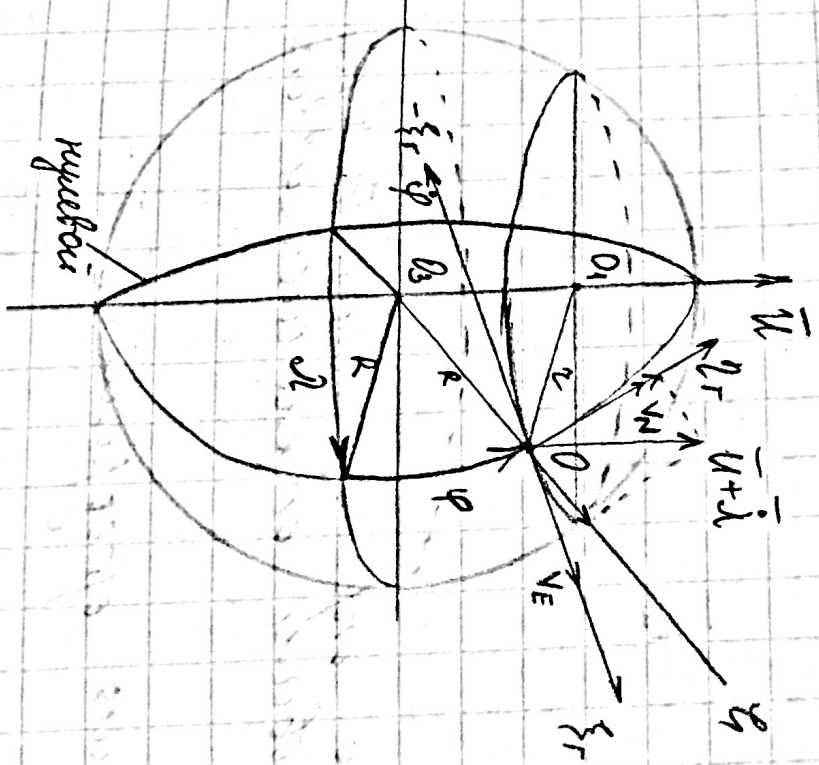


$\Delta \varphi \rightarrow \min$; $\Delta \text{ген} \rightarrow \text{мин}$
 * нелогичные макропрогр, ошибка
 * изменение параметров модуля (вместо
 GPS/ГЛОНАСС, автокоррекция, референция)

Стяжка ОК

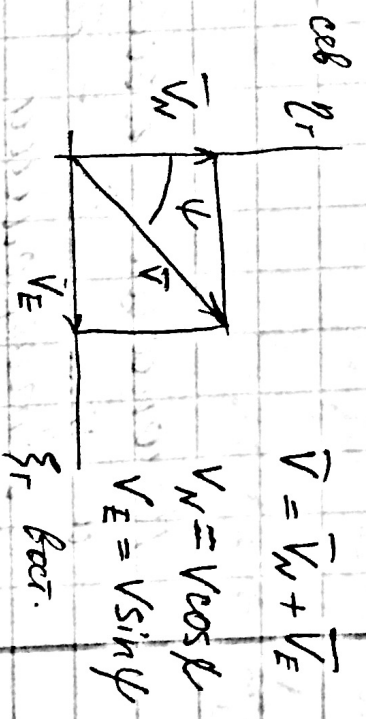
1. Неоднородность ОК



Вращение не совсем равномерное.

$$\vec{\omega} = \{ \omega_x, \omega_y, \omega_z \}$$

ψ - кривая



$$\vec{V} = \vec{V}_N + \vec{V}_E$$

$$V_N = V \cos \psi$$

$$V_E = V \sin \psi$$

\vec{r} гор.

$$\dot{\varphi} = -\frac{V_N}{R} ; \lambda = \frac{V_E}{2} = \frac{E_{\text{г}} V_E}{R \cos \varphi}$$

$$V = 15 \text{ км/ч}$$

21-4 26.09.14

(AA)

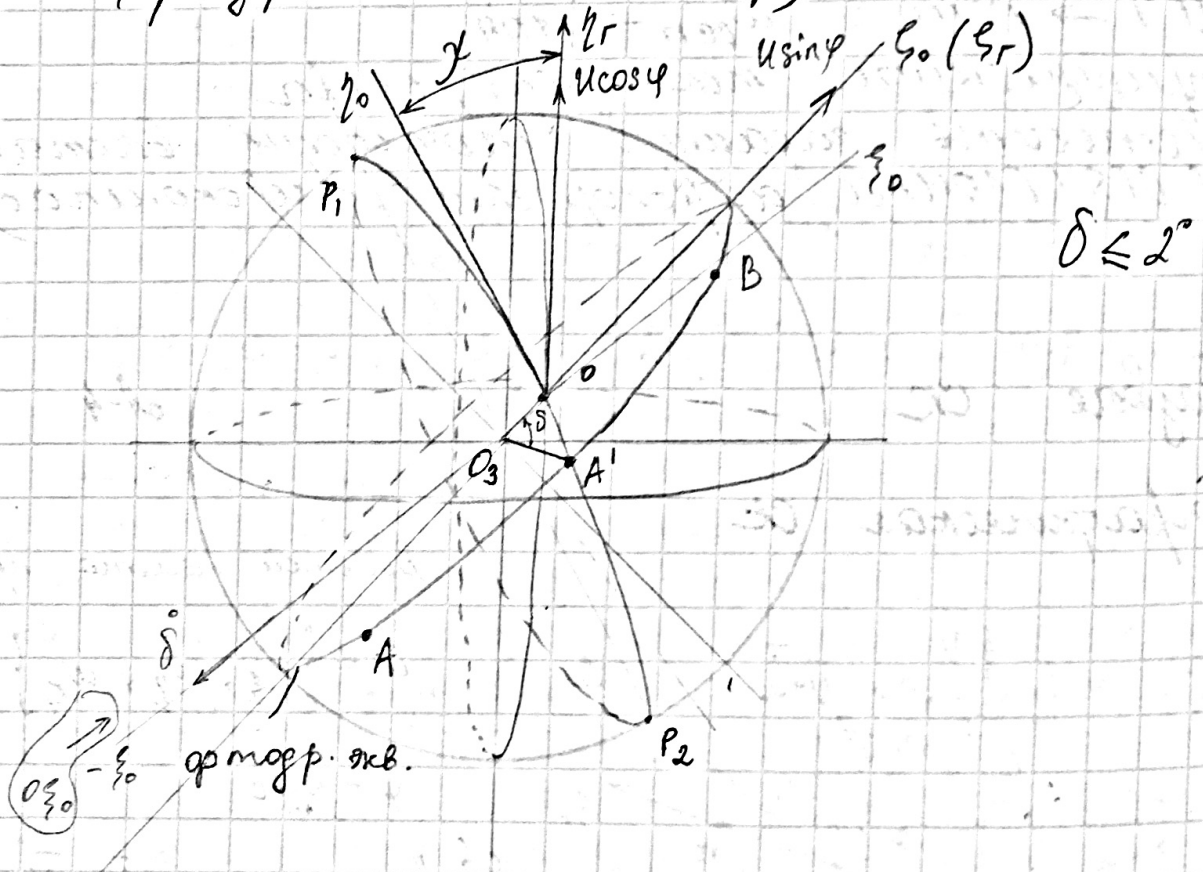
$$\left\{ \begin{aligned} \omega_{\xi r} &= \dot{\varphi} = -\frac{V_r}{R} \\ \omega_{\eta r} &= (u + \dot{\lambda}) \cos \varphi = u \cos \varphi + \frac{V_E}{R} \\ \omega_{\zeta r} &= (u + \dot{\lambda}) \sin \varphi = u \sin \varphi + \frac{V_E}{R} \tan \varphi \end{aligned} \right.$$

