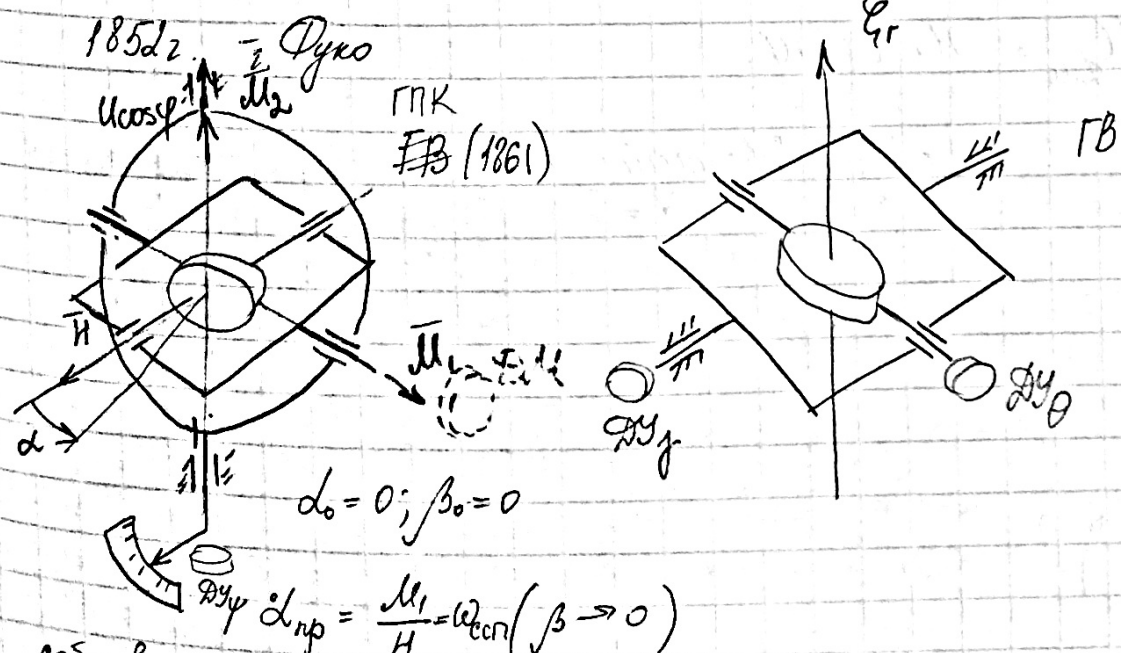


# Гироскопические системы ориентации. Матвеев Валерий Александрович

- 1) Гироскопические с-мы (часть 1, 2, 3) / под ред. Жельнера Д.С.
- 2) Жельнер, Осипов "Гироскопические системы ориентации"
- 3) Распопов В.Я. "Микромеханические гироскопы"
- 4) Жикетини, Баламова, Фигур. и интегрирующиеся гироскопы и акселерометры"
- 5) Матвеев "Гироскоп - это просто" 2е изд.
- 6) "Валерий Матвеевичей 70. Жизнь и технология" Лукин, Матвеев, Басараб
- 7) "Навигационные системы на волоконно-оптических гироскопах" Лукин, Матвеев, Басараб.

3,5 тыс патентов; 2,5 тыс. публикаций по данной тематике.

1817 г. - первый г. в карманном портфеле



собственная с-та прецессии Г. = ССП или скорость дрейфа / час  
 (движение по действительным возмущающим моментам) или с-та ухора / мин / сек

Ск-ть радиусиона укора (от вращеиия Земли)

$$\dot{\alpha}_u = U \cos \varphi$$

$$\Delta \alpha = (\omega_{\text{всп}} + U \sin \varphi) t = \omega_{\text{всп}} t + U \cos \varphi \cdot t$$

отклонение ПП  
дрейф  
укор

радиусиона укор  
дрейф

Радиусиона укор - величина известная  
 $U$  - скорость ск-ть вращеиия Земли  
 $\varphi$  - широта места

