



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **93638** (13) **U**
(51) МПК (2014.01)
G01C 21/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

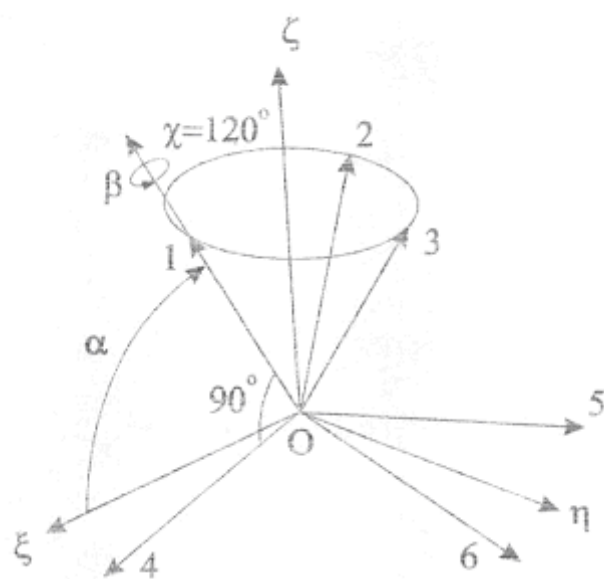
(21) Номер заявки:	u 2014 04645	(72) Винахідник(и):	Мелешко Владислав Валентинович (UA), Зазімко Андрій Віталійович (UA), Лакоза Сергій Леонідович (UA)
(22) Дата подання заявки:	30.04.2014	(73) Власник(и):	Лакоза Сергій Леонідович, вул. Чкалова, 4-а, кв. 25, м. Буча, Київська обл., 08292 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	10.10.2014		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.10.2014, Бюл.№ 19		

(54) СПОСІБ УСУНЕННЯ ПЕРЕХРЕСНИХ ПОХИБОК У НАДЛИШКОВИХ БЛОКАХ ДВОКОМПОНЕНТНИХ ІНЕРЦІАЛЬНИХ ДАТЧИКІВ

(57) Реферат:

Спосіб усунення перехресних похибок у надлишкових блоках двокомпонентних інерціальних датчиків включає вимірювання сигналів, пропорційних проекціям вимірюваного вектора, за допомогою блока двокомпонентних перетворювачів, що утворюють вимірювальні бази, виконаного зі структурно-інформаційної надлишковістю, визначення і виключення з вимірюваної сукупності сигналів перетворювачів, котрі відмовили, підвищення достовірності значень формованих величин шляхом визначення параметрів векторної величини роздільно як за напрямком, так і за модулем, причому у систему обробки даних з надлишкового блока введено пристрій, що на основі вихідних сигналів двокомпонентних датчиків в три етапи формує вихідний сигнал, що не містить похибок від перехресних зв'язків, домножуючи сигнали на коефіцієнти h_{Uij} , котрі залежать від розташування осей чутливості, та послідовно віднімаючи між собою отримані сигнали, покроково усуває похибки від перехресних складових сигналу, котрі з'являються в результаті вимірювань чутливими елементами визначених параметрів руху об'єкта.

UA 93638 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до способів обробки інформації та може бути використана в навігаційній техніці для обробки сигналів з блоків з не ортогональним розташуванням надлишкових осей чутливості двокомпонентних датчиків. Задачею корисної моделі є усунення похибок, викликаних перехресними зв'язками в двокомпонентних інерціальних датчиках.

Відомий відмовостійкий блок датчиків кутової швидкості [патент України на корисну модель №45149 М. кл. G01C 21/00, Відмовостійкий блок датчиків кутової швидкості, Бюл. № 20. 2009 р.], задачею якого є зменшення масо-габаритних характеристик, підвищення надійності та точності блока, що складається з датчиків кутових швидкостей. Поставлена задача вирішується тим, що чутливі осі перших двох датчиків кутових швидкостей співпадають з двома осями ортогональної системи координат. Додатково введені три датчики, вісь третього датчика кутової швидкості направлена під кутом по відношенню до третьої ортогональної осі, осі четвертого та п'ятого датчиків кутових швидкостей направлені з початку координат по діагоналі куба в 2 та 4 октанти відповідно, виходи датчиків кутових швидкостей послідовно через аналого-цифрові перетворювачі та блок діагностування підключені до блока формування кутових швидкостей [2].