облет аппарата

гориз. сост.
угл. ср. 3.

Ортодромическая СК

Ортодромия - кратчайшее расстояние между двумя точками на пов-ти Земли (ортодромический плавотр)

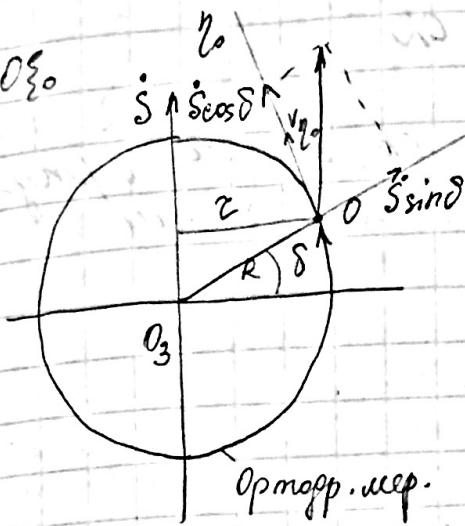


Положение объекта опре-ся длиной дуги S и углом δ - боковым отклонением от ортодромии

УНО - уг-ль нагр-ния ортодромии

$$\text{ГПК} \rightarrow L_A > L_0 \leftarrow \text{УНО}$$

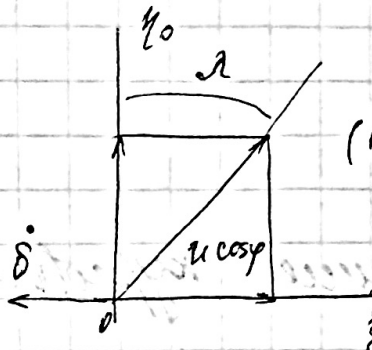
Вуг $O\xi_0$



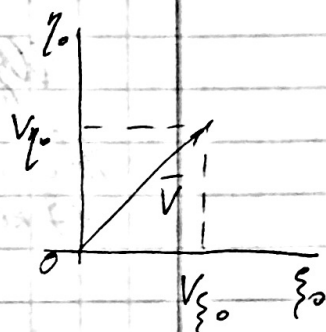
$\zeta_0(\zeta_T)$

$$\dot{\delta} = -\frac{V\eta_0}{R}$$

$$\dot{\delta} = \frac{V\xi_0}{z} = \frac{V\xi_0}{R \cos \delta}$$



(Вуг с пол. осн $O\xi_0$)

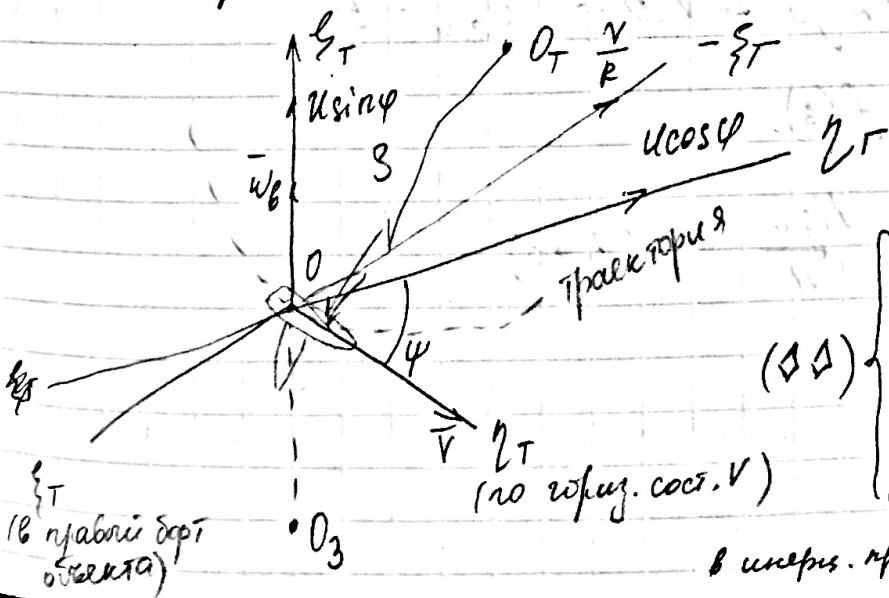


$$\begin{cases} \omega_{\xi_0} = u \cos \varphi \sin \chi - \frac{V\eta_0}{R} \\ \omega_{\eta_0} = u \cos \varphi \cos \chi + \dot{\delta} \cos \delta = u \cos \varphi \cos \chi + \frac{V\xi_0}{R} \\ \omega_{\zeta_0} = u \sin \varphi + \dot{\delta} \sin \delta = u \sin \varphi + \frac{V\xi_0}{R} \tan \delta \approx u \sin \varphi + \frac{V\xi_0}{R} \delta \end{cases}$$

В выс. широтах ищут по ортодромии (и не дальние расстояния)

По локодромии - ищут равных курсов (в ср. широтах не короткие расст.)