На широте Москва  $U \sin \varphi \approx 12,44 \text{ } ^\circ/\text{кас}$

Пусть

$$t = 1 \text{ кас}$$

$$\Delta \alpha = 14,44^\circ$$

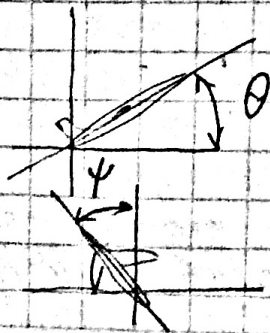
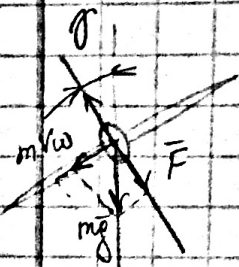
$$\omega_{\text{всп}} = 2^\circ/\text{кас}$$

$$U \sin \varphi = 12,44^\circ/\text{кас}$$

- скомпенсировать  $U \sin \varphi$  (бортовая вращеиия машина - БВМ)
- обработка информации, БВМ
- поставить ДИЛ в систему управления (пунктир)

$$M_{\text{ДИЛ}} = H \cdot U \sin \varphi$$

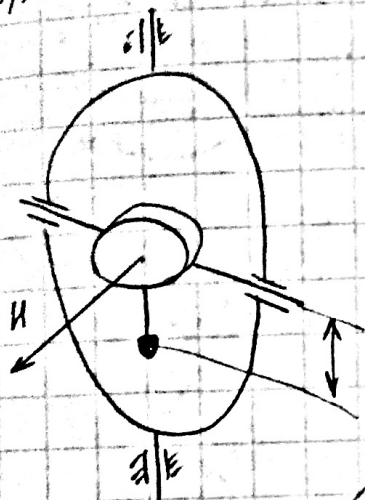
координированный поворот - без скольжения  
 $\gamma = \bar{F}$



# Создание гироскопа (концы XIX века)

ГПК определяет положение относительно инерциальной пр-ва;  
ГК относительно географического/магнитного меридиана

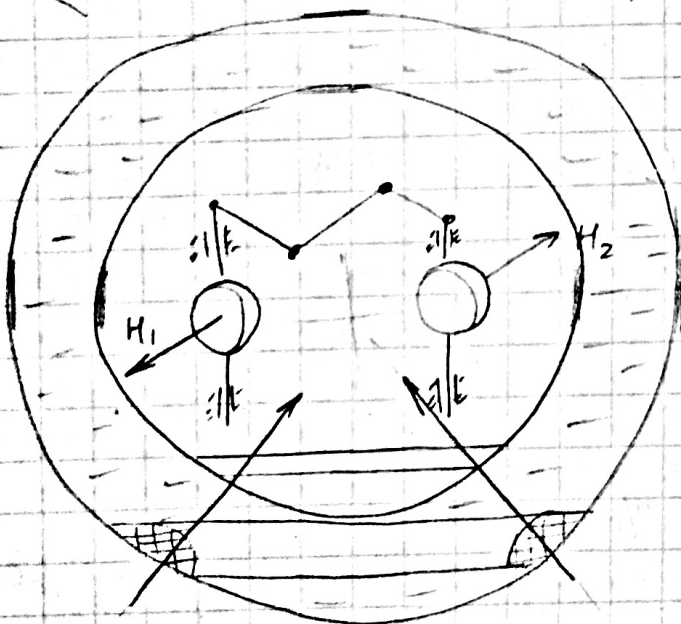
ГПК - астатический?, ГК - тяжелый?



с настройкой на период Шюера 1903

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$$

Такой малютка - невозможность ГК"



$M_1, M_2 \rightarrow \min$

0,1 град/час

Сейчас  $10^{-4}$  град/час,  
иногда  $10^{-5}$  град/час

Опоры:

