



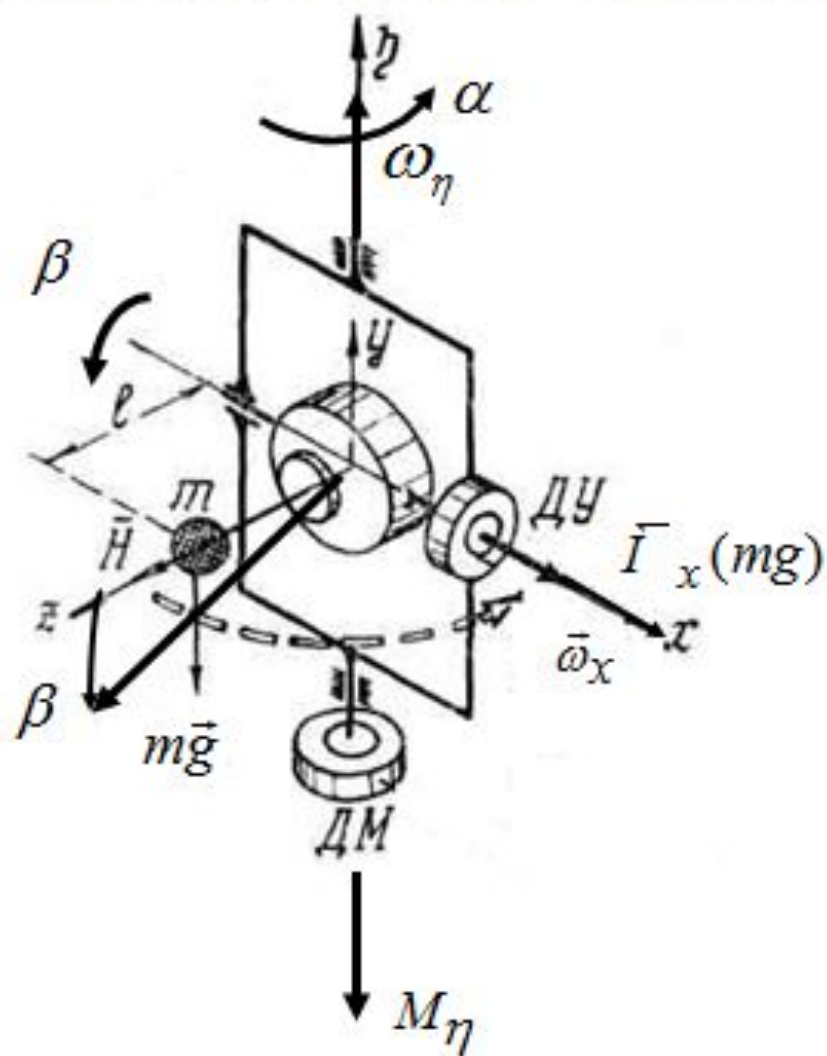
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

ВЫСОКОТОЧНЫЕ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ

Лекция №1.3

Неуравновешенный трехстепенный гироскоп.
Гироскопические реакции. Двухстепенный
гироскоп. Его основные свойства. Гироскопы
Фуко.

Неуравновешенный гироскоп



$$\omega_{\eta} = \frac{M_x}{H \sin(90 - \alpha)} = \frac{M_x}{H \cos \alpha}$$

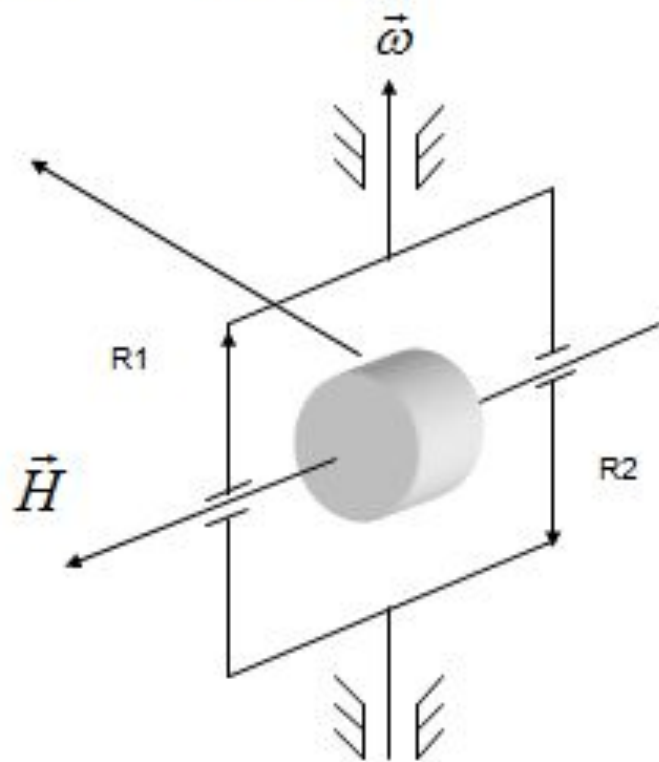
Вязкое трение

$$\vec{M}_{\eta} = -\mu \vec{\omega}_{\eta}$$

$$\begin{aligned} \omega_x &= \frac{M_{\eta}}{H \cos \beta} = \frac{\mu \omega_{\eta}}{H \cos \beta} = \\ &= \frac{\mu M_x}{H \cos \beta H \cos \alpha} = \frac{\mu M_x}{H^2 \cos \alpha \cos \beta} \end{aligned}$$