Траекторная СК (скоростная)



$\frac{V}{R}$ - угл. ск-ть облета ЛА
 R - радиус

$$(\Delta \Delta) \begin{cases} \omega_{\xi_T} = -u \cos \varphi \sin \varphi - \frac{V}{R} \\ \omega_{\eta_T} = u \cos \varphi \cos \varphi \\ \omega_{\zeta_T} = u \sin \varphi + \omega_B \end{cases}$$

Угловая
 величина
 СК

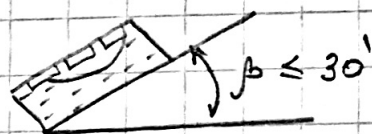
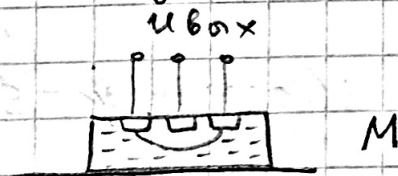
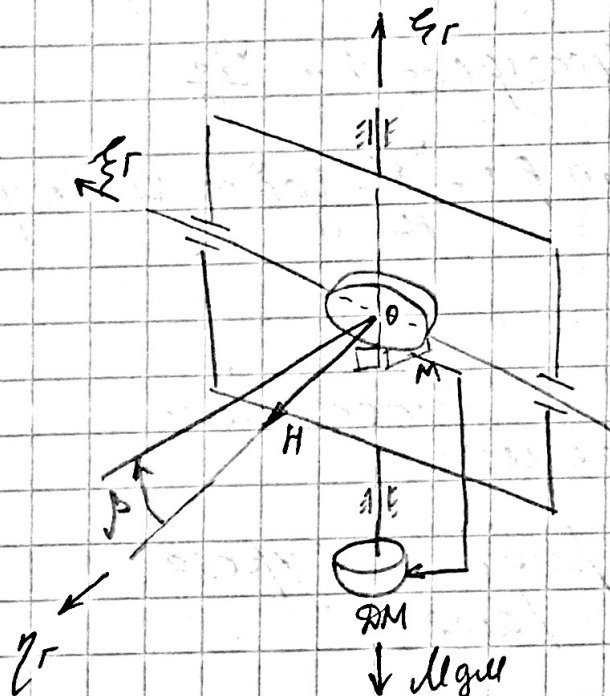
в шир. ш-те

Автоматическая - свободная СК

1. реализуется инерциальная СК, а по борту небход. знать положение относительно земли

Измерение курсового угла

Введем систему коррекции по углу β .
 ЧЗ коррекция - электролитический уровень M



DM - источник э.т. сист. коррекции

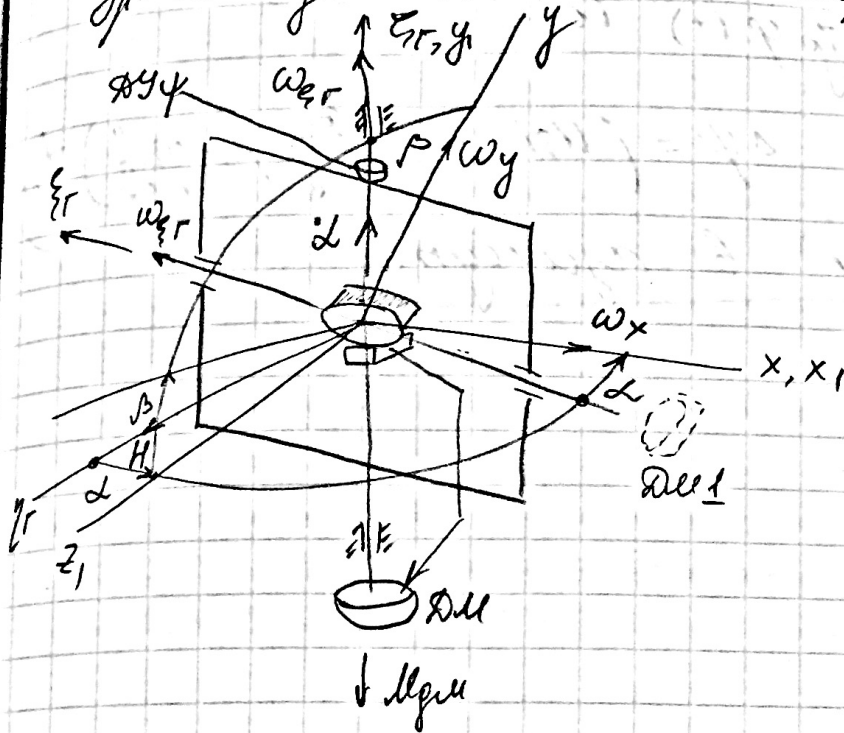
$$\beta \neq 0 \quad U_{вох} = K_M \cdot \beta \rightarrow DM \rightarrow M_{DM} = E \beta$$

$$M_{DM} = f(\beta)$$

$$- \omega_{кор} = \frac{M_{DM}}{H} \rightarrow (\beta \rightarrow 0)$$

$$\beta \rightarrow \min$$

Углы — неизвестны? в геоф. СК



Найдем проекции абс. угл. ск. на оси геоф. СК.
1. Восстановим по геоф. СК.

