

Билет №22

1. Модель погрешностей РВГ Стр. 134 (посл. абзац), 135-136

Рассмотрим методику определения модели погрешности РВГ для следующих условий: $\Omega_\eta^0 = \text{const}$ — измеряемая величина; угловая вибрация с частотой $2\dot{\varphi}_0$ вокруг оси $O\xi$: $\Omega_\xi = \Omega_\xi^0 \sin 2\dot{\varphi}_0 t$; ускорение $W_\eta^0 = \text{const}$; линейная вибрация вдоль оси Oz с частотой $\dot{\varphi}_0$ и ускорением $W_z = W_z^0 \cos \dot{\varphi}_0 t$; имеется разбалансировка ротора l_x, l_y .

Проанализируем канал α_ξ (для канала β_η методика аналогична). С учетом приведенных условий уравнение (89) при $\dot{\alpha} = \ddot{\alpha} = 0, \alpha_\xi = \alpha \cos \varphi$ принимает вид

$$K_\alpha \alpha = H(\Omega_\xi \sin \varphi - \Omega_\eta \cos \varphi) - B\dot{\Omega}_\xi \cos \varphi + M_y^{\text{BP}};$$

134

$$\begin{aligned} \frac{2K_\alpha \alpha_\xi}{H} = & -\Omega_\eta^0 - \Omega_\eta^0 \cos 2\varphi + \Omega_\xi \sin 2\varphi - \\ & - \frac{B\dot{\Omega}_\xi}{H} (1 + \cos 2\varphi) + \frac{2M_y^{\text{BP}} \cos \varphi}{H}. \end{aligned} \quad (94)$$

Определим моменты M_y^{BP} для малых α при заданных условиях (рис. 74).

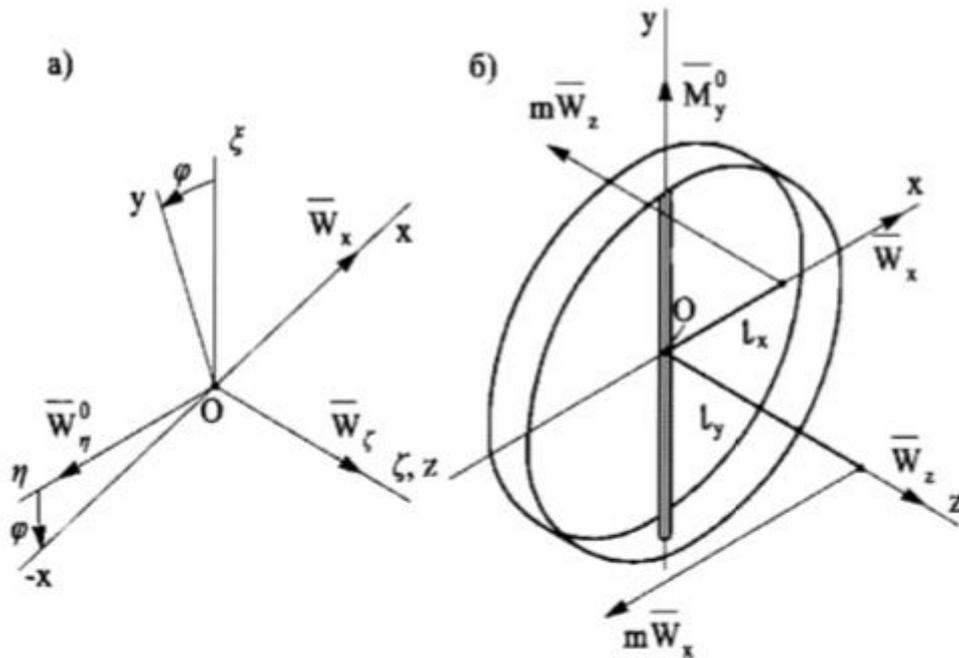


Рис. 74. К определению вредных моментов, действующих вокруг оси Oy торсиона

Проекции ускорений на оси СК $Oxyz$ (рис. 74, а):

$$W_x = -W_\eta^0 \cos \varphi; \quad W_y = W_\eta^0 \sin \varphi; \quad W_z = W_\zeta = W_\zeta^0 \cos \varphi.$$

Определим момент, действующий вокруг оси Oy (рис. 74, б):

$$\begin{aligned} M_y^{\text{вн}} &= M_y^0 + mW_z l_x - mW_x l_z = \\ &= M_y^0 + ml_x W_\zeta^0 \cos \varphi + ml_z W_\eta^0 \cos \varphi, \end{aligned}$$

где M_y^0 — постоянный внешний момент.

Запишем уравнение (94), учитывая только постоянные составляющие α_ξ^* :

$$\frac{2K_\alpha \alpha_\xi^*}{H} = -\Omega_\eta^0 + \omega_1(g)n_\zeta + \omega_1^*(g)n_\eta + K_\beta \Omega_\xi^0, \quad (95)$$

135

где $K_\beta = \frac{C - B - A}{2(C + B - A)}$ — коэффициент, характеризующий снижение влияния вибрации; $\omega_1(g) = \frac{Gl_x}{H}$, $\omega_1^*(g) = \frac{Gl_z}{H}$ — удельные составляющие ССП; $n_\zeta = \frac{W_\zeta^0}{g}$; $n_\eta = \frac{W_\eta^0}{g}$.

Если учесть неравножесткость подвеса ротора (в частности, изгибную жесткость в направлении осей Ox и Oz), то появится составляющая погрешности $\omega_2(g^2)n^2$.