Гироскопические реакции

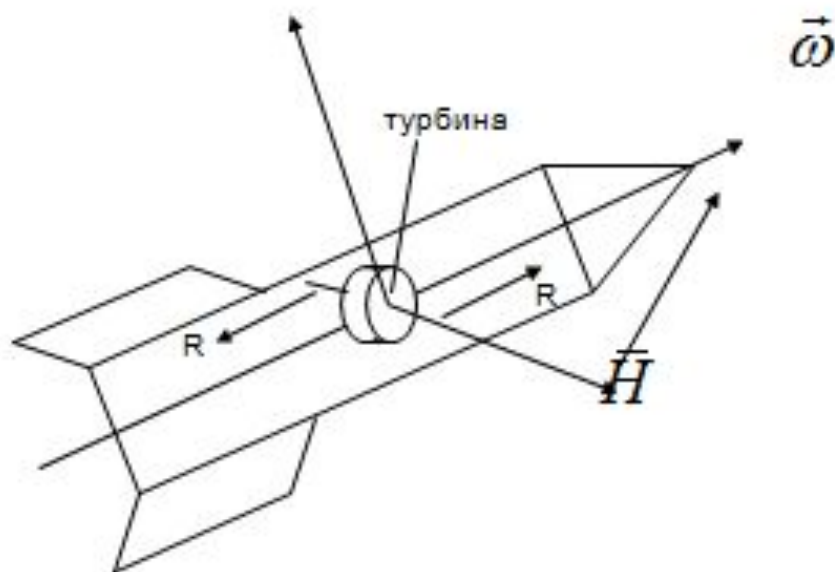
$$M^G = \vec{H} \times \vec{\omega}$$



$$M^G = \vec{H} \times \vec{\omega}$$

$$R_1 = R_2 = \frac{H\omega \sin(\vec{H}\vec{\omega})}{l}$$

$$M^G = \vec{H} \times \vec{\omega}$$



Примеры

Разрушение подшипников (R)

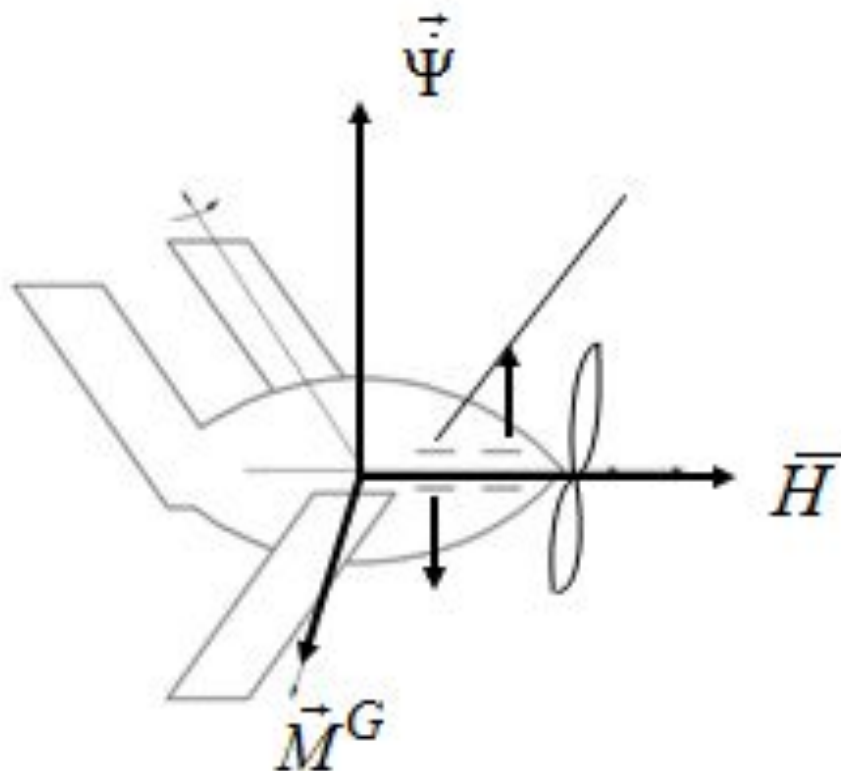




Рис. 147. Мельничные бегуны.

$$V_O = \omega R = \dot{\varphi} r \quad \dot{\varphi} = \frac{\omega R}{r}$$

$$I = \frac{mr^2}{2} = \frac{G r^2}{g 2}$$

$$M_z = H\omega = I\dot{\varphi}\omega = \frac{G r^2}{g 2} \frac{\omega R}{2} \omega = \frac{G}{2g} \omega^2 Rr$$

