаплани, легкі одномоторні літаки), може використовуватись як вимірювач кутів нахилу і напрямку на північ, а також для індикації просторового положення об`єкту.

Прилади даного типу не відзначаються високою точністю, але вони не потребують джерел живлення, їх робота побудована на використанні магнітного поля Землі. Виходячи з цього можна використовувати курсогоризонт також в якості резервного приладу. Ще одним суттєвим недоліком є те, що кути які він вимірює обмежені, а отже літальний апарат з даним приладом на борту не може виконувати складні віражі [5].

Мета досліджень – розробка конструктивної схеми, розрахунки та аналіз основних похибок вимірювань курсогоризонту як основного навігаційного приладу легких летальних апаратів в цивільній авіації.

Матеріали і методи досліджень. Під час горизонтального польоту під дією стабілізуючого дії маятника, тобто нижнього маятникового карданного підвісу (умовно не відображено), осі підвісу внутрішньої рамки і зовнішньої рамки знаходитимуться в площині горизонту, а постійні магніти розгорнуть картушку уздовж магнітного меридіана Землі. Разом з тим за індексом відлічуватиметься нульовий кут крену за центральним індексом нульового куту тангажу і поточного куту курсу [1].

Під час нахилу об'єкта, наприклад, вправо, калібрування і польоту на Південь лицьова частина буде виглядати наступним чином: індекс крену покаже відносно відміток на шкалі крену величину нахилу, центральний індекс силует-літачка покаже відносно відміток тангажу величину відхилення за тангажем, а також величину відхилення від курсу відносно магнітного меридіана [4].

Результати дослідження та їх обговорення. Для визначення похибки ми скористались виразом для магнітного моменту, прирівнявши всі моменти до нуля. Для довільних кутів φ і β одержимо:

$$M_z^m = -HM_k[(cosK_M cos\beta - sin\,K_M\, sin\varphi\, sin\beta + tgI\, cos\varphi\, cos\beta)sin\alpha + (sinK_M cos\varphi - tgI\, sin\varphi)cos\alpha] = 0$$

Розрахований за формулою графік співпадає з теоретично розрахованим і відображеним на рисунку 1. Відмінність полягає в тому, що на ньому вказано також і похибку від захоплювання картушки рідиною αа [2].

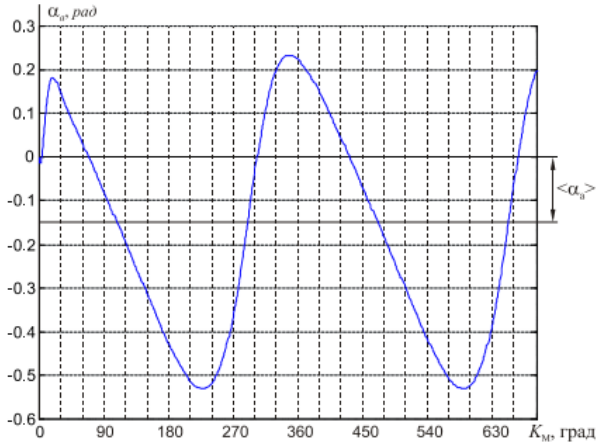

Рис. 1 Динамічна похибка захоплення рідини

Будемо вважати, що основа хитається відносно двох осей за законом [4].

$$\varphi = \varphi_0 sin\omega_x t \quad \beta = \beta_0 sin\omega_x t.$$

Скористаємося перетвореною формулою:

$$I_{kz}\ddot{\alpha}_a + f_a\dot{\alpha}_a + HM_m\alpha_a = HM_k tgI(\beta_0\, sinK_m - \phi_0\, cosK_m)sin\omega_x t = HM_k X_0 sin\omega_x t$$

$$\ddot{\alpha}_a + 2h_a\dot{\alpha}_a + \omega_0^2\alpha_a = \omega_0^2 X_0 sin\omega_x t$$

Відносна частота має вигляд:

$$\nu = \frac{\omega_X}{\omega_0}.$$

Тоді отримаємо кінцеву формулу:

$$\alpha_a = \frac{X_0}{\sqrt{(1-\nu^2)^2 + 4\xi^2\nu^2}}$$

Так виглядає кратушка курсогоризонту та аналіз його магнітного каналу, який має розрахунок, зазначений вище.