Відомий патент на винахід надлишкової інерціальної вимірювальної системи [патент США на винахід № 4125017 М. кл. G01C 21/10; G01C 21/16; G01C 019/02; G01C 023/00, Redundant inertial measurement system, Family ID: 25230297, Appl. No.: 05/820,249, Filed: July 29, 1977]. Система, що забезпечує мінімальну надлишковість безплатформної ІНС для вимірювання параметрів руху об'єкту в просторі. Завдяки належній орієнтації двоступеневих динамічно-налагоджуваних гіроскопів (ДНГ), система здатна забезпечити повну надлишковість, використовуючи лише три гіроскопічні датчики. Це дає змогу отримати умови для виявлення та ізоляції датчиків, що відмовили.

Відомий патент на метод вимірювання сигналів векторним вимірювачем при структурно-інформаційній надлишковості [патент Росії на винахід № 2011950 М. кл. G01C 21/00, Способ измерения сигналов векторным измерителем при структурно-информационной избыточности, дата публикации 30.04.1994], що включає в себе метод виміру сигналів, пропорційних проекціям вимірюваного вектора, за допомогою блока перетворювачів, що утворюють вимірювальні базиси, виконаного зі структурно-інформаційною надлишковістю. З метою підвищення достовірності значень формованих величин, додатково виконують визначення параметрів векторної величини роздільно як за напрямком, так і за модулем. При цьому сукупність вимірювальних базисів формується з урахуванням впливу орієнтації вимірювальних базисів щодо вимірюваного вектора на достовірність вимірювань перетворювачів, осі чутливості яких утворюють вимірювальний базис [4].

Недоліками зазначених вище патентів можна вважати те, що в них приділяється увага лише виявленню та ізоляції датчиків, що відмовили. У них не оцінюється якість сигналу з подібним розташуванням, а саме не передбачено способів виявлення та компенсації похибок від перехресних складових сигналів.

Задача корисної моделі - підвищення точності вимірювань інерціальних датчиків шляхом усунення перехресних складових з вихідних сигналів чутливих елементів блока з не ортогональною орієнтацією двокомпонентних інерціальних датчиків.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі усунення перехресних похибок у надлишкових блоках двокомпонентних інерціальних датчиків, що включає вимірювання сигналів, пропорційних проекціям вимірюваного вектора, за допомогою блока двокомпонентних перетворювачів, що утворюють вимірювальні базиси, виконаного зі структурно-інформаційною надлишковістю, визначення і виключення з виміряної сукупності сигналів перетворювачів, котрі відмовили, підвищення достовірності значень формованих величин шляхом визначення параметрів векторної величини роздільно як за напрямком, так і за модулем новим є те, що у систему обробки даних з надлишкового блока введено пристрій, що на основі вихідних сигналів двокомпонентних датчиків в три етапи формує вихідний сигнал, що не містить похибок від перехресних зв'язків, домножуючи сигнали на коефіцієнти h_{Uij} , котрі залежать від розташування осей чутливості, та послідовно віднімаючи між собою отримані сигнали, покроково усуває похибки від перехресних складових сигналу, котрі з'являються в результаті вимірювань чутливими елементами визначених параметрів руху об'єкта.

Корисна модель пояснюється схемами на Фіг. 1, 2 та Фіг. 3. Суть корисної моделі пояснимо, використовуючи надлишковий блок, що складаються з трьох динамічно налагоджуваних гіроскопів. Орієнтація осей чутливості відносно вихідної системи координат такого блока показана на Фіг. 1. Орієнтація осей чутливості даного блока описується матрицею направляючих косинусів наступного вигляду:

$$H_{nk} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \\ h_{41} & h_{42} & h_{43} \\ h_{51} & h_{52} & h_{53} \\ h_{61} & h_{62} & h_{63} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Перший рядок матриці H_{nk} (1) описує положення першої осі чутливості ДНГ №1 відносно відповідно осей ξ, η, ζ блока. Другий та третій рядок характеризує положення перших осей чутливості ДНГ № 2 та ДНГ № 3 аналогічно до вищенаведеного тексту. Рядки з четвертого по шостий описують орієнтацію відповідно других осей чутливості ДНГ № 1, ДНГ № 2, ДНГ № 3 відносно осей ξ, η, ζ блока. Значення елементів матриці (1) h_{ij} можна розрахувати, використовуючи кінематичне креслення зображене на Фіг. 2.

