

УДК 621.833.6

М.С. Михайлишин, В.М. Михайлишин, П.Д. Стухляк, В.М. Каретін,  
А.М. Курко

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ І ДИНАМІКИ ДЕБАЛАНСУ ІНЕРЦІЙНОГО МОДУЛЯ

UDC 621.833.6

М. Mykhailyshyn, V. Mykhailyshyn, P. Stukhlyak, V. Karetin, A. Kurko

## STUDY OF THE KINEMATICS AND DYNAMICS OF THE UNBALANCE OF THE INERTIAL MODULE

Для теоретичного дослідження впливу кінематичних характеристик дебалансу на силові параметри інерційного модуля складено розрахункову схему інерційного модуля (рис. 1.), де  $OC = OO_1 = r$  – висота початкових конусів сателіта і опорного колеса вихідної ланки;  $KC = h$  – відстань від площини основи початкового конуса сателіта до дебаланса;  $KM = \rho$  – радіус центру маси дебаланса відносно осі сателіта;  $AO = l$  – відстань від центральної осі  $Ax$  до вершин початкових конусів конічних коліс.

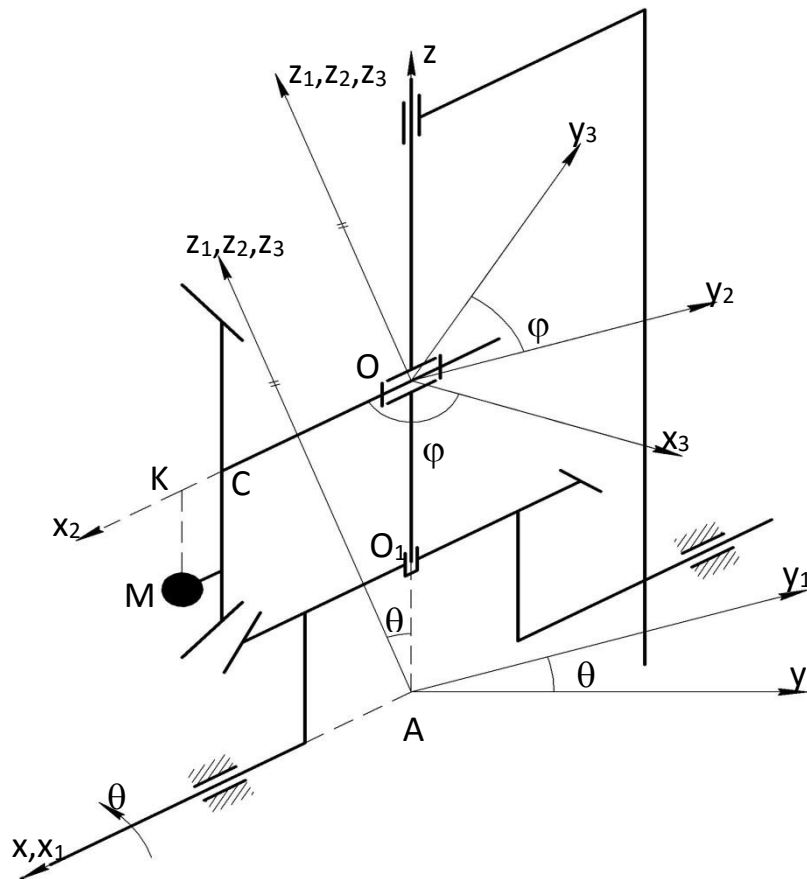


Рисунок 1. Розрахункова схема інерційного модуля

Для визначення координат дебаланса введено нерухому систему координат  $Ax_1y_1z_1$  так, що вісь  $Ax_1$  співпадає з центральною віссю механізму. Рухомою системою координат  $Ax_2y_2z_2$  зв'язана з інерційним модулем так, що осі  $Ax_2$  та  $Ax_1$  суміщені, а з віссю  $Az_2$  суміщена вісь початкового