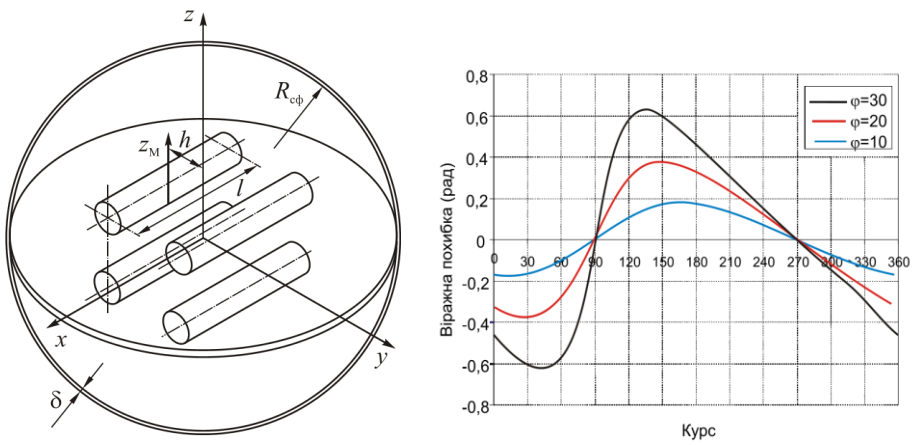

Рис. 2. Картушка курогоризонту та графік залежностей похобок за кутами нахилу крену

Виходячи з величини граничного моменту тертя, оберемо в якості опор картушки (опори кріпляться на кернах) [7].

Момент тертя в опорі картушки визначається за формулою:

$$M_{тр} = \frac{3}{16}\pi C R Q_1$$

де, C – коефіцієнт тертя сталі по каменю (C=0,1÷0,8);

R – радіус площадки стискування шпильки;

Q1 – залишкова вага картушки, не скомпенсована поплавком.

$$M_{тр} = 2{,}08 * 10^{-5} Гсм.$$

Період власних незгасаючих коливань:

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 9{,}1c.$$

Висновки. На основі проведених розрахунків параметрів курсогоризонту та аналізу його похибок можна зробити такі висновки:

1) на основі складної математичної моделі безпосередньо одержана формула карданової похибки приладу, яка співпадає з наведеними в літературі. На відміну від відомих формул, вона характеризує силові взаємодії в каналі магнітного курсу;

2) розглянуті динамічні похибки магнітного каналу за хитавиці основи. Показано, що ця похибка суттєво залежить від динамічних властивостей магнітного канала, який фактично є фільтром високих частот для зовнішніх

збурень. Одержано формулу для коефіцієнта тертя динамічної похибки;

3) проведено візуальне моделювання поведінки магнітного каналу. Результати моделювання співпадають з теоретичними розрахунками.

Список використаних джерел

1. Коваленко А. П. Магнитные системы управления космическими летальними апаратами / А. П. Коваленко. – М.: Машиностроение. – 1975. – 248с.

2. Бондарь П. М. Физические основы ориентации и навигации: [підручник] / П. М. Бондарь, Ю. В. Степанковский. – Ч.І. Физические поля земли. – К.: Корнийчук, 2002. – 104с.

3. Козлов М. С. Авиационные приборы. Элементы устройства и расчета пилотажно-навигационных приборов / Под ред. Г. О. Фридлендер – М.: ВВИА им. Жуковского, 1955. – 175с.

