

УДК 621.317

**Безвесільна О.М., д.т.н., проф.**

Національний технічний університет України “КПІ”, Україна

**Коваль А.В., аспір.**

Житомирський державний технологічний університет, Україна

## ПЕРЕНЕСЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ У ПРОГРАМНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Розроблено ряд блок-схем для введення математичної моделі у систему Simulink програмного комплексу MATLAB

Ключові слова: модель, MATLAB, Simulink, блок-схема

Bezvesilna O.M., D.E., prof.

National Technical University of Ukraine “KPI”, Ukraine

Koval A.V., aspir.

Zhytomyr State Technological University, Ukraine

## TRANSFERRING MATHEMATICAL MODEL INTO SOFTWARE ENVIRONMENT

A series of block diagrams is developed for introduction of mathematical model in system Simulink of program complex MATLAB

Key words: model, MATLAB, Simulink, block diagram

Для опису роботи гірографіметра в умовах збурень розроблена математична модель яка в операторному вигляді має такий вигляд:

$$\begin{cases} \alpha = (p \cdot (B \cdot p + f_1) \cdot M_2 - (H \cdot \cos \beta \cdot p + K_k) \cdot (-m_{t+k} \cdot l \cdot \cos \beta \cdot (W_\xi - g_\xi) + M_1)) / \Delta, \\ \beta = ((H \cdot \cos \beta \cdot p + K_k) \cdot (-m_{t+k} \cdot l \cdot \cos \beta \cdot (W_\xi - g_\xi) + M_1) / \Delta, \\ \Delta = p \cdot (A \cdot B \cdot p^3 + (A \cdot f_1 + B \cdot f_2) \cdot p^2 + (f_1 \cdot f_2 + H^2 \cdot \cos^2 \beta) \cdot p + H \cdot \cos \beta \cdot K_k), \end{cases} \quad (1)$$

$$A = I_{X2 \cdot P} + I_{X.K} + I_{X.G}, \quad H = \gamma \cdot I_{Z.G}, \quad M_{\Gamma+K} = M_\Gamma + M_K, \quad (2)$$

$$B = I_{Y1.K} + I_{Y1.G}, \quad (3)$$

$$M_1 = -L \cdot (M_{\Gamma+K}) \cdot ((W_\eta - G_\eta) \cdot \sin \alpha - (W_\varepsilon - G_\varepsilon) \cdot \cos \alpha) \cdot \sin \beta - B^I \cdot (\omega_\eta \cdot \cos \alpha + \omega_\varepsilon \cdot \sin \alpha) + H \cdot (\omega_\xi \cdot \cos \beta + (\omega_\eta \cdot \sin \alpha - \omega_\zeta \cdot \cos \alpha) \cdot \sin \beta) - M_{T1} \cdot \text{SIGN}(\beta), \quad (4)$$

$$M_2 = -A \cdot \omega_\xi - H \cdot (\omega_\eta \cdot \cos \alpha + \omega_\xi \cdot \sin \alpha) \cdot \cos \beta + N \cdot (-\Omega_\eta \cdot \sin \alpha + \Omega_\zeta \cdot \cos \alpha) \cdot \sin \beta - M_{T2} \cdot \text{SIGN}(\alpha), \quad (5)$$

$$B^I = (B - I^2 \cdot (M_K + M_\Gamma)), \quad (6)$$

$$N = (-L^2 \cdot (M_K + M_\Gamma) + (I_{ш. z1. K} + I_{ш. z. \Gamma}) - (I_{1. x1. K} + I_{1. x. \Gamma})). \quad (7)$$

Зазначимо те, що у рівняннях параметрів математичної моделі враховано вплив неперпендикулярності рамок підвісу гіромотора під час роботи гірографіметра так: у рівняннях (1 – 7) не спрощувались величини  $\sin \beta$ ,  $\cos \beta$ .

Перенесемо математичну модель у програмне середовище:

використаємо систему Simulink програмного комплексу MATLAB;

основну математичну модель розіб'ємо на дев'ять складових частин:

- підсистема визначення лінійних прискорень горизонтально-стабілізованої платформи (ГСП);
- підсистема визначення кутових швидкостей ГСП;
- підсистема визначення суми зовнішніх по відношенню до гірографіметра моментів, прикладених відносно осі внутрішнього підвісу гіромотора;

- підсистема визначення суми зовнішніх моментів, прикладених відносно осі підвісу зовнішньої рамки гірогравіметра;
- підсистема визначення кута  $\alpha(t)$  повороту зовнішньої рамки навколо осі підвісу зовнішньої рамки;
- підсистема визначення кута  $\beta(t)$  повороту гіромотора;
- підсистема обробки показів гірогравіметра та визначення  $g_{\xi, \text{вим}}$  ;
- підсистема задання параметрів гірогравіметра;
- основна система, що включає вісім визначених вище підсистем і встановлює зв'язки між ними;

3) для побудови основної системи та підсистем нами використані такі елементи бібліотеки модулів Simulink:

- елементи розділу Sources: Clock, Constant;
- елементи розділу Continuous: Derivative, Integrator;
- елементи розділу Sinks: Display, Scope;
- елементи розділу Math: Abs, Dot Product, Gain, Product, Sign, Sum, Trigonometric Function;
- елементи розділу Nonlinear: Dead Zone 1;
- елементи розділу Signal & System: Subsystem, In 1, From, Go to, Out 1.

Для здійснення процесу моделювання за допомогою електронно-обчислювальної машини для математичної моделі роботи гірогравіметра в умовах збурень та основного рівняння роботи (обробки показів) гірогравіметра було розроблено ряд блок-схем для введення у систему Simulink програмного комплексу MATLAB. Фактично, у процесі моделювання відбувся розв'язок чисельними методами диференціальних рівнянь математичної моделі роботи гравіметра і підстанова розв'язку в основне рівняння роботи гірогравіметра.

Таким чином, для введення у систему Simulink розроблено дев'ять блок-схем, що відповідають дев'яти частинам загальної моделі: блок-схема підсистеми завдання параметрів гірогравіметра; блок-схема підсистеми визначення лінійних прискорень ГСП (збурюючих лінійних прискорень у місці установки гірогравіметра); блок-схема підсистеми визначення кутових швидкостей ГСП (збурюючих кутових швидкостей у місці установки гірогравіметра); блок-схема визначення суми  $M_1$  зовнішніх по відношенню до гірогравіметра моментів, прикладених відносно осі внутрішнього підвісу гіромотора; блок-схема визначення суми  $M_2$  зовнішніх по відношенню до гірогравіметра моментів, прикладених відносно осі підвісу зовнішньої рамки; блок-схема підсистеми визначення кута  $\alpha$ ; блок-схема підсистеми визначення кута  $\beta$ ; блок-схема підсистеми визначення  $g_{\xi, \text{вим}}$ ; блок-схема основної системи.

При побудові блок-схем моделі гірогравіметра використано нелінійний елемент із зоною нечуливості для коректного врахування моментів сил сухого тертя. Сукупність блок-схем моделі гірогравіметра побудована так, що перед кожною реалізацією (симуляцією) роботи гірогравіметра оператор міг в окремій підсистемі (підсистемі задання параметрів гірогравіметра) задавати як конструктивні параметри гірогравіметра:  $\bar{d}$ ,  $N$ ,  $m$ ,  $n$ ,  $K_k$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $A$ ,  $B$ ,  $N$  так і амплітуди, частоти та фази збурюючих лінійних прискорень та кутових швидкостей.