Модель погрешности РВГ запишем в форме (44) ССП гироскопа:

$$\Delta\Omega = \omega_0 + \omega_1(g)n_\zeta + \omega_1^*(g)n_\eta + \omega_2(g^2)n^2, \quad (96)$$

где $\omega_0 = 2K_\alpha \alpha^* H^{-1} + K_\beta \Omega_\xi^0 + \omega'_0$ (ω'_0 — дополнительная скорость дрейфа, не зависящая от перегрузки).

Наличие угла отклонения ротора α^* приводит к увеличению погрешности РВГ. Модель (96) не учитывает погрешности, связанные с температурой, нестабильностью характеристик прибора и т. д. В связи с невысокой точностью РВГ находит ограниченное применение.

2. Погрешности интегрирующего гироскопа

Стр. 112, 114, 117

Запишем уравнение движения ПИГ (см. рис. 63), пренебрегая центробежным инерционным моментом:

$$A_0(\ddot{\beta} + \dot{\Omega}_\xi) + D\dot{\beta} - H(\Omega_\zeta \cos \beta - \Omega_\eta \sin \beta) + M_x = 0, \quad (73)$$

где $A_0 = A + A_1$ — приведенный момент инерции поплавка с гиromотором (A_1 — момент инерции поплавка относительно оси Ox); M_x — внешний момент.

После преобразований уравнения (73) получим

$$A_0\ddot{\beta} + D\dot{\beta} = H\Omega_\zeta \cos \beta - H\Omega_\eta \sin \beta - A_0\dot{\Omega}_\xi - M_x. \quad (74)$$

Методические погрешности, связанные с наличием Ω_η и $\dot{\Omega}_\xi$, малы. Погрешность, вызванная с действием возмущающих моментов, определяется из очевидного соотношения $H\Omega_{\zeta\min} > M_x^{\text{вп}}$. Эту погрешность определяют как собственную скорость прецессии ИГ:

$$\omega_{\text{ССР}} = \frac{M_x^{\text{вп}}}{H}.$$

Модель погрешности ИГ от перегрузки n записывается в соответствии с методикой, изложенной выше (см. выражение (41)):

$$\omega_{\text{ССР}}(n) = \omega_0 + \omega_1(g)n + \omega_2(g^2)n^2 + \dots$$

При более точных расчетах $\omega_{\text{ССР}}(n)$ модель может быть расширена до 12 составляющих и более [2].

Найдем передаточную функцию $W(s)$ ИГ [2], характеризующую отношения выходной величины β к выходной величине

Уравнения движения ИГ запишем в соответствии с (74) при $M_x = 0$, $\dot{\Omega}_\xi = 0$, $\Omega_\eta = 0$, $\beta = 0$ и с учетом угловой скорости $\dot{\alpha}$ (см. рис. 64):

$$A_0 \ddot{\beta} + D \dot{\beta} = H(\Omega_\zeta - \dot{\alpha}). \quad (76)$$

Определив из равенства (75) $\dot{\alpha} = \frac{H}{K_\alpha} \ddot{\beta}$, получим

$$\left(A_0 + \frac{H^2}{K_\alpha} \right) \ddot{\beta} + D \dot{\beta} = H \Omega_\zeta.$$

Постоянная времени $T' = \frac{A_0 K_\alpha + H^2}{K_\alpha D} > T = \frac{A_0}{D}$, возрастает, следовательно, жесткость конструкции ведет к увеличению динамических погрешностей ИГ.

Определим нагрузку F на опоры. Гироскопический момент $H \dot{\beta}$ уравновешивается моментом реакции опор $FL = H \dot{\beta}$. Отсюда $F_{\max} = \frac{H}{L} \dot{\beta} = \frac{H i}{L} \Omega_{\xi \max}$, где L — расстояние между опорами.

Видно, что с увеличением передаточного отношения i повышается нагрузка на опоры, поэтому для ПИГ $i \leq 8 \dots 10$, для ИГ космических ЛА (КЛА) $i \leq 50 \dots 100$.

Отметим, что расчет погрешности ИГ имеет различия в зависимости от применения ИГ в «свободном» (рис. 65, а) и «замкнутом» (рис. 65, б) режимах работы системы.

Запишем уравнение движения ИГ (74) для свободного (разомкнутого) режима в виде

$$D \dot{\beta} = H \Omega_\zeta - M_x. \quad (77)$$

Например, при действии на КЛА (см. рис. 65, а) возмущающего момента M_ζ $\dot{\beta} = \frac{M_\zeta}{H}$.

Определим погрешность $\Delta\psi$ стабилизации КЛА по углу $\psi = \Omega_\zeta t$:

$$\Delta\psi = \omega_{\text{ссп}} t + \frac{M_\zeta}{iH} t. \quad (78)$$

Погрешность (78) имеет две составляющие, связанные с $\omega_{\text{ССП}} = \frac{M_x}{H}$ и действием момента M_z , которые нарастают со временем. Для схемы одноосного гиросtabilизатора (см. рис. 65, б), состоящей из датчика угла ДУ, усилителя У и двигателя разгрузки ДР, в установившемся режиме, когда внешний момент M_{y1} полностью уравновешивается моментом $M_p = K_p \beta = M_{y1}$ разгрузки (здесь K_p — крутизна характеристики системы разгрузки), погрешность системы стабилизации запишем, интегрируя уравнение (77):

$$D\beta = H\Delta\alpha - M_x t,$$

откуда

$$\Delta\alpha = \omega_{\text{ССП}} t + \frac{M_{y1}}{iK_p}, \quad (79)$$

где $\beta = \frac{M_{y1}}{K_p}$.

При замкнутом режиме работы погрешность, связанная с действием момента M_{y1} на платформу (объект стабилизации), не зависит от времени и уменьшается с увеличением K_p (ср. с выражением (78)).