$$\omega_x = -\beta - \omega_{\xi r} \cos \alpha - \omega_{\eta r} \sin \alpha$$

$$\omega_y = (\dot{\alpha} + \omega_{\xi r}) \cos \beta - \sin \beta (\omega_{\eta r} \cos \alpha - \omega_r \sin \alpha) \approx$$

$$\approx \dot{\alpha} + \omega_{\xi r} = \dot{\alpha} + u \cos \varphi + \frac{v}{R} \tan \varphi$$

$$O_x - H \omega_y + M_x^{bp} = 0$$

ω^{bp} — вращение
диаметра

$$O_{y_1} H \cos \beta \omega_x - E \beta + M_{y_1}^{bp} = 0$$

$$E = \frac{E}{H}; \quad \omega'_{ccn} = \frac{M_{y_1}^{bp}}{H}$$

$$\dot{\beta} + E \beta = \omega_{\xi r} \cos \alpha_0 - \omega_{\eta r} \sin \alpha_0 + \omega'_{ccn}$$

$$\dot{\beta} = 0 \quad \max = u + \frac{v}{R}$$

$$\beta_{cr} = \frac{\omega_{\xi r} \cos \alpha_0 + \omega_{\eta r} \sin \alpha_0 + \omega'_{ccn}}{E}$$

$$E \gg u + \frac{v}{R} + \omega'_{ccn} \max$$

$$\dot{L} = -U \sin \varphi - \frac{V_E}{R} \operatorname{tg} \varphi (\pm) \omega_{\text{ссп}}''$$

(погрешность: $\Delta \psi = (U \sin \varphi + \frac{V_E}{R} \operatorname{tg} \varphi + \omega_{\text{ссп}}''_{\text{max}}) t_n$)

Широкон лётание в азимуте

$$t_n = 1 \text{ час}$$

$$U \sin \varphi \approx 12,44^\circ / \text{час}$$

$$\frac{V_E}{R} \operatorname{tg} \varphi \approx 2^\circ / \text{час}$$

$$\omega_{\text{ссп}}''_{\text{max}} \approx 2,2^\circ / \text{час}$$

$$\Delta \psi \approx 15^\circ$$

Можно летать только кратковременно.

Для определения курса
необх. скоординировать каникулы
упорядочить ?..
нужно для расч. по осн. выстр. рамки

$$\dot{L} = -U \sin \varphi - \frac{V_E}{R} \operatorname{tg} \varphi + \omega_{\text{ссп}}'' + \frac{M_{\text{гир}}}{H \cos \beta}$$

$$\dot{L} = 0$$

$$M_{\text{гир}} = H \left(U \sin \varphi + \frac{V_E}{R} \operatorname{tg} \varphi + \omega_{\text{ссп}}''_{\text{max}} \right)$$

$$\varphi \rightarrow \frac{\pi}{2} \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi \rightarrow \infty$$

В высоких широтах по
максимальным кильям

$$\frac{V_E}{R} \operatorname{tg} \varphi \ll U \sin \varphi$$

$$\omega_{\text{ссп}}'' = \omega_0 \pm \Delta \omega_{\text{аире}} \quad (?)$$

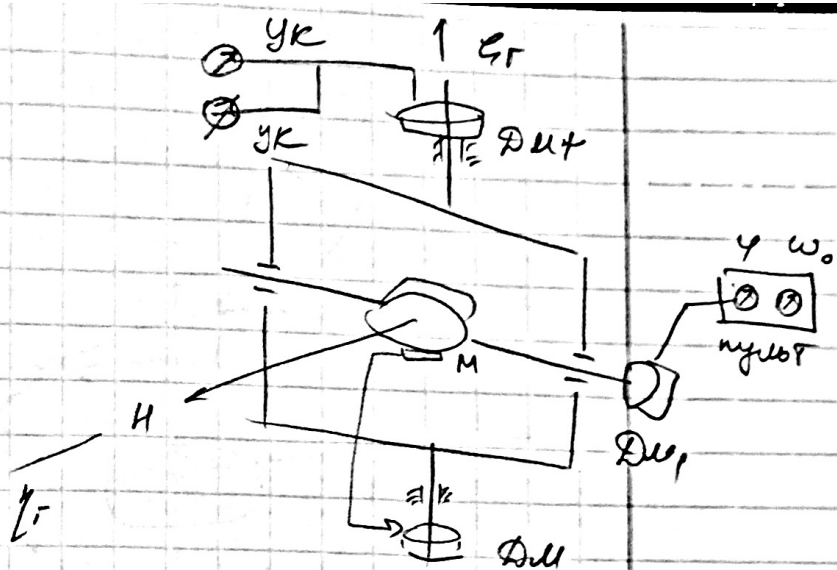
$$M_{\text{гир}} = H (\mu \sin \varphi + \omega_0)$$

ГПК
 $\Delta \varphi = \Delta \omega_{\text{св}} \cdot t_n$

$$\Delta \omega_{\text{св}} = 0,2^\circ / \text{кас}$$

$$\Delta \varphi / t = 1_s = 0,2^\circ$$

с такой погрешностью можно ориентировать полет по лазерной линии



Указатель направляется ориентиром

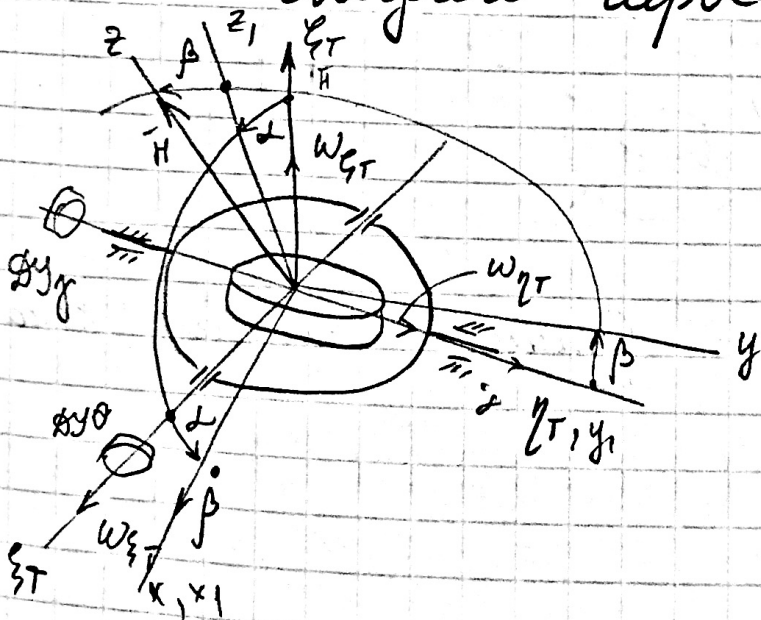
α, β - в орт. СК

$$\mu \sin \varphi + \frac{\sqrt{g} \xi_0}{R} \text{tg } \delta + \omega_{\text{свн}}''$$