4. Одинцов А. А. Ориенация обьектов в магнитном поле Земли: [Учебное пособие для студентов приборостроительных специальностей] / А. А. Одинцов, В. В. Мелешко, С. А. Шаров – К: Корнийчук, 2007 – 152с.

5. Одинцов А. А. Теория и расчёт гироскопических приборов: [учебник] / А. А. Одинцов – К.: «Вища школа», 1985 – 395с.

6. Постоянные магниты [Справочник] / Альтман А.Б., Герберг А.Н., Гладышев П.А., Пятина Ю.М. и др.; под ред. доктора техн. наук, проф. Ю. М. Пятина. – М.: Энергия, 1980. – 488с.

7. Патент РФ № 4847500/10. Курсогоризонт / Авдеев А. В., заяв. 15.12.1994., Арзамасское опытно-конструкторское бюро "Темп".

8. Патент ФГР № 438553, кл. G 01 C 17/20, 1983; Патент ФРГ № 3024734, кл. G 01 C 9/14, 1980. Курсогоризонт.

Reference

1. Kovalenko, A. P. (1975). Magnitnye sistemy upravleniâ kosmicheskimi letalnimi aparatami. [Magnetic space vehicles control systems]. Moscow: Mashinostroenie, 248.

2. Bondar, P. M., Stepankovskyi, Yu. V (2002). Fizicheskie osnovy orientatsii i navigatsii. [Physical basis of orientation and navigation]. Kyiv,104. (of Ukraine).

3. Frydlender H. O. ed. (1955). Aviatsionnye pribory. Elementy ustroystva i rascheta pilotazhno-navigatsionnykh priborov [Aviation devices. Elements of the device and the calculation of flight and navigation instruments. Moscow: VVIA im. Zhukovskogo. 175.

4. Odintsov A. A., Meleshko V. V., Sharov S. A. (2007). Orienatsiya obektov v magnitnom pole Zemli. [The orientation of objects in Earth's magnetic field]. Kyiv, 152.

5. Odintsov A. A. (1985). Teoriya i raschet giroskopicheskikh priborov. [Theory and calculation of gyroscopic instruments]. Kyiv: Vyshcha shkola, 395.

6. Pyatin Yu. M. ed. (1980). Postoyannye magnity. [Permanent magnets]. Moscow: Energiya, 488.

7. Avdeev A. V. (1994). Kursogorizon. Russian patent № 4847500/10 declared 15.12.1994.

8. Kursogorizon (1980). German patent № 438553, кл. G 01 C 17/20; German patent № 3024734 (1983), кл. G 01 C 9/14.

ПРИНЦИПЫ НАВИГАЦИОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Г. М. Борщ, Р. О. Фещенко

Аннотация. *В данной статье наведены результаты разработки комплексного измерителя угловых параметров малых летальных аппаратов и дельтапланов – курсогоризонта, выбрана его конструктивная схема, проведены расчеты и анализ основных погрешностей измерений. Разработан сборочный чертеж курсогоризонта, его деталировка и чертежи кинематической схемы, произведен чертеж канала магнитного курса, в частности параметров картушки и подвеса, исследованы погрешности канала в типичных режимах работы, а так же проведено визуальное моделирование курсогоризонта в среде Simulink.*

Ключовые слова: *курсогоризонт, тангаж, параметры картушки, летальные аппараты*

PRINCIPLES OF NAVIGATION INSTRUMENT MAKING IN CIVIL AVIATION

G. M. Borsch, R. O. Feschenko

Abstract. *The article presents the results of the development of an integrated meter angular motion parameters of small aircraft and gliders - kursohorizon, His design scheme was selected, the main measurement errors were calculated and analyzed. The assembly drawing of kursohorizon, his detailed drawings and the kinematic scheme were developed. The magnetic heading channel calculation was conducted, especially the coil parameters of the suspension. Also the channel error study in standard mode was conducted and a visual simulation of kursohorizon in Simulink environment was made.*

Keywords: *kursohorizon, pitch, parameters of a coil, aircraft*