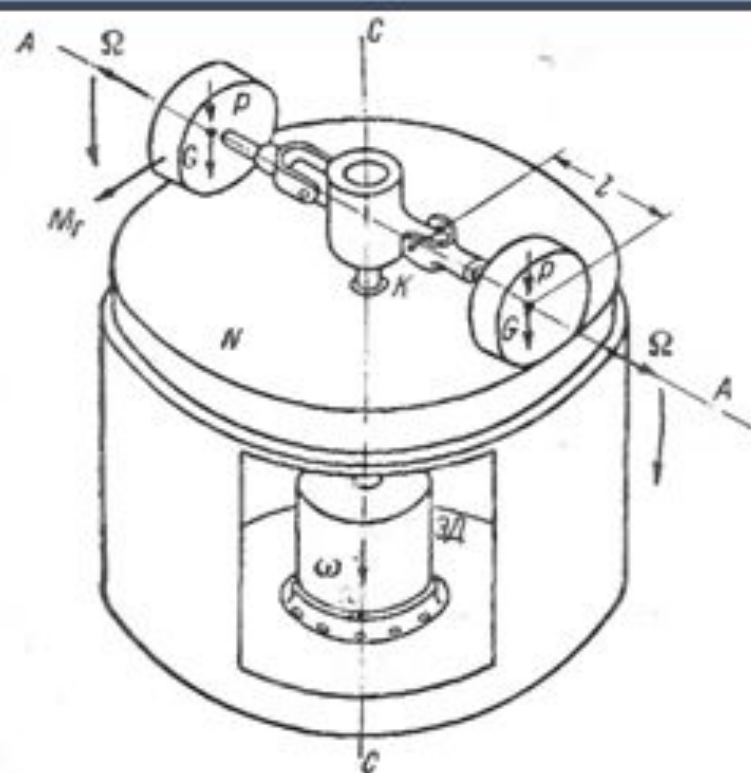
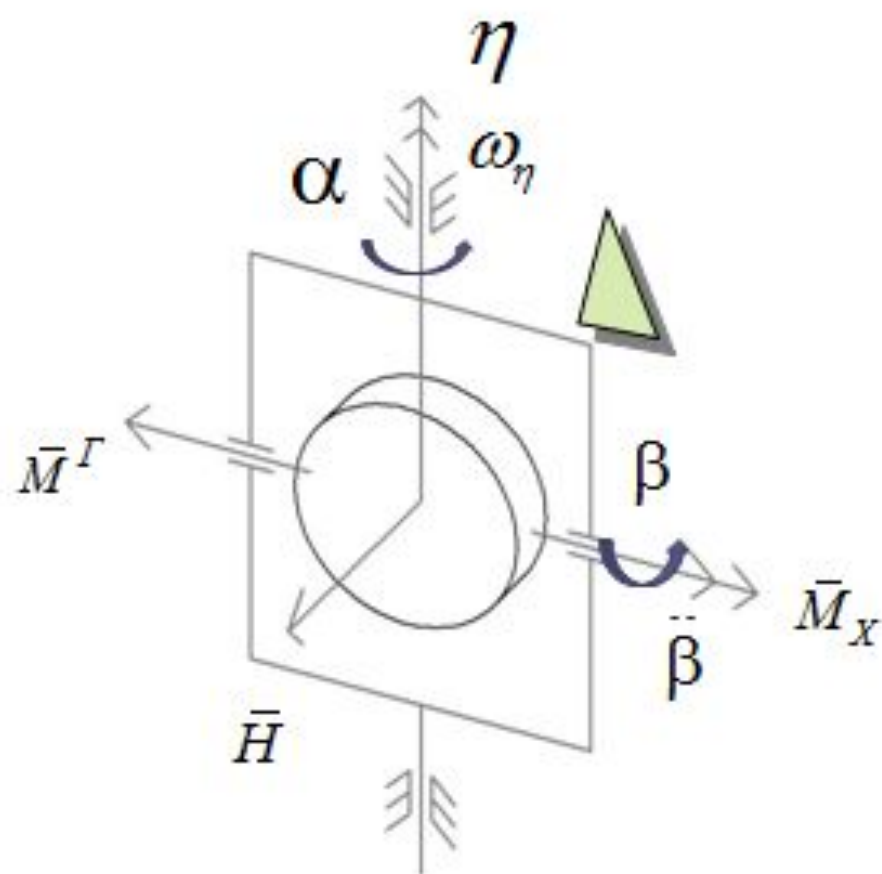


Рис. 148. К объяснению действия гироскопического момента при работе мельничных бегунов.

$$N = \frac{M_r}{R} = \frac{G}{2g} \omega^2 r$$

$$N_{\Sigma} = G + N = G \left(1 + \frac{\omega^2 r}{2g} \right)$$

Движение трехстепенного гироскопа при ограничении степеней свободы.