$$H_{nk} = \begin{bmatrix} \cos \chi \cos \alpha & \sin \chi \cos \alpha & \sin \alpha \\ \cos \chi \cos \alpha & \sin \chi \cos \alpha & \sin \alpha \\ \cos \chi \cos \alpha & \sin \chi \cos \alpha & \sin \alpha \\ \sin \chi \sin \beta + & -\cos \chi \sin \beta + & \cos \alpha \cos \beta \\ + \cos \chi \cos \beta \cos(90 + \alpha) & + \sin \chi \cos \beta \cos(90 + \alpha) & \\ \sin \chi \sin \beta + & -\cos \chi \sin \beta + & \cos \alpha \cos \beta \\ + \cos \chi \cos \beta \cos(90 + \alpha) & + \sin \chi \cos \beta \cos(90 + \alpha) & \\ \sin \chi \sin \beta + & -\cos \chi \sin \beta + & \cos \alpha \cos \beta \\ + \cos \chi \cos \beta \cos(90 + \alpha) & + \sin \chi \cos \beta \cos(90 + \alpha) & \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Сигнали з інерціальних двокомпонентних датчиків (зокрема ДНГ) у загальному випадку мають вигляд:

$$\begin{aligned} \beta_1 &= k_{\text{пр}} [h_{11}\Psi_x + h_{12}\Psi_y + h_{13}\Psi_z] + k_{\text{перехр}} [h_{41}\Psi_x + h_{42}\Psi_y + h_{43}\Psi_z] \\ \alpha_1 &= k_{\text{пр}} [h_{41}\Psi_x + h_{42}\Psi_y + h_{43}\Psi_z] + k_{\text{перехр}} [-h_{11}\Psi_x - h_{12}\Psi_y - h_{13}\Psi_z] \\ \beta_2 &= k_{\text{пр}} [h_{21}\Psi_x + h_{22}\Psi_y + h_{23}\Psi_z] + k_{\text{перехр}} [h_{51}\Psi_x + h_{52}\Psi_y + h_{53}\Psi_z] \\ \alpha_2 &= k_{\text{пр}} [h_{51}\Psi_x + h_{52}\Psi_y + h_{53}\Psi_z] + k_{\text{перехр}} [-h_{21}\Psi_x - h_{22}\Psi_y - h_{23}\Psi_z] \\ \beta_3 &= k_{\text{пр}} [h_{31}\Psi_x + h_{32}\Psi_y + h_{33}\Psi_z] + k_{\text{перехр}} [h_{61}\Psi_x + h_{62}\Psi_y + h_{63}\Psi_z] \\ \alpha_3 &= k_{\text{пр}} [h_{61}\Psi_x + h_{62}\Psi_y + h_{63}\Psi_z] + k_{\text{перехр}} [-h_{31}\Psi_x - h_{32}\Psi_y - h_{33}\Psi_z] \end{aligned} \quad (3)$$

На прикладі сигналу β_1 з системи рівнянь (3) проаналізуємо склад вихідного сигналу інерціального датчика. Дане рівняння можемо розділити на дві частини, де перша частина $k_{\text{пр}} [h_{11}\Psi_x + h_{12}\Psi_y + h_{13}\Psi_z]$ є корисною інформативною складовою. Друга частина $k_{\text{перехр}} [h_{41}\Psi_x + h_{42}\Psi_y + h_{43}\Psi_z]$ відповідно є перехресною складовою сигналу. Як видно з рівняння (3), перехресна складова сигналу складається з суми трьох частин:

$(k_{\text{перехр}} h_{41} \Psi_x), (k_{\text{перехр}} h_{42} \Psi_y), (k_{\text{перехр}} h_{43} \Psi_z)$. Саме покрокове усунення цих складових в три етапи є метою алгоритму, що реалізується в пристрої усунення перехресного зв'язку в сигналі.