$\text{tg } \delta$ - мал, $\delta < 2^\circ$

$$M_{\text{гир}} = H (\mu \sin \varphi + \omega_0)$$

Измерение φ и θ (углы крена и тангажа)
 в пол. свободного гироскопа



Ox_1, y_1, z_1 - кар. рама

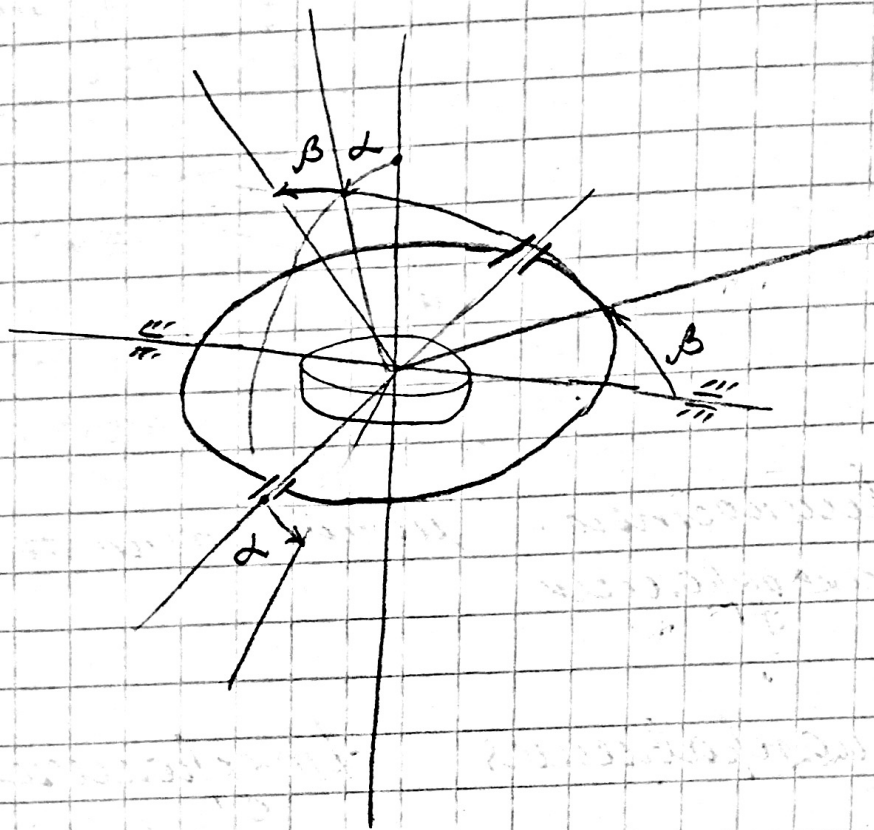
$OXYZ$ - внутр. р.

Проекция абс. уг. ск. на ось P_y .

$$\omega_x = \dot{\beta} + \omega_{\xi T} \cos \alpha - \omega_{\xi T} \sin \alpha$$

$$\omega_y = (\dot{\alpha} + \omega_{\eta T}) \cos \beta + \omega_{\xi T} \cos \alpha \sin \beta$$

$$\omega_z \ll \Omega; H = \text{const}$$

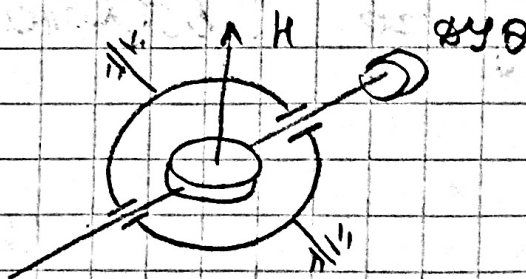
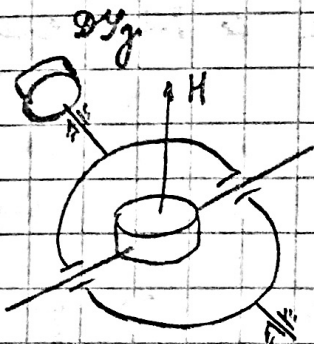


$$\partial_x \quad -H\omega_y + M_x^{bp} = 0$$

$$\partial_y \quad H\omega_x + \frac{M_y^{bp}}{\cos\beta} = 0$$

$$\alpha = -U \cos\varphi \cos\psi + \omega'_{ccn}$$

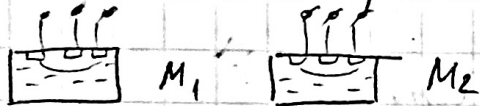
$$\beta = \frac{v}{R} + U \cos\varphi \sin\psi + \omega''_{ccn}$$