$$M_x \rightarrow \omega_\eta = \frac{M_x}{H \sin(H \wedge M_x)}$$

$$M_{\Gamma X} = H \omega_\eta \sin(H \wedge \omega_\eta)$$

$$\bar{M}^\Sigma = \bar{M}_x + \bar{M}^\Gamma \equiv 0$$

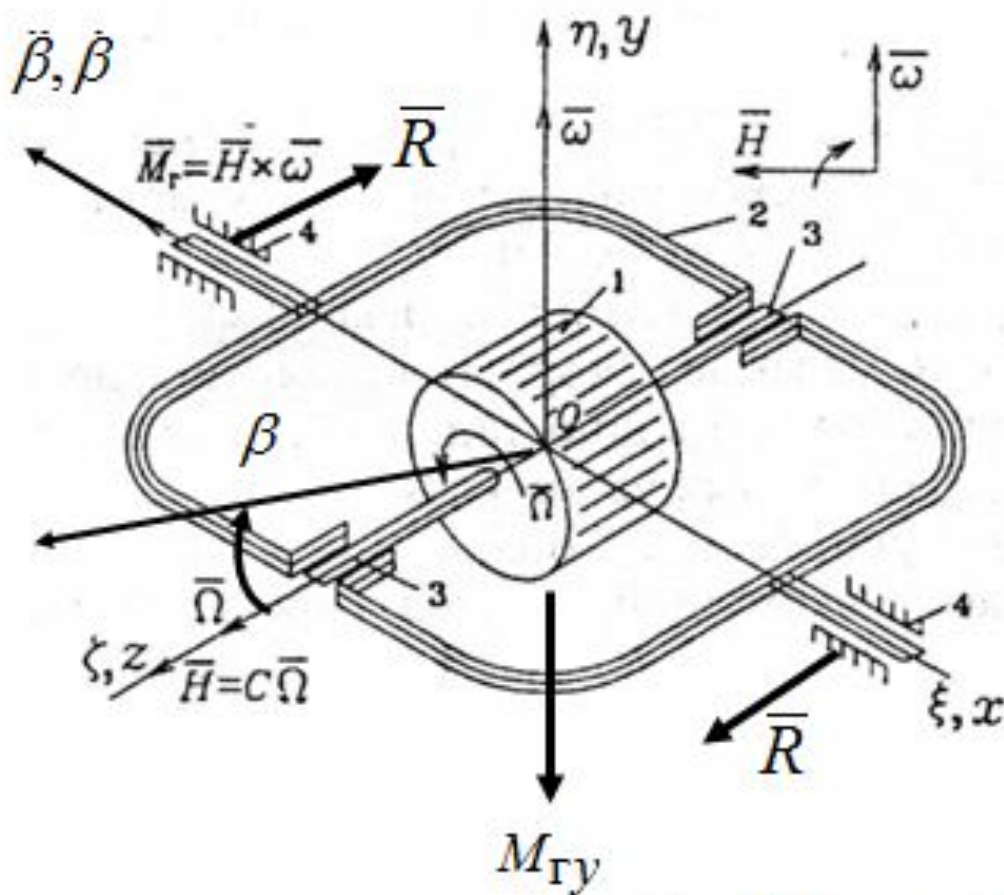
Упор – теряется степень свободы

$$\omega_\eta = 0$$

$$M^\Gamma = 0$$

$$\ddot{\beta} = \frac{M_x}{I_x}$$

ДВУХСТЕПЕННЫЙ ГИРОСКОП



$\bar{\omega}$ – угловая скорость движения основания

$$\bar{\omega} \rightarrow |\bar{M}_{ГХ}| = H \omega \sin(\bar{H} \wedge \bar{\omega}) \Rightarrow \ddot{\beta}$$

$$\ddot{\beta} = \frac{M_{Г}}{I_x} \Rightarrow \ddot{\beta}$$

$$\ddot{\beta} \Rightarrow M_{Гy} = H \ddot{\beta} \Rightarrow \bar{R}$$

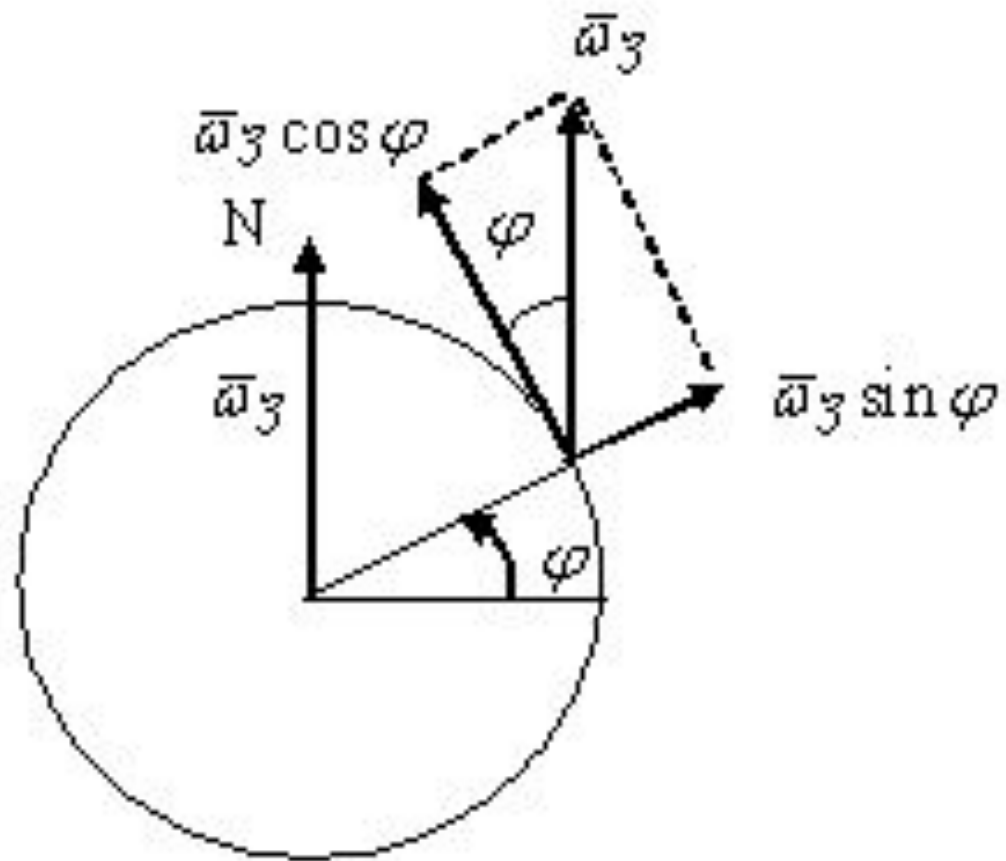
При $\beta = 90^\circ$ \bar{H} совмещается с $\bar{\omega}$ и $\bar{M}_{ГХ} = 0$