Алгоритм пристрою усунення перехресного зв'язку в сигналі для блока двокомпонентних інерціальних датчиків (напр. ДНГ) (Фіг. 3).

1. 6 вихідних сигналів гіроскопів з блока розбиваємо на 4 пари:

$$U_1 \rightarrow \beta_1 \text{ та } \alpha_1, U_2 \rightarrow \beta_2 \text{ та } \alpha_2, U_3 \rightarrow \beta_3 \text{ та } \alpha_3, U_4 \rightarrow \beta_1 \text{ та } \alpha_2.$$

2. Сигнал першої осі чутливості ДНГ № 1 β_1 домножуємо на складову матриці направляючих косинусів h_{13} , а сигнал другої осі чутливості ДНГ № 1 α_1 на h_{43} . Отримані сигнали додаємо один до одного. Отримуємо сигнал U_1 :

$$U_1 = h_{13}\beta_1 + h_{43}\alpha_1;$$

$$U_1 = ((h_{13}h_{11} + h_{43}h_{41})\Psi_x + (h_{13}h_{12} + h_{43}h_{42})\Psi_y + (h_{13}^2 + h_{43}^2)\Psi_z)k_{pr} + \\ + ((h_{13}h_{41} - h_{43}h_{11})\Psi_x + (h_{13}h_{42} - h_{43}h_{12})\Psi_y)k_{perehr}.$$

3. Сигнал першої осі чутливості ДНГ № 2 β_2 домножуємо на складову матриці направляючих косинусів h_{23} , а сигнал другої осі чутливості ДНГ № 2 α_2 на h_{53} . Отримані сигнали додаємо один до одного. Отримуємо сигнал U_2 :

$$5 \quad U_2 = h_{23}\beta_2 + h_{53}\alpha_2;$$

$$U_2 = ((h_{23}h_{21} + h_{53}h_{51})\Psi_x + (h_{23}h_{22} + h_{53}h_{52})\Psi_y + (h_{23}^2 + h_{53}^2)\Psi_z)k_{pr} + \\ + ((h_{23}h_{51} - h_{53}h_{21})\Psi_x + (h_{23}h_{52} - h_{53}h_{22})\Psi_y)k_{perehr}.$$

4. Сигнал першої осі чутливості ДНГ № 3 β_3 домножуємо на складову матриці направляючих косинусів h_{23} , а сигнал другої осі чутливості ДНГ № 3 α_3 на h_{63} . Отримані сигнали додаємо один до одного. Отримуємо сигнал U_3 :

$$10 \quad U_3 = h_{33}\beta_3 + h_{63}\alpha_3;$$

$$U_3 = ((h_{33}h_{31} + h_{63}h_{61})\Psi_x + (h_{33}h_{32} + h_{63}h_{62})\Psi_y + (h_{33}^2 + h_{63}^2)\Psi_z)k_{pr} + \\ + ((h_{33}h_{61} - h_{63}h_{31})\Psi_x + (h_{33}h_{62} - h_{63}h_{32})\Psi_y)k_{perehr}.$$

5. Сигнал першої осі чутливості ДНГ № 1 β_1 домножуємо на складову матриці направляючих косинусів h_{23} , а сигнал другої осі чутливості ДНГ № 2 α_2 на h_{43} . Отримані сигнали додаємо один до одного. Отримуємо сигнал U_4 :

$$15 \quad U_4 = h_{23}\beta_1 + h_{43}\alpha_2;$$

$$U_4 = ((h_{23}h_{11} + h_{43}h_{51})\Psi_x + (h_{23}h_{12} + h_{43}h_{52})\Psi_y + (h_{23}h_{13} + h_{43}h_{53})\Psi_z)k_{pr} + \\ + ((h_{23}h_{41} - h_{43}h_{21})\Psi_x + (h_{23}h_{42} - h_{43}h_{22})\Psi_y)k_{perehr}.$$

6. Сигнал U_1 домножуємо на коефіцієнт $h_{U2} = h_{23}h_{52} - h_{53}h_{22}$, а сигнал U_2 на коефіцієнт $h_{U1} = h_{13}h_{42} - h_{43}h_{12}$. Від сигналу $U_1 \cdot h_{U2}$ віднімаємо сигнал $U_2 \cdot h_{U1}$.