шп

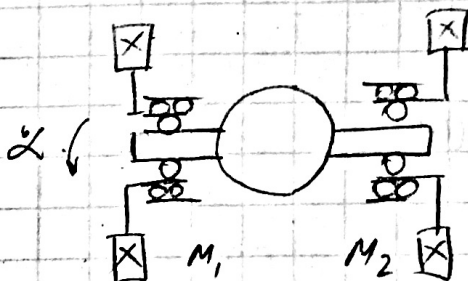
на остатках

маленькой

порвец

потлабковой

порвец



$$M_{гр} = M_1 + M_2$$

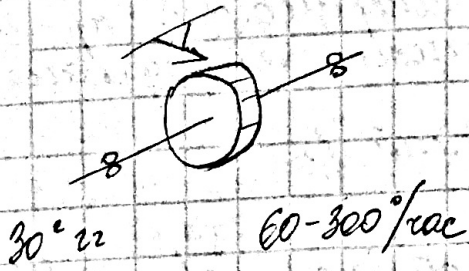
Шваровой гб-16 с реверсом  
для  $\downarrow M_{гр}$  в 1000 раз



# Двигатели

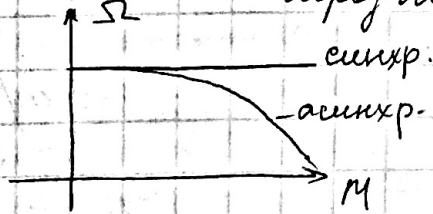
$10^2$  Асинхронные ДД

2-10%/кас

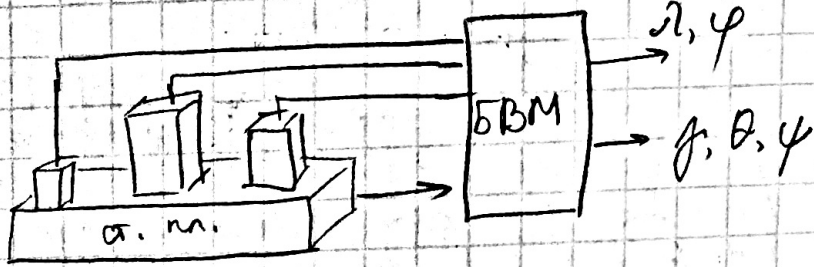
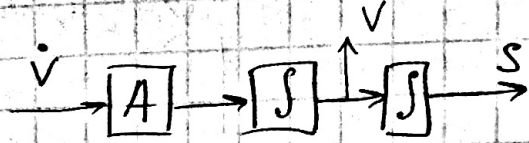


50°<sub>22</sub>

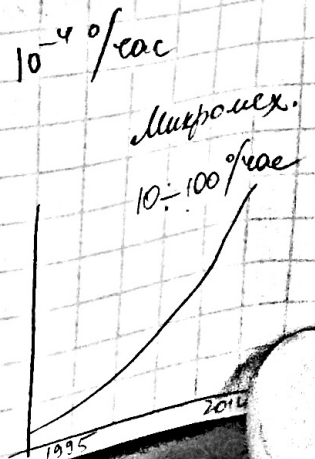
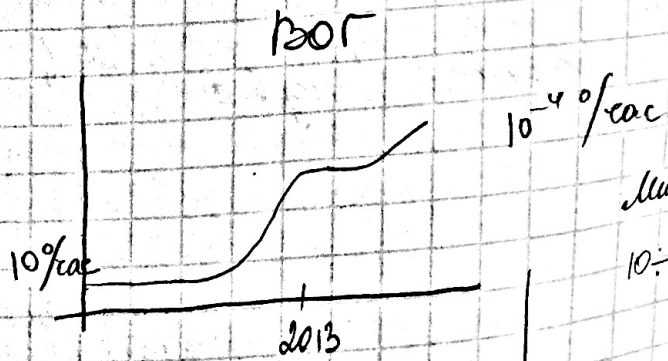
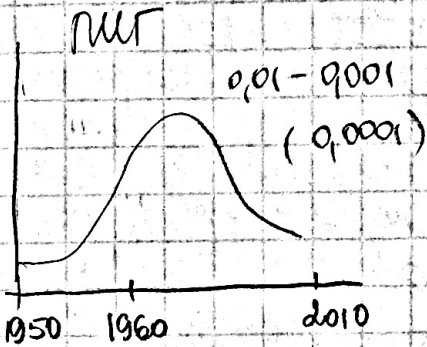
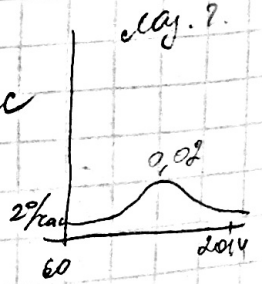
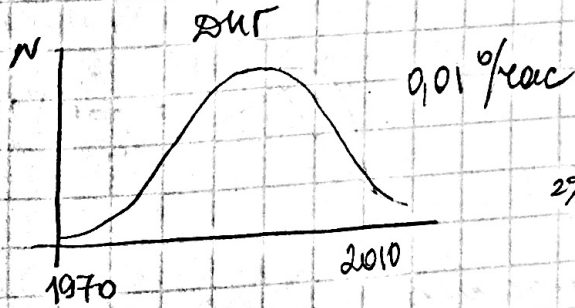
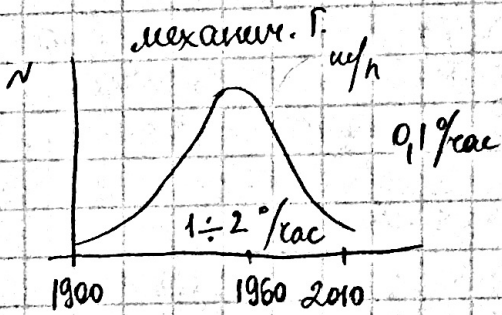
Синхронный регулируемый электродвигатель