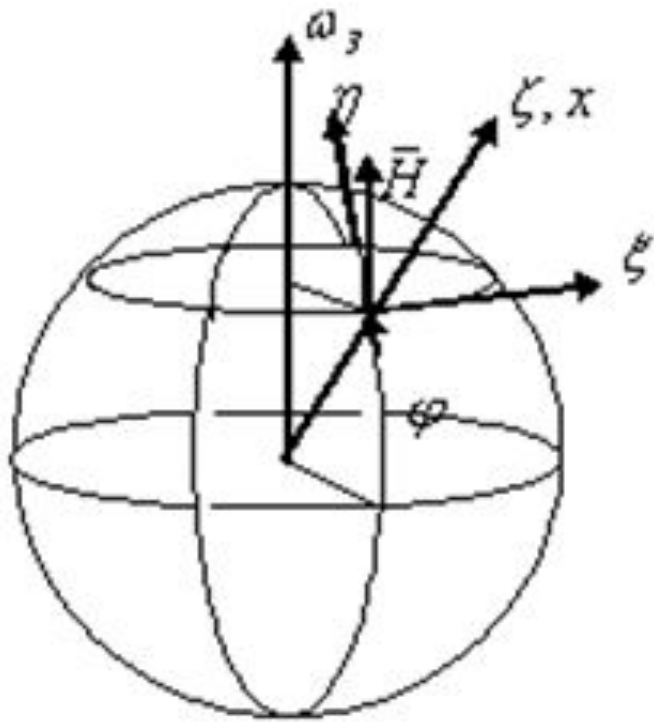
$$\beta = 90^\circ \rightarrow \ddot{\beta} = 0 \rightarrow \ddot{\beta} = \max$$

$\beta = 90^\circ$ – меняют знаки $\beta, \bar{M}_{ГХ}$ и $\ddot{\beta} \Rightarrow \ddot{\beta} \downarrow$

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ДВУХСТЕПЕННОГО ГИРОСКОПА

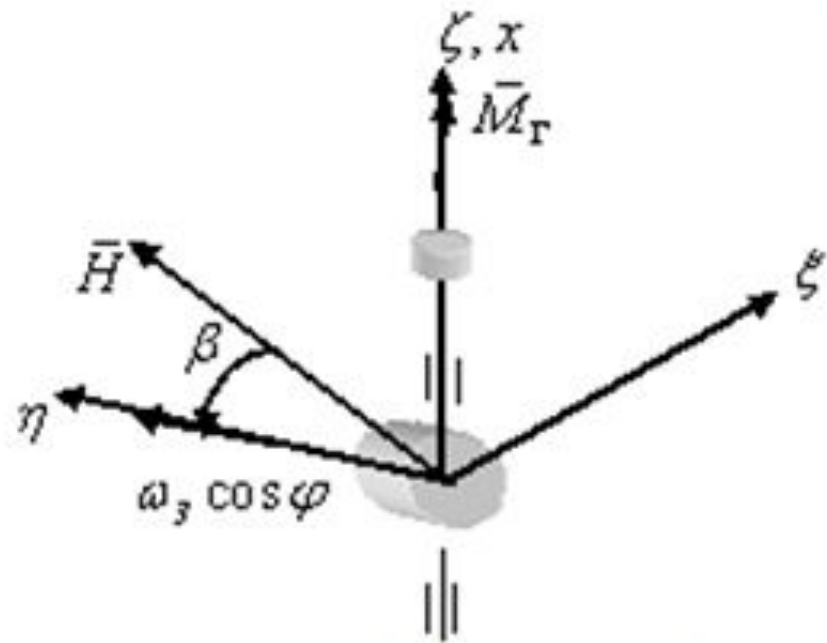
1. Двухстепенный гироскоп не обладает свойствами 3-х степенного гироскопа. Он не способен сохранять неизменным положение вектора кинетического момента в инерциальном пространстве.
2. Если приложить внешний момент вокруг оси рамки двухстепенного гироскопа, то он ведет себя как обычное твердое тело.
3. Если двухстепенный гироскоп поставить на вращающееся основание, то вектор кинетического момента будет стремиться совместиться с вектором угловой скорости вращения основания по кратчайшему пути под действием гироскопического момента. (см. правило Жуковского).