$$U_{12} = h_{U2} \cdot U_1 - h_{U1} \cdot U_2.$$

$$20 \quad U_{12} = (((h_{23}h_{52} - h_{53}h_{22})(h_{13}h_{11} + h_{43}h_{41}) - (h_{13}h_{42} - h_{43}h_{12})(h_{23}h_{21} + h_{53}h_{51})) \cdot \Psi_x + \\ + ((h_{23}h_{52} - h_{53}h_{22})(h_{13}h_{12} + h_{43}h_{42}) - (h_{13}h_{42} - h_{43}h_{12})(h_{23}h_{22} + h_{53}h_{52})) \cdot \Psi_y + \\ + ((h_{23}h_{52} - h_{53}h_{22})(h_{13}^2 + h_{43}^2) - (h_{13}h_{42} - h_{43}h_{12})(h_{23}^2 + h_{53}^2)) \cdot \Psi_z) \cdot k_{pr} + \\ + ((h_{23}h_{52} - h_{53}h_{22})(h_{13}h_{42} - h_{43}h_{11}) - (h_{13}h_{42} - h_{43}h_{12})(h_{23}h_{51} - h_{53}h_{21})) \cdot \Psi_x k_{perehr}.$$

7. Сигнал U_3 домножуємо на коефіцієнт $h_{U4} = h_{23}h_{42} - h_{43}h_{22}$, а сигнал U_4 домножуємо на коефіцієнт $h_{U3} = h_{33}h_{62} - h_{63}h_{32}$. Від сигналу $U_3 \cdot h_{U4}$ віднімаємо сигнал $U_4 \cdot h_{U3}$.

$$U_{34} = h_{U4} \cdot U_3 - h_{U3} \cdot U_4.$$

$$U_{34} = (((h_{23}h_{42} - h_{43}h_{22})(h_{13}h_{31} + h_{63}h_{61}) - (h_{33}h_{62} - h_{63}h_{32})(h_{23}h_{11} + h_{43}h_{51})) \cdot \Psi_x + \\ + ((h_{23}h_{42} - h_{43}h_{22})(h_{33}h_{32} + h_{63}h_{62}) - (h_{33}h_{62} - h_{63}h_{32})(h_{23}h_{12} + h_{43}h_{52})) \cdot \Psi_y + \\ + ((h_{23}h_{42} - h_{43}h_{22})(h_{33}^2 + h_{63}^2) - (h_{33}h_{62} - h_{63}h_{32})(h_{23}h_{13} + h_{43}h_{53})) \cdot \Psi_z)k_{pr} + \\ + ((h_{23}h_{42} - h_{43}h_{22})(h_{33}h_{61} - h_{63}h_{31}) - (h_{33}h_{62} - h_{63}h_{32})(h_{23}h_{41} - h_{43}h_{21})) \cdot \Psi_x k_{perehr}.$$

25 8. Сигнал U_{12} домножуємо на коефіцієнт

$h_{U34} = (h_{23}h_{42} - h_{43}h_{22})(h_{33}h_{61} - h_{63}h_{31}) - (h_{33}h_{62} - h_{63}h_{32})(h_{23}h_{41} - h_{43}h_{21})$, а сигнал U_{34} домножуємо на коефіцієнт

$h_{U12} = (h_{23}h_{52} - h_{53}h_{22})(h_{13}h_{41} - h_{43}h_{11}) - (h_{13}h_{42} - h_{43}h_{12})(h_{23}h_{51} - h_{53}h_{21})$. Від сигналу $U_{12} \cdot h_{U34}$ віднімаємо сигнал $U_{34} \cdot h_{U12}$.