Вентилятор 10<sup>-5</sup>  
ком. ток



# БИС

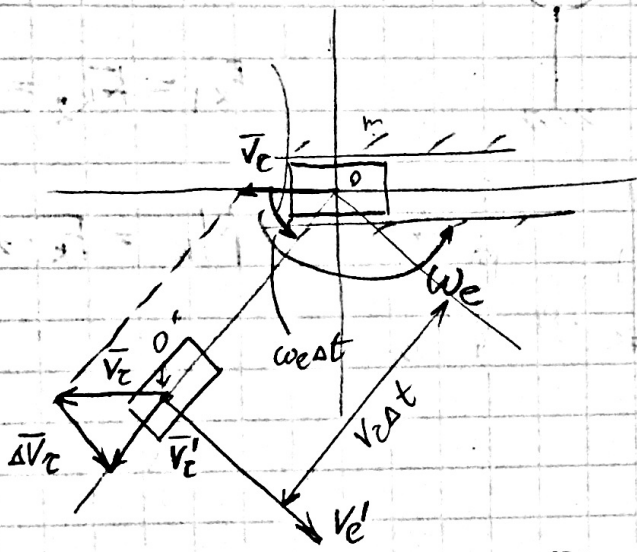
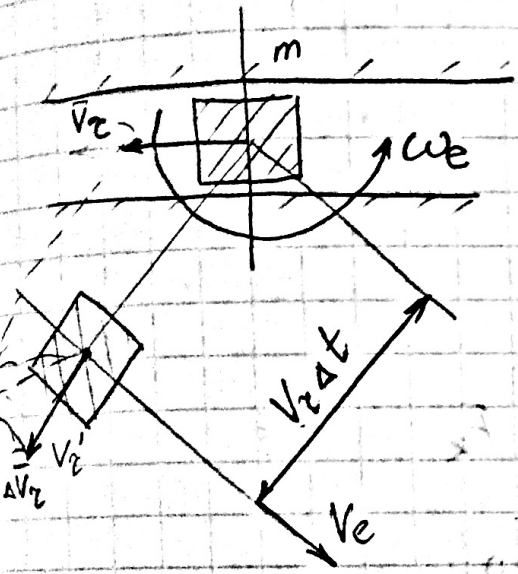




Кориолисово ускорение возникает в сплошном движении, если переднее движение - вращательное.

Лекция 12

$v_x = \text{const}$  (отсут.)  
 $\omega_x = \text{const}$  (репер.)