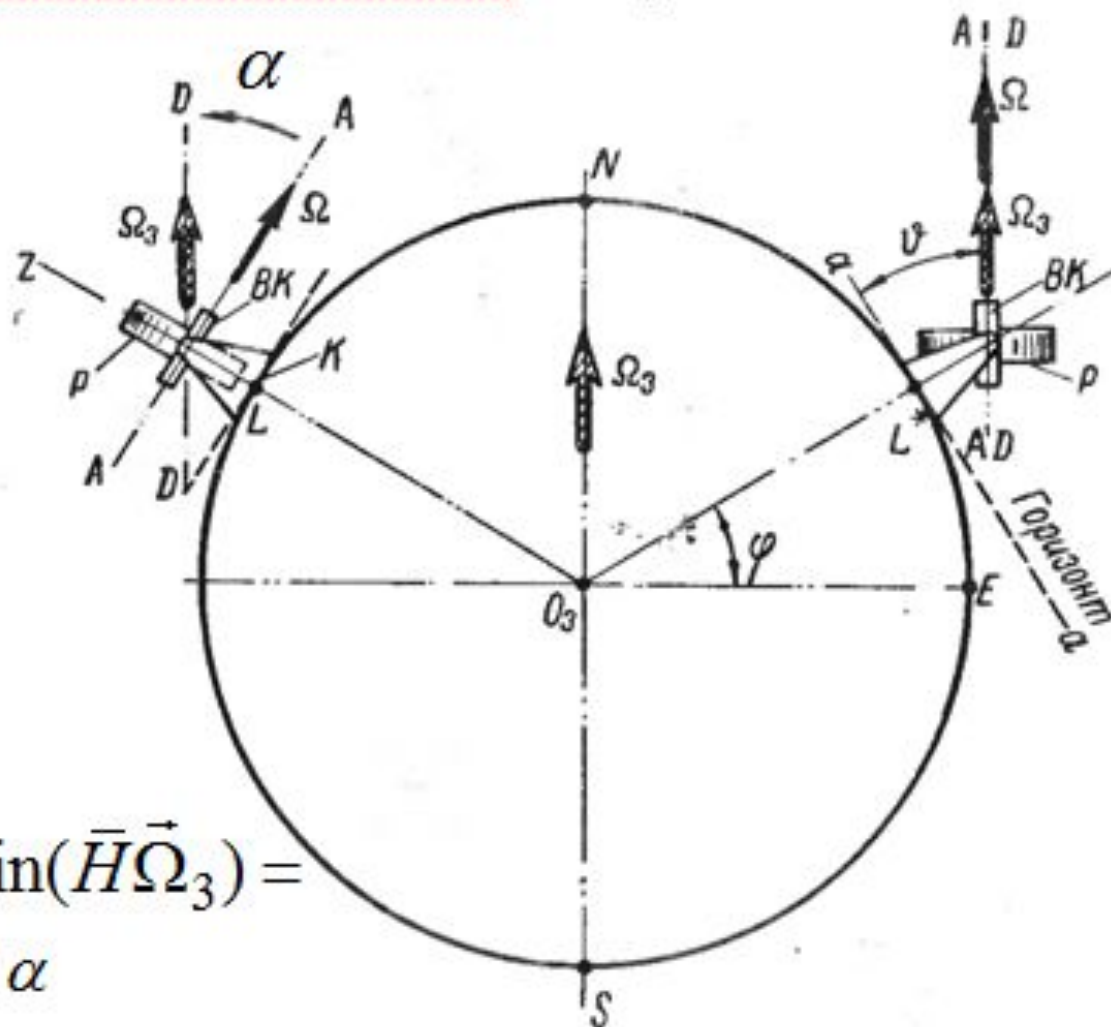
$$\omega_{\eta} = \omega_3 \cos \varphi$$