$$30 \quad U_1 = h_{U34} \cdot U_{12} - h_{U12} \cdot U_{34}.$$

$$U_1 = k_{pr}(\mu_{11} \cdot \Psi_x + \mu_{12} \cdot \Psi_y + \mu_{13} \cdot \Psi_z), \text{ де коефіцієнти } \mu_{11}, \mu_{12}, \mu_{13} \text{ дорівнюють:}$$

$$\begin{aligned}
\mu_{11} = & ((h_{23}h_{52} - h_{53}h_{22})(h_{13}h_{41} - h_{43}h_{11}) - (h_{13}h_{42} - h_{43}h_{12})(h_{23}h_{51} - h_{53}h_{21})) \times \\
& \times ((h_{23}h_{42} - h_{43}h_{22})(h_{33}h_{31} + h_{63}h_{61}) - (h_{33}h_{62} - h_{63}h_{32})(h_{23}h_{11} + h_{43}h_{51})) \\
& ((h_{23}h_{42} - h_{43}h_{22})(h_{33}h_{61} - h_{63}h_{31}) - (h_{33}h_{62} - h_{63}h_{32})(h_{23}h_{41} - h_{43}h_{21})) \times \\
& \times ((h_{23}h_{52} - h_{53}h_{22})(h_{13}h_{11} + h_{43}h_{41}) - (h_{13}h_{42} - h_{43}h_{12})(h_{23}h_{21} + h_{53}h_{51})); \\
\mu_{12} = & ((h_{23}h_{52} - h_{53}h_{22})(h_{13}h_{41} - h_{43}h_{11}) - (h_{13}h_{42} - h_{43}h_{12})(h_{23}h_{51} - h_{53}h_{21})) \times \\
& \times ((h_{23}h_{42} - h_{43}h_{22})(h_{33}h_{32} + h_{63}h_{62}) - (h_{33}h_{62} - h_{63}h_{32})(h_{23}h_{11} + h_{43}h_{52})) \\
& ((h_{23}h_{42} - h_{43}h_{22})(h_{33}h_{61} - h_{63}h_{31}) - (h_{33}h_{62} - h_{63}h_{32})(h_{23}h_{41} - h_{43}h_{21})) \times \\
& \times ((h_{23}h_{52} - h_{53}h_{22})(h_{13}h_{12} + h_{43}h_{42}) - (h_{13}h_{42} - h_{43}h_{12})(h_{23}h_{22} + h_{53}h_{52})); \\
\mu_{13} = & ((h_{23}h_{52} - h_{53}h_{22})(h_{13}h_{41} - h_{43}h_{11}) - (h_{13}h_{42} - h_{43}h_{12})(h_{23}h_{51} - h_{53}h_{21})) \times \\
& \times ((h_{23}h_{42} - h_{43}h_{22})(h_{33}^2 + h_{63}^2) - (h_{33}h_{62} - h_{63}h_{32})(h_{23}h_{13} + h_{43}h_{53})) \\
& ((h_{23}h_{42} - h_{43}h_{22})(h_{33}h_{61} - h_{63}h_{31}) - (h_{33}h_{62} - h_{63}h_{32})(h_{23}h_{41} - h_{43}h_{21})) \times \\
& \times ((h_{23}h_{52} - h_{53}h_{22})(h_{13}^2 + h_{43}^2) - (h_{13}h_{42} - h_{43}h_{12})(h_{23}^2 + h_{53}^2));
\end{aligned}$$

- 5 Таким чином, використовуючи даний алгоритм, ми отримуємо на виході сигнал, позбавлений шкідливого впливу перехресного зв'язку. Для того, щоб отримати окремо Ψ_x, Ψ_y, Ψ_z аналогічно потрібно сформулювати мінімум ще два сигнали. Ці сигнали дадуть змогу скласти систему лінійних рівнянь, з якої можна визначити кожен складову повороту.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

10

Спосіб усунення перехресних похибок у надлишкових блоках двокомпонентних інерціальних датчиків, що включає вимірювання сигналів, пропорційних проекціям вимірюваного вектора, за допомогою блока двокомпонентних перетворювачів, що утворюють вимірювальні базиси, виконаного зі структурно-інформаційної надлишковістю, визначення і виключення з вимірюваної сукупності сигналів перетворювачів, котрі відмовили, підвищення достовірності значень формованих величин шляхом визначення параметрів векторної величини роздільно як за напрямком, так і за модулем, який **відрізняється** тим, що у систему обробки даних з надлишкового блока введено пристрій, що на основі вихідних сигналів двокомпонентних датчиків в три етапи формує вихідний сигнал, що не містить похибок від перехресних зв'язків, домножуючи сигнали на коефіцієнти h_{Uij} , котрі залежать від розташування осей чутливості, та послідовно віднімаючи між собою отримані сигнали, покроково усуває похибки від перехресних складових сигналу, котрі з'являються в результаті вимірювань чутливими елементами визначених параметрів руху об'єкта.