$|\bar{v}_e| = |\bar{v}'_e|$

$\Delta t \rightarrow 0: \Delta v'_e = 2v_e \sin \frac{\omega_e \Delta t}{2} \approx v_e \omega_e \Delta t$

$t=0; v_e=0 \quad \Delta \bar{v}_e \perp OO'$

$\Delta t \gg 0 \quad |\Delta \bar{v}_e| = |v'_e| = v_e \Delta t \omega_e$

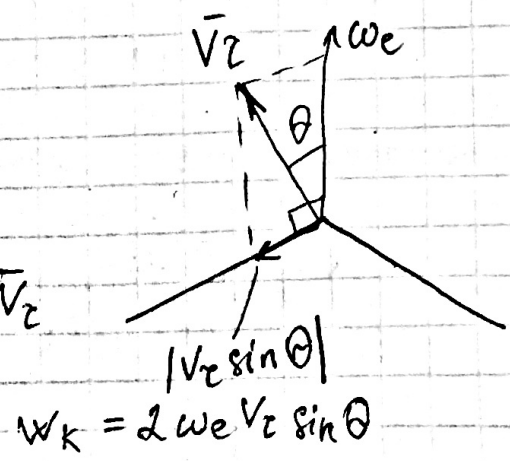
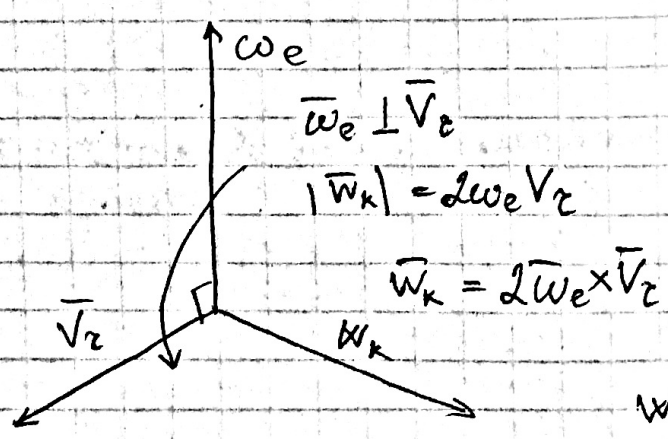
$\Delta \bar{v}_e \perp OO'$

$\Delta \bar{v} = \Delta \bar{v}_e + \Delta \bar{v}_2$

$|\Delta \bar{v}| = 2\omega_e v_e \Delta t$

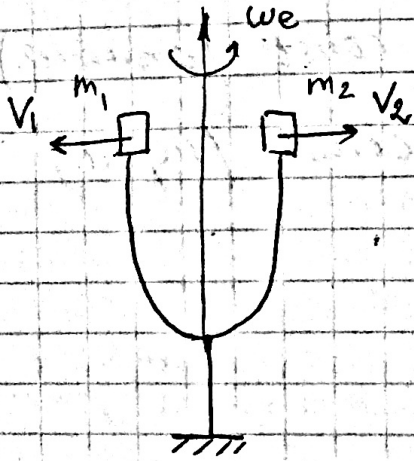
$\bar{w}_k = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} \approx 2\omega_e v_e$

$\bar{F}_k = m\bar{w}_k; \bar{w}_k \perp OO' \quad (1)$

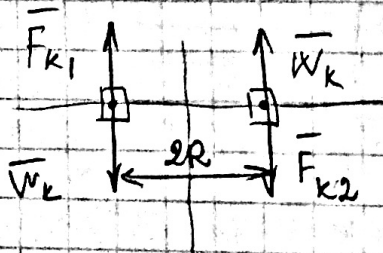


$w_k = 2\bar{\omega}_e \times v_e$

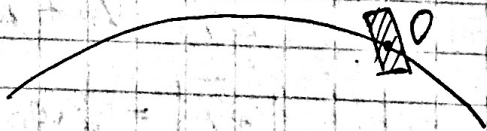
тут  $\Delta$  не в м.о., поэтому (1)  
 все равно выполняется.