конуса опорного колеса вихідної ланки. Система координат  $Ox_2y_2z_2$  утворена перенесенням системи  $Ax_1y_1z_1$  вздовж осі  $z_1$  на відстань  $l$  так, що початок  $O$  співпадає з вершинами початкових конусів конічних коліс, а вісь  $x_2$  паралельна до осей  $Ax$  та  $Ax_1$ . Система координат  $Ox_3y_3z_3$  введена так, що початок  $O$  співпадає з вершинами конічних коліс, а площина  $Ox_3y_3$  суміщена з площиною  $Ox_2y_2$ . В початковий момент часу площини  $xAz$ ,  $xAz_1$ ,  $x_2Oz_2$  і  $x_3Az_3$  суміщені (рис. 1.).

В довільній момент часу  $t$  вісь конічного колеса повернулася на кут  $\varphi = \omega t$  навколо осі  $z_3$ . Координати дебалансу відносно осей  $Ox_3y_3z_3$  стануть рівними:

$$\begin{aligned}x_3 &= r + h; \\y_3 &= -\rho \sin \varphi; \\z_3 &= r - \rho \cos \varphi;\end{aligned}$$

Для визначення координат дебалансу в довільний момент часу у системі координат  $Ox_2y_2z_2$  необхідно скласти матрицю  $A_{2,3}$  направляючих косинусів між осями  $Ox_3y_3z_3$  і  $Ox_2y_2z_2$ :

$$A_{2,3} = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Отже координати дебаланса в системі координат  $Ox_2y_2z_2$  будуть:

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} = A_{2,3} \cdot \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} r + h \\ -\rho \sin \varphi \\ r - \rho \cos \varphi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (r + h) \cos \varphi + \rho \sin^2 \varphi \\ (r + h) \sin \varphi - \rho \sin \varphi \cos \varphi \\ r - \rho \cos \varphi \end{pmatrix}.$$

Координати дебаланса в системі координат  $Ax_1y_1z_1$  такі:

$$x_1 = x_2; \quad y_1 = y_2; \quad z_1 = l + z_2;$$

Аналогічно, вводячи використовуючи матрицю направляючих косинусів  $A_{0,1}$ , знайдемо координати дебалансу в нерухомій системі координат:

$$\begin{cases} x = (r + h) \cos \varphi + \rho \sin^2 \varphi \\ y = (r + h - \rho \cos \varphi) \sin \varphi \cos \theta + (r + l - \rho \cos \varphi) \sin \theta; \\ z = -(r + h - \rho \cos \varphi) \sin \varphi \sin \theta + (r + l - \rho \cos \varphi) \cos \theta; \end{cases}$$

Покладаючи  $\varphi = \omega t$ ;  $\theta = \omega_1 t$  можемо знайти проекції швидкості та прискорення дебаланса на осі нерухомої системи координат. Для проекцій прискорень отримаємо:

$$\begin{aligned}\ddot{x} &= -\omega^2 \cos \omega t (r + h - 2\rho \cos \omega t) - 2\rho \omega^2 \sin^2 \omega t; \\ \ddot{y} &= C \cos \omega t \sin \omega t \cos \omega_1 t + 2\rho \omega \omega_1 \sin \omega_1 t \cos 2\omega t - (r + l) \omega_1^2 \sin \omega_1 t + A \cos \omega t \sin \omega_1 t + B \sin \omega t \cos \omega_1 t; \\ \ddot{z} &= -C \cos \omega t \sin \omega t \sin \omega_1 t + 2\rho \omega \omega_1 \cos \omega_1 t \cos 2\omega t - (r + l) \omega_1^2 \cos \omega_1 t + A \cos \omega t \cos \omega_1 t - B \sin \omega t \sin \omega_1 t.\end{aligned}$$

Отримані формули дозволяють визначити моменти сил інерції дебаланса відносно нерухомої осі  $Ax$ , які приводять в рух інерційний модуль.