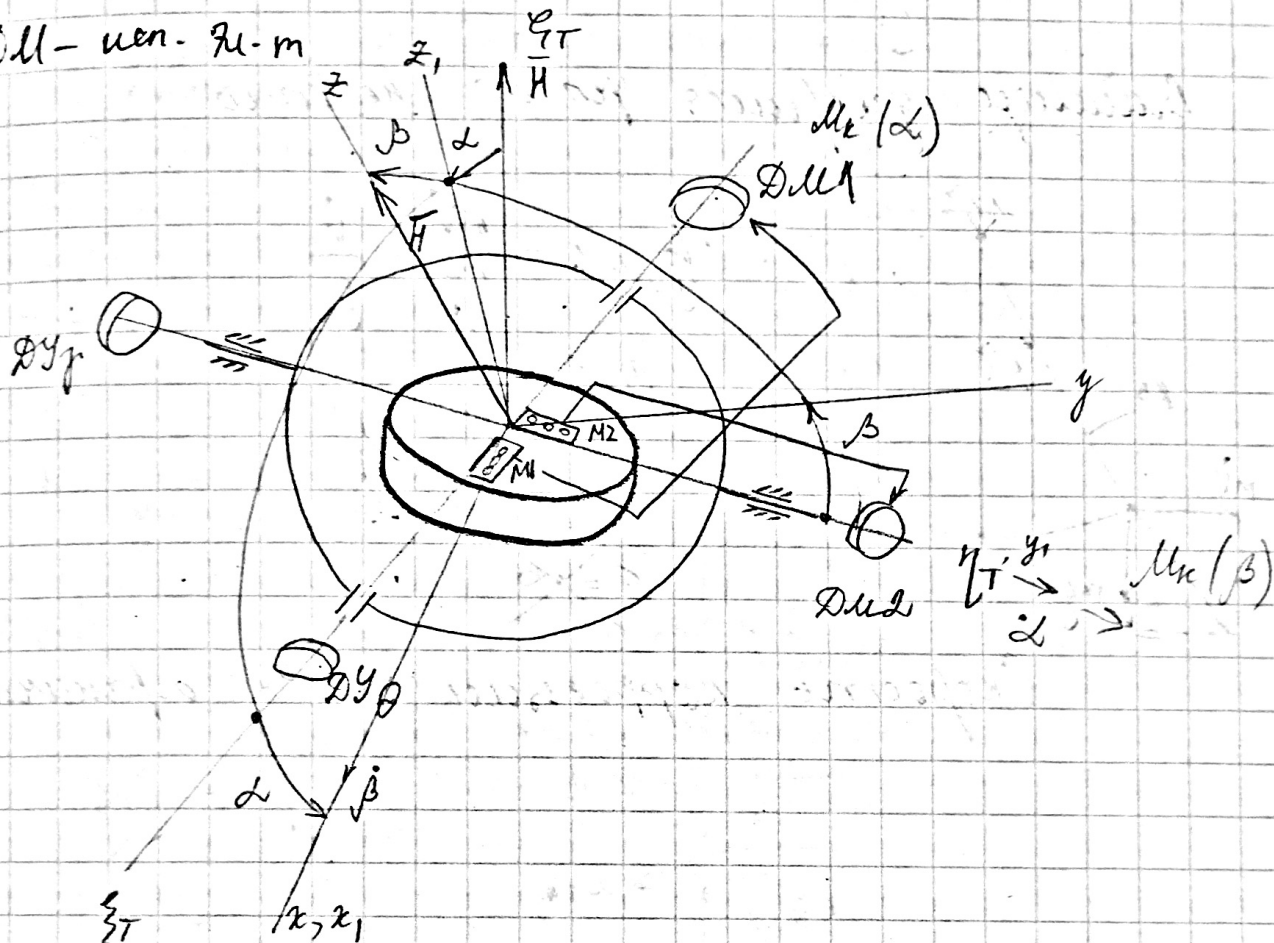
чтобы не было взаимного врезания канавки α

Широтная ось системы коррекции
по вертикали - астатич. широкон

УЗ - маятник



ДМ - инерц. ги-м



Дууу

$$-H\omega_y - E\dot{\alpha} + M_x \dot{\varphi}_p = 0$$

$$H\omega_x - E\dot{\beta} + M_y \dot{\varphi}_p = 0$$

$\cos \beta$

$$\omega_y = \dot{\alpha} + \omega_{\eta T} + \omega_{\xi T} \beta$$

$$\omega_x = \dot{\beta} + \omega_{\xi T} - \omega_{\eta T} \alpha$$

$$\dot{\alpha} + E\alpha = -\omega_{\eta T} + \omega_{\xi T}$$

$$\dot{\beta} + E\beta = -\omega_{\xi T} + \omega_{\eta T}$$

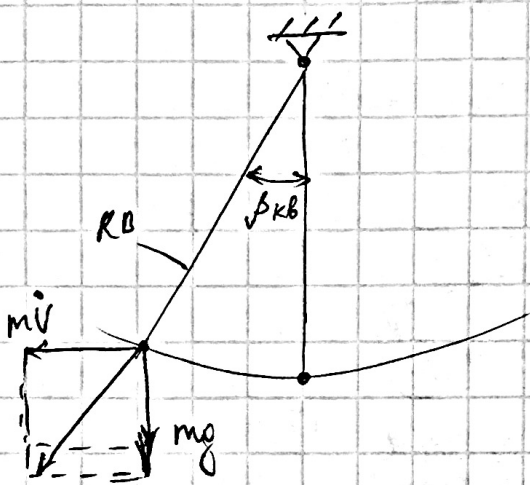
$$\dot{\alpha} = \frac{u \cos \varphi \cos \psi + \omega'_{\xi T}}{E}$$

$$\dot{\beta} = \frac{v}{R} + \frac{u \cos \varphi \sin \psi + \omega'_{\eta T}}{E}$$

$$\Delta \gamma = \Delta \theta = \frac{u + \frac{v}{R} + \omega_{\text{сеп}}^{\text{max}}}{\epsilon}$$