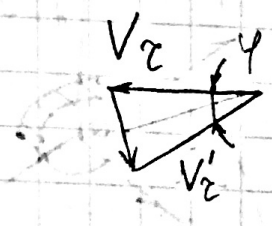
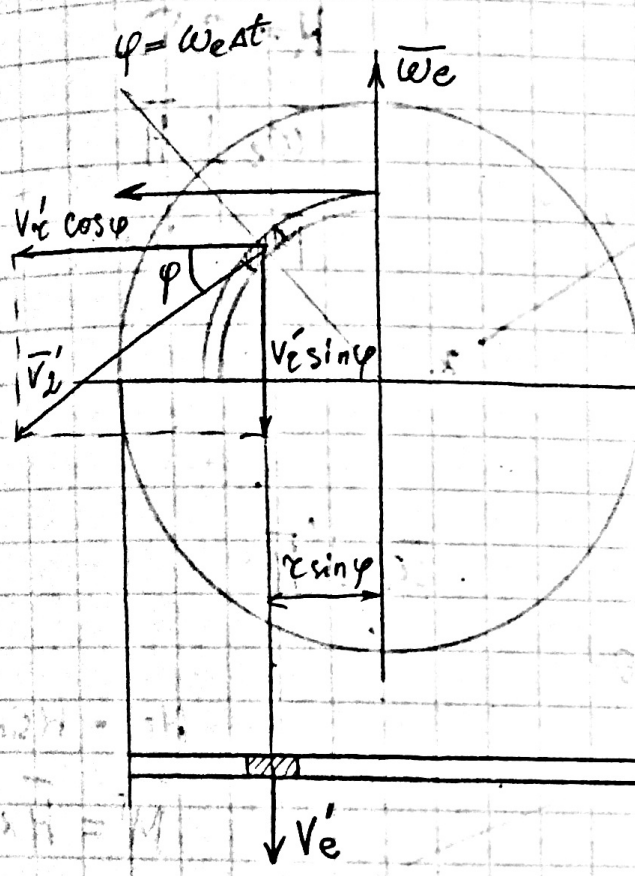


$$F_{K1} = F_{K2} = F_K$$



$$M_K = F_K \cdot 2R$$





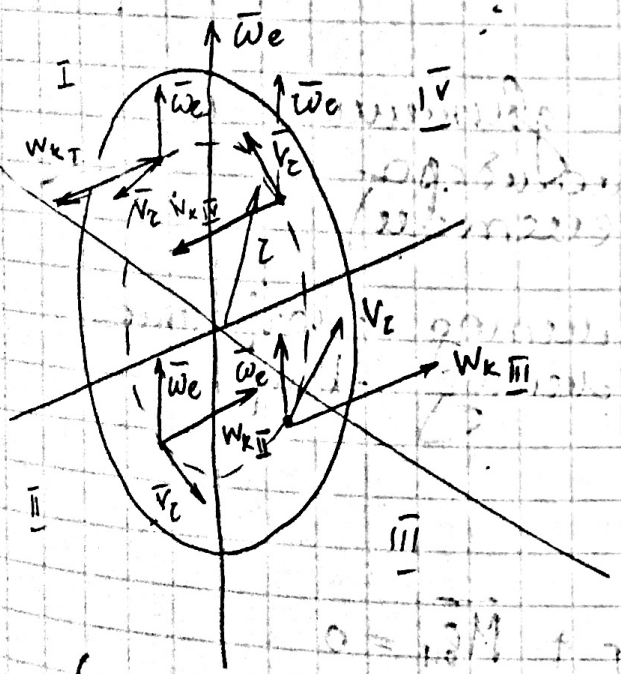
$$\Delta V_e = 2V_e \sin \frac{\varphi}{2} \approx V_e \varphi = V_e \omega_e \Delta t$$

$t=0 \quad V_e=0$

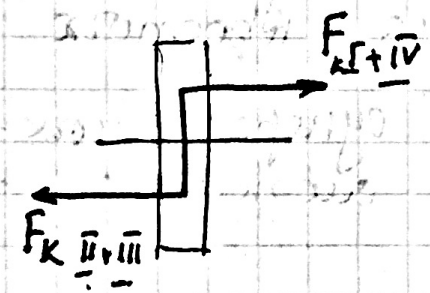
$$V_e' = r \sin \varphi \omega_e \approx$$

$$\approx r \omega_e \omega_e \Delta t = \omega_e V_e \Delta t = \Delta V_e$$

$\Delta t \rightarrow 0; \quad \Delta \bar{V} = \Delta \bar{V}_2 + \Delta \bar{V}_e$