15

20

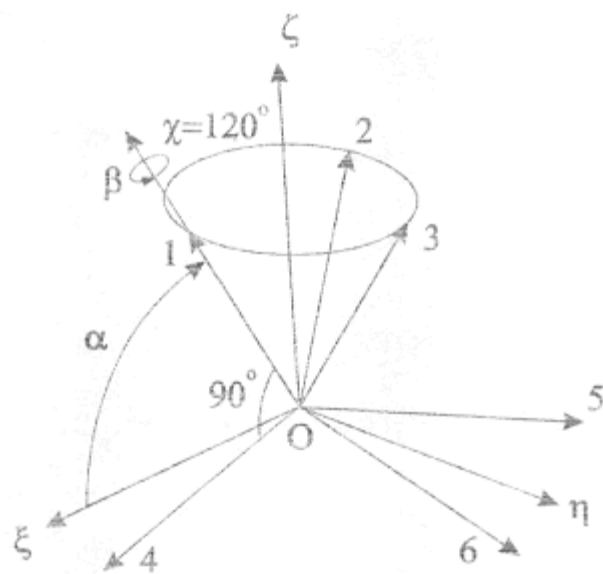


Fig. 1

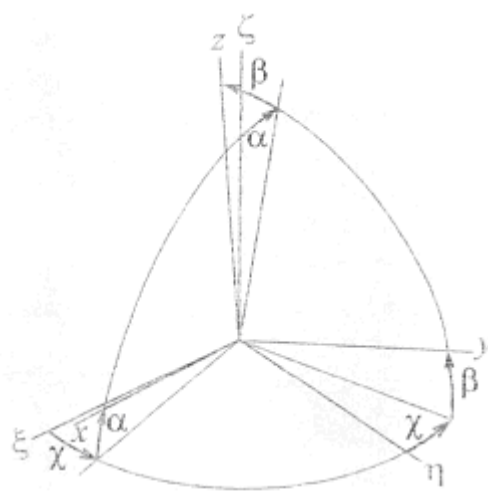
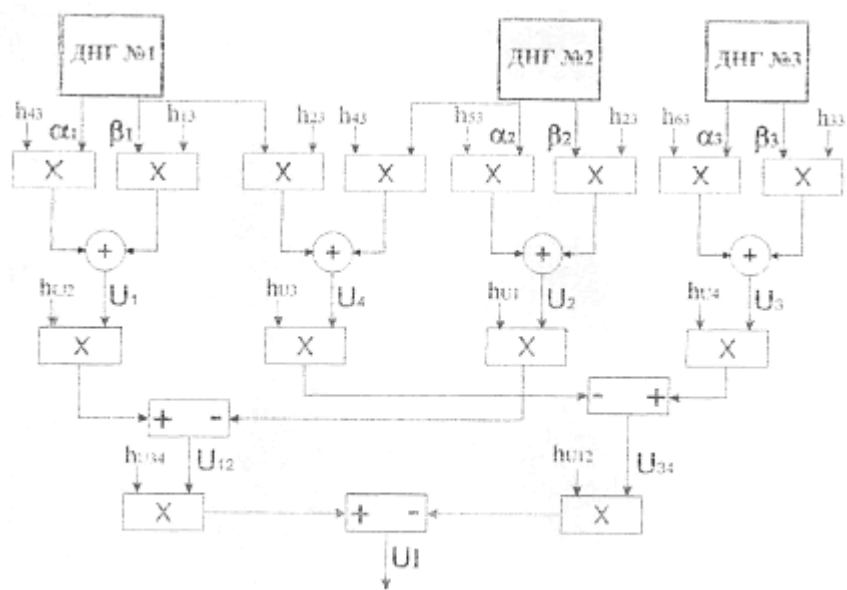


Fig. 2



Фиг. 3