$$\epsilon \gg u + \frac{v}{R} + \omega_{\text{сеп}}^{\text{max}}$$

Внешнее ускорение учтено не было

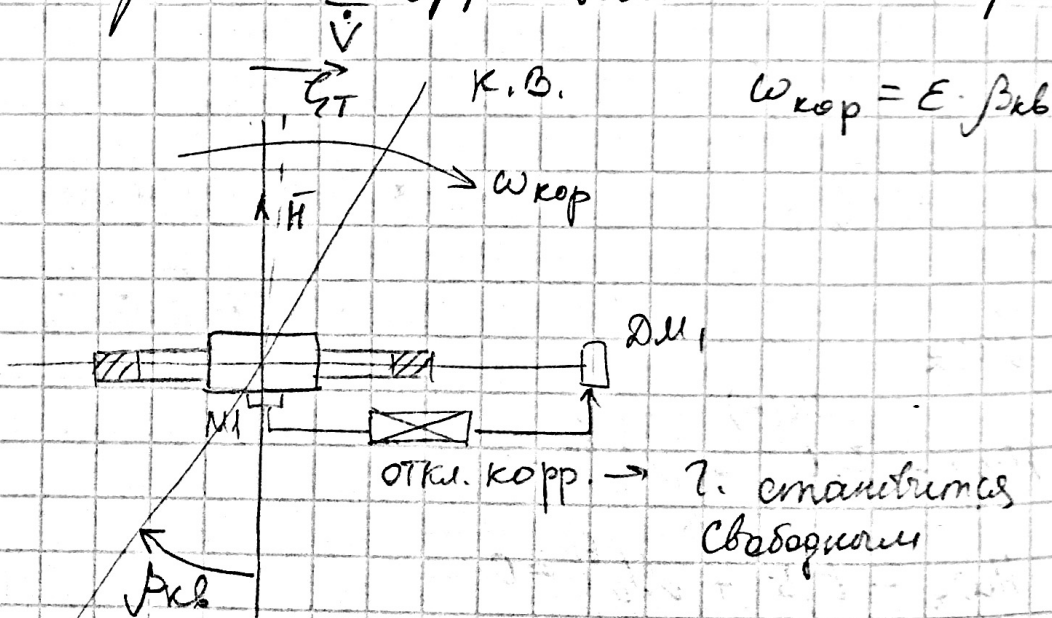


$$\text{гр } \beta_{\text{KB}} = \frac{m \dot{v}}{mg} = \frac{\dot{v}}{g}$$

$$\beta_{\text{KB}} \approx \frac{\dot{v}}{g}$$

~~$\epsilon = \infty$~~

Скорость коррекции нед. ограничена



$$M_{\text{DM1}} = \epsilon \beta_{\text{KB}}$$

откл. корр. → ? становится свободным

Лор-ть, св. с ускор. — баллистич. погрешность

$$\beta_{zv} = \frac{\dot{v}}{g}$$

Модель погр-тей гироскопа
возникающих вследствие дрейфовых моментов.

$$\dot{\Theta} = \frac{M_{др}}{H} = \omega_{цен}$$

$\omega_{цен}(t)$

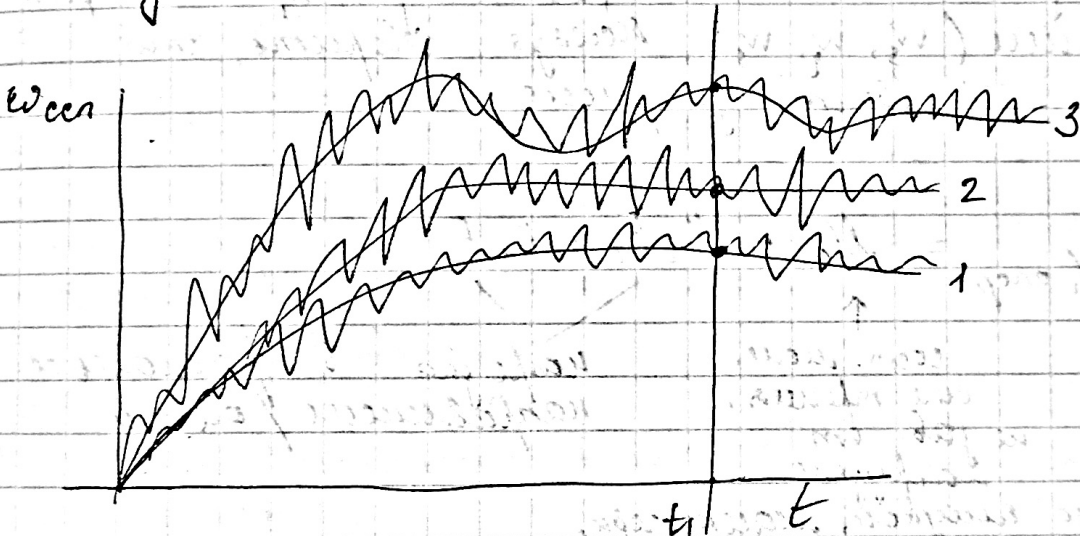
$\omega_{цен}(h)$

$$\Theta = \omega_{цен} \cdot t = const$$

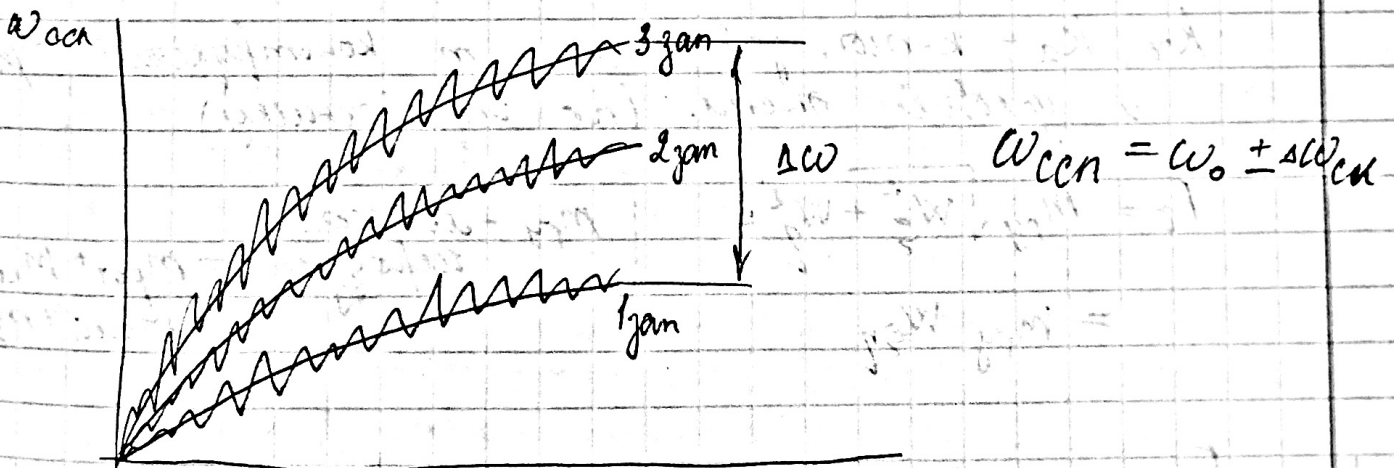
$\omega_{цен}(^{\circ}C)$

$$n = \frac{W}{g} \text{ , эр. (неверная)}$$

и др.

