

**СЕКЦІЯ 1**  
**КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ**  
**НАВІГАЦІЇ І КЕРУВАННЯ**

УДК 531.383

**МОДЕЛЮВАННЯ АСТАТИЧНОГО ІДЕНТИФІКАТОРА СТАНУ В СИСТЕМІ**  
**КЕРУВАННЯ ЧУТЛИВИМ ЕЛЕМЕНТОМ ГІРОТЕОДОЛІТА**

<sup>1)</sup>Боярчук А.О., <sup>2)</sup>Мураховський С.А.,  
<sup>1)</sup>КП СПБ «Арсенал», Київ, Україна, <sup>2)</sup>Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна  
E-mail: [s.murakhovsky@kpi.ua](mailto:s.murakhovsky@kpi.ua)

Сучасні високоточні засоби наземного орієнтування часто застосовуються у складних умовах, зокрема, при наявності зовнішніх збурень, що спричинені різними факторами, наприклад, переміщення людей, робота двигунів або інших механічних пристосувань. Такі збурення можна описати детермінованими (гармонічними) або випадковими (квазігармонічними) сигналами. При наявності вібраційних збурень чутливі елементи, що реалізовані у вигляді маятника, будуть схильні до появи додаткових шкідливих сигналів на виході датчика. Крім того можуть виникати значні постійні складові вібраційної похибки, що негативно впливає на точність приладу в цілому.

В даній роботі запропоновано астатичний ідентифікатор стану для оцінки параметрів руху чутливого елемента, який має властивість незбурюваності постійними складовими зовнішніх впливів, а також, можливість визначення оцінки величини постійної складової зовнішнього збурення.

Представимо математичну модель руху ЧЕ у вигляді:

$$\begin{cases} J_z \ddot{\alpha} + H \ddot{\beta} + H \omega_3 \cos \varphi_g \alpha + C_\alpha \alpha = M_K + M_L \\ (J_x + ml^2) \ddot{\beta} + mgl \beta - H \dot{\alpha} + ml \ddot{y} = 0 \\ ml \ddot{\beta} + m \ddot{y} + C_y y = 0 \end{cases},$$

де  $\alpha, \beta$  – кути повороту чутливого елемента відносно корпусу приладу;  $y$  – зміщення точки підвісу чутливого елемента відносно корпусу приладу в напрямку осі  $Y$ ;  $M_K$  – компенсаційний момент, який формується системою керування;  $M_L$  – зовнішнє моментне збурення;  $J_x, J_z$  – осьові моменти інерції чутливого елемента;  $H$  – кінетичний момент гіроскопа;  $m$  – маса чутливого елемента;  $l$  – зміщення центру мас ЧЕ відносно точки підвісу;  $\omega_3$  – кутова швидкість обертання Землі;  $\varphi_g$  – географічна широта місця установки приладу;  $C_\alpha$  – кутова жорсткість підвісу відносно осі  $Z$ ;  $C_y$  – лінійна жорсткість підвісу відносно осі  $Y$ .

Зовнішнє моментне збурення, що діє на чутливий елемент гіротеодоліта, можна представити у вигляді:

$$M_L = mgl \left[ \left( n_E + \frac{1}{g} \ddot{z} \right) \beta + \left( n_N + \frac{1}{g} \ddot{x} \right) \gamma \right]$$

де  $n_E$ ,  $n_N$  – складові перевантаження точки підвісу гіротеодоліта.

Момент  $M_L$  обумовлений дією поступальних прискорень в горизонтальній площині, що виникають внаслідок власного руху чутливого елемента та вимушеного руху основи, на яку вставлено гіротеодоліт.

В роботі припускається вимірювання тільки кута повороту чутливого елемента  $\alpha$ ,  $C = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$ . Можна показати, що в такому випадку система буде повністю спостережуваною.

Астатичний ідентифікатор стану може бути представлений матричним рівнянням:

$$\dot{\hat{X}} = A\hat{X} + BU + K(Y - C\hat{X}) + K_i \int (Y - C\hat{X}) dt,$$

де  $K$  – матриця коефіцієнтів відповідного статичного спостережувача,  $K_i$  – матриця коефіцієнтів інтегральних зв'язків;

$$K = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \\ k_5 \\ k_6 \end{bmatrix}; K_i = \begin{bmatrix} 0 \\ k_2 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Для визначення коефіцієнтів використовується стандартна форма полінома Ньютона:

$$\det(pE - A + KC) = p^6 + 6\omega_0 p^5 + 15\omega_0^2 p^4 + 20\omega_0^3 p^3 + 15\omega_0^4 p^2 + 6\omega_0^5 p + \omega_0^6$$

Результати моделювання показали, що запропонована модель оцінки параметрів руху чутливого елемента гіротеодоліту, яка включає астатичний ідентифікатор стану дозволяє суттєво зменшити вплив вібраційної похибки на вихідний сигнал приладу.

В подальших дослідженнях планується побудова узагальненої системи, яка включає керування рухом чутливого елемента як в азимуті, так і в негіростабілізованій площині, проте розширена модель в такому випадку буде нелінійною.

*Ключові слова:* гіротеодоліт, астатичний ідентифікатор стану, вібраційна похибка.