$$\omega_{\zeta} = \omega_3 \sin \varphi$$



$$M_{\Gamma} = H \omega_3 \cos \varphi \sin \beta$$

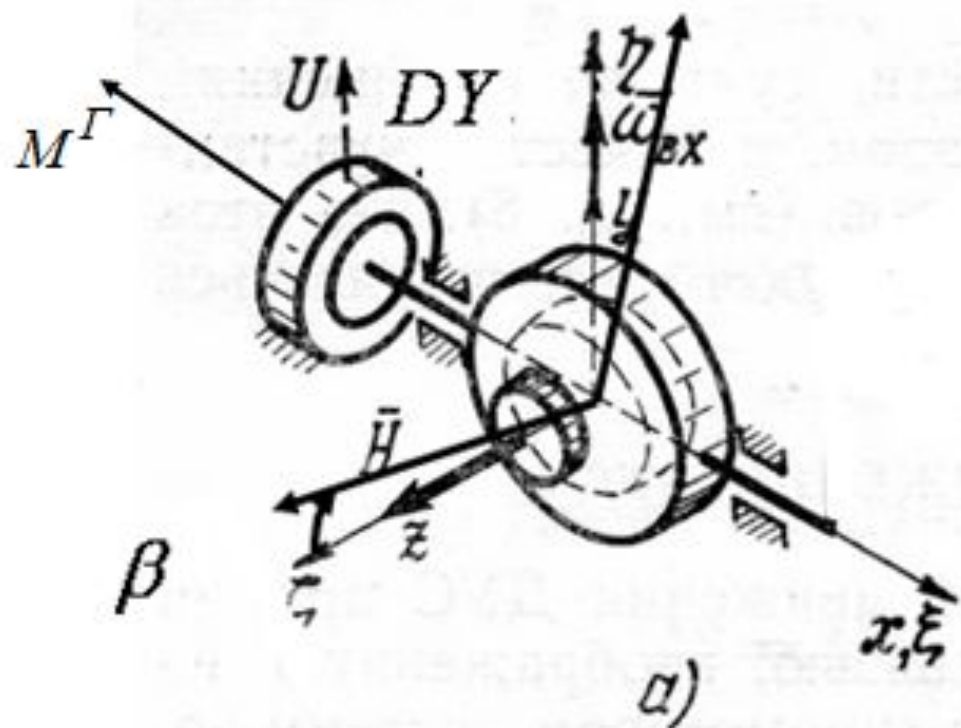
Гироскоп Фуко - инклинометрический гироскоп



$$M_G = H\Omega_3 \sin(\vec{H}\vec{\Omega}_3) = H\Omega_3 \sin \alpha$$

Рис. 76. Принцип работы гиросирота.

Дважды интегрирующий гироскоп

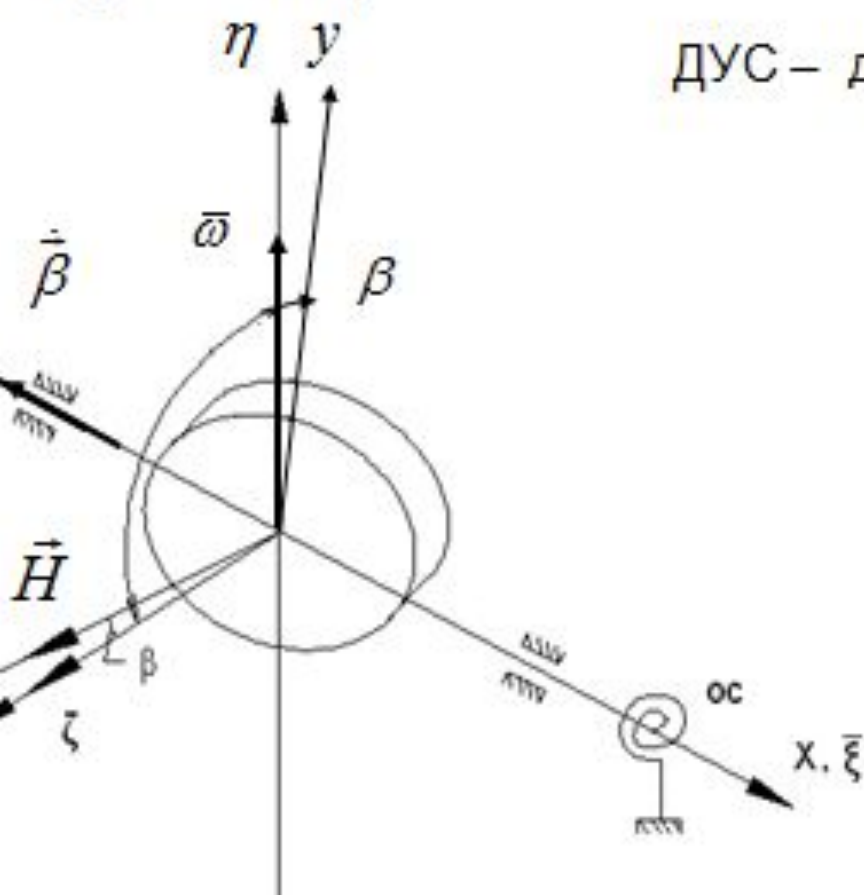


$$M^{\Gamma} = H \omega_{\eta}; \quad J_x \ddot{\beta} - H \omega_{\eta} = 0;$$

$$\ddot{\beta} = \frac{H}{J_x} \omega_{\eta};$$

$$U_{DY} = K_{\partial} \cdot \beta = \frac{K_{\partial} H}{J_x} \iint \omega_{\eta} dt = \frac{K_{\partial} H}{J_x} \int_0^t \Psi dt;$$

Датчик угловой скорости (дифференцирующий гироскоп)



ДУС – двухстепенный г-п, охвач. жёсткой ОС

- Оξηζ – связана с основанием
- ОXYZ – связана с кожухом гиromотора
- ОX – выходная ось
- ОY – ось чувствительности
- ОZ – ось собственного вращения
- Оη – ось входная, Оζ – ось отсчета
- Оξ – ось выходная