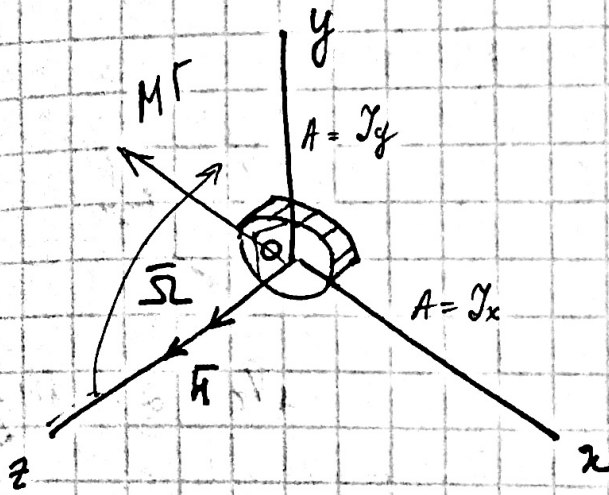
$F_{K \Sigma} \cdot 2r = M^r$



Аналитический вывод момента св. Гироскоп - это просто"



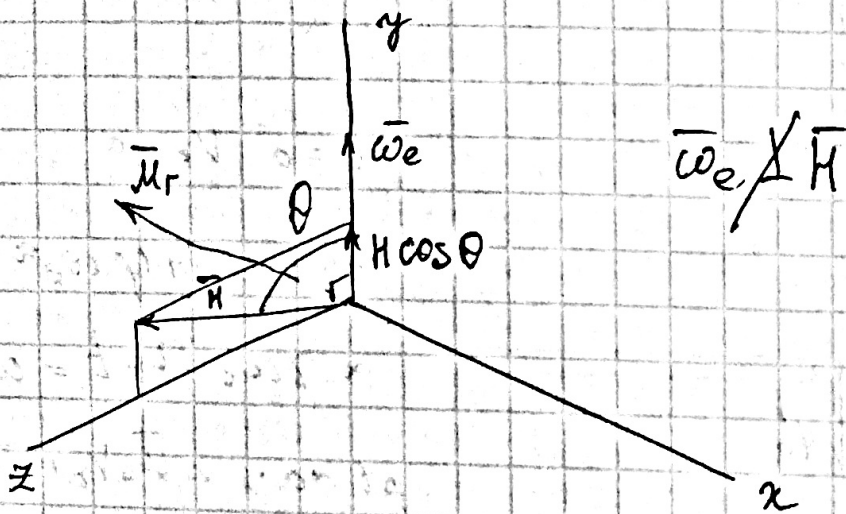
C - полярный момент инерции  
 A - экваториальный



$$H = C \Omega$$

$$\bar{\omega}_e \perp \bar{H}$$

$$\bar{M}_\Gamma = \bar{H} \times \bar{\omega}_e$$



$$\bar{\omega}_e \neq \bar{H}$$

$$M_\Gamma = H \sin \theta \omega_e$$

$$\bar{M}_\Gamma = \bar{H} \times \bar{\omega}_e$$

Составим уравнение движения  $\Sigma$  методом Даламбера (для простого случая)