В исходном состоянии оси η и y совпадают

$$\begin{aligned} \bar{\omega}_\eta \rightarrow |\bar{M}_{gx}| &= H\omega_\eta \sin(\bar{H} \wedge \bar{\omega}_\eta) = \\ &= H\omega_\eta \sin(90^\circ - \beta) = \\ &= H\omega_\eta \cos \beta \Rightarrow \ddot{\beta} \quad \ddot{\beta} = \frac{M_g}{B} \Rightarrow \dot{\beta} \end{aligned}$$

$$M_{oc} = -k_{oc}\beta \quad \text{При } \beta = \beta^* \quad M_{oc} = M_{gx} \quad k_{oc}\beta^* = H\omega_\eta,$$

$$\beta^* = \frac{H}{k_{oc}} \omega_\eta$$

$$M_{gx} = H\omega_\zeta \sin \beta, \quad k_{oc}\beta^* = H\omega_\eta - H\omega_\zeta \beta^*$$

$$\beta^* = \frac{H\omega_\eta}{k_{oc} + H\omega_\zeta}$$

ДУС с электрической пружиной

$$M_{oc} = K_{DM} I_{DM}$$

Ток в цепи ДМ пропорционален проекции скорости вращения основания на входную ось η

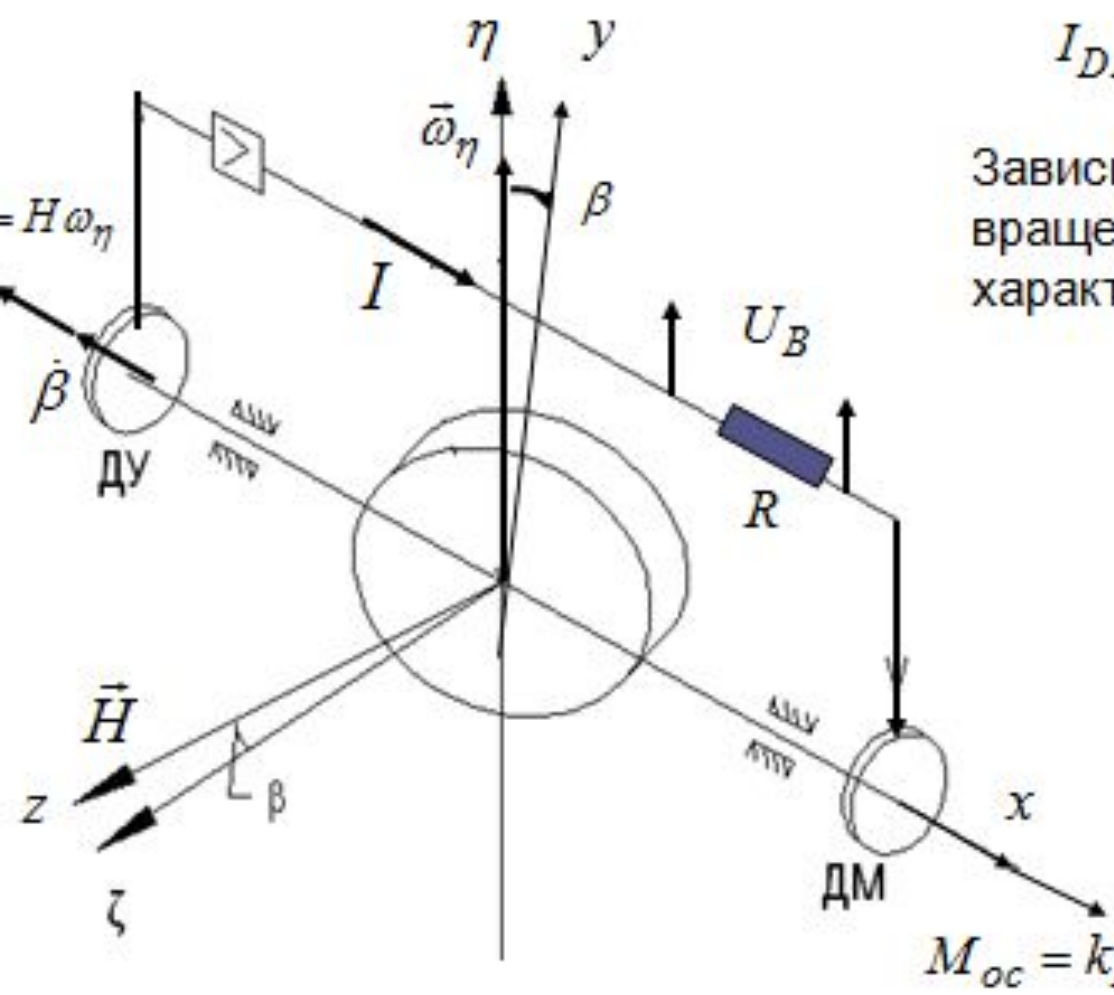
$$I_{DM} = \frac{H}{k_{DM}} \omega_{\eta} \quad U_B = R I_{DM}$$

Зависимость вых. сигнала от угловой скорости вращения основания наз. выходной характеристикой ДУС

$$M_{oc} = K \beta$$

$$K = k_{DY} k_{YOC} k_{DM}$$

При аварийном изменении напряжения питания показания ДУС не изменяются. Изменение напряжения компенсируется изменением угла. Ток При этом не изменяется



$$M_{oc} = k_{DM} I_{DM}$$