Для суперсложных - метод Лагранжа  
 для сложных - метод Даламбера

$$\Sigma M = 0$$

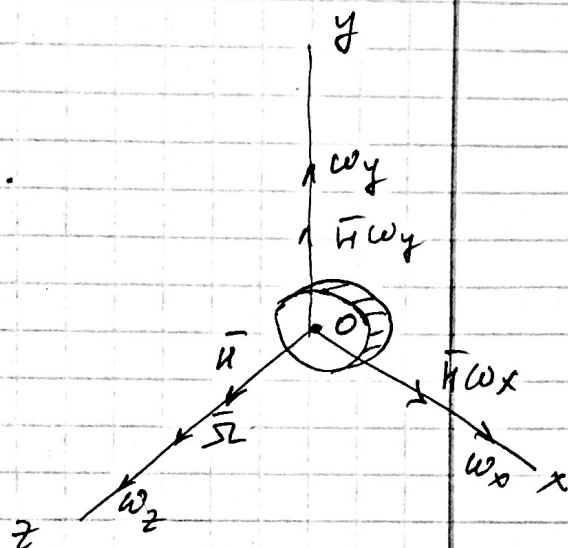
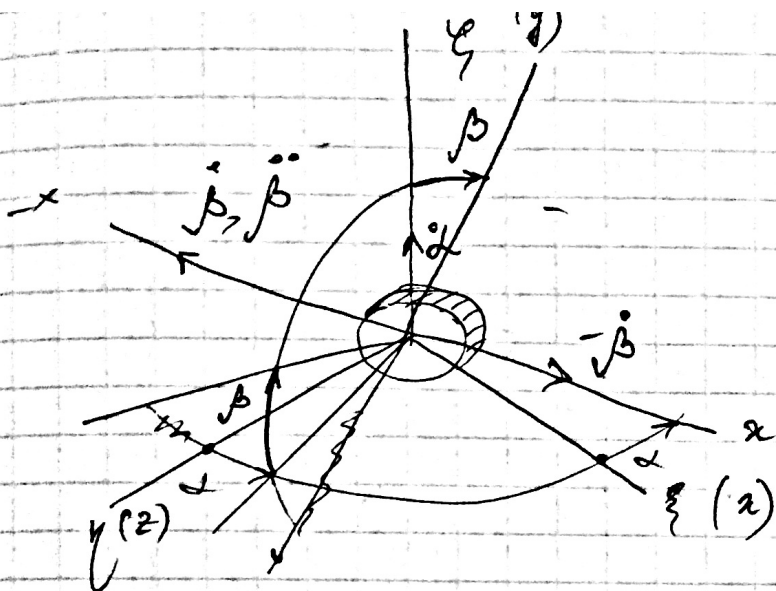
$$\bar{M}_{\text{ин. тв.т.}} + \bar{M}_{\text{в.с.}} + \bar{M}_\Gamma + \bar{M}_{\text{вн.}} = 0$$

где ин. тв.т. - момент инерции

полюс инерционное сопротивление тела внешнему моменту

$$\omega_x = \omega_y = \omega_z = 0$$

удобно составлять уравнения в осях Релея



противоположны  
угловой скорости.

⊙  $M_z$  полярная момент инерции

$$-C(\dot{\omega}_z + \dot{\Omega}) - H_y \omega_z + H_x \omega_y + M_z = 0$$

$$H_y = A \omega_y$$

$$H_x = A \omega_x$$

$$\omega_z = \dot{\alpha} \sin \beta ; \dot{\omega}_z = \ddot{\alpha} \sin \beta + \dot{\alpha} \dot{\beta} \cos \beta \ll \dot{\Omega} ; \omega_z \ll \dot{\Omega}$$

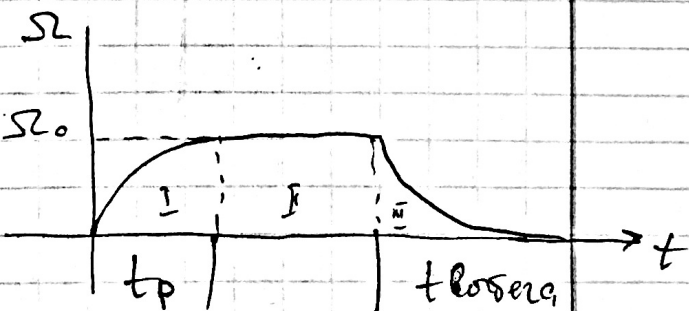
$$M_z = M_{gb} - M_{conf}$$

В установившемся режиме  $M_{gb}$  уравновешивает  $M_{conf}$

$$M_z = 0$$

$$C \dot{\Omega} = 0$$

$$\dot{\Omega} = \text{const}$$



$$C \dot{\Omega} = H = \text{const}$$

гириатель обеспечивает постоянное вращение

⊙  $M_y$   $-A \dot{\omega}_y + H \omega_x + M_y = 0$

⊙  $M_x$   $-A \dot{\omega}_x - H \omega_y + M_x = 0$