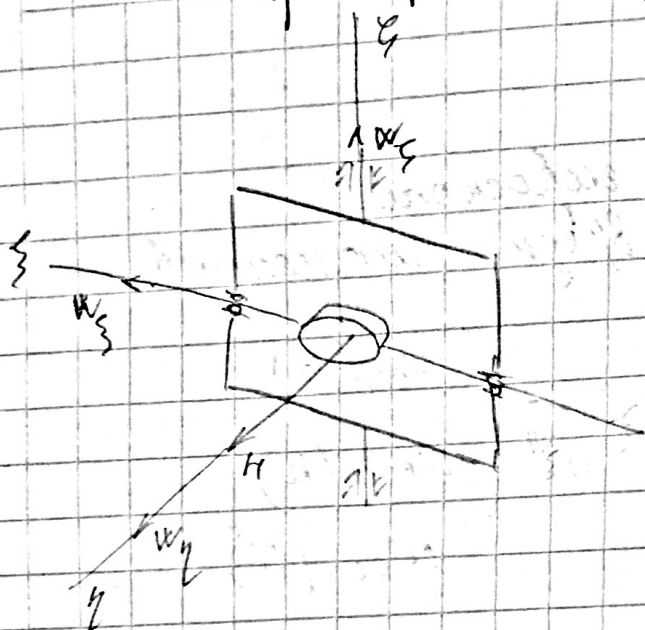


Дрейс замыка ?



Неск. замысков одного ?

стабильности в зав-ти от лим. перерузки
на примере свободного ТГ.



Действует на 2. с силой, кот. возн. при наличии ускорения (w_ξ, w_η, w_ζ). Кельвзя говорить, что на 1. действует ускорение

$$M_{\text{тр}} \omega_{\text{п}} \text{ опор} = M_0 + K_x F_x + K_a F_a$$

↑
сост. моле.
сил трения,
не зав. от
нагрузки

нагрузка в радиальн.
направлении / осях

(связ. со смазкой, молекулярн.
смазкой, прилипением шарика
и колеса, магнитн. поля и др.)

K_x, K_a - к-ты, зависящие от конструкции шп.
и условий эксл. (по справочнику)

$$F_x = m_{\text{г}} \sqrt{w_\xi^2 + w_\eta^2} =$$

$$= m_{\text{г}} w_{\text{ср}}$$

$m_{\text{г}}$ - масса
шарика = $m_{\text{рот}} + m_{\text{конуса}} + m_{\text{оси}} + m_{\text{шарика}}$

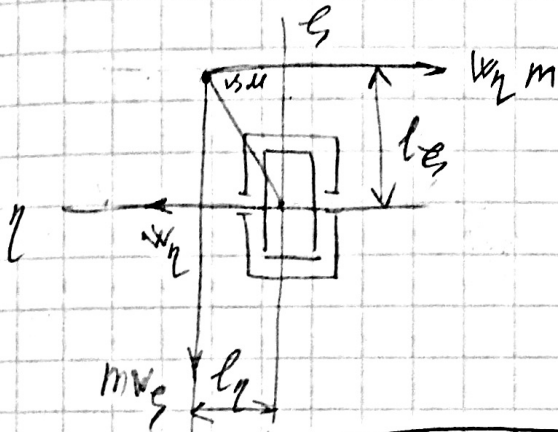
$$F_a = m_{\text{г}} w_\xi$$

$$\omega_{\text{TP}} = \frac{M_{\text{TP}} \omega / n}{H}$$

$$\omega_{\text{TP}}(z) = \omega_0 + \omega_1'(g) \eta_{\xi\eta} + \omega_1''(g) \eta_{\xi}$$

уменьш. соотв. сеп

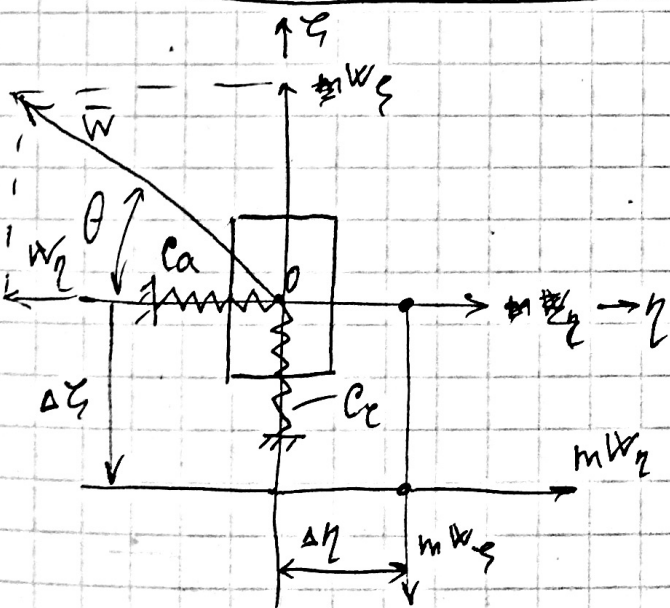
$$\begin{cases} \omega_1'(g) = \frac{k_z \cdot m_{\text{ry}} g}{H} = \frac{k_z P_{\text{ry}}}{H} \\ \omega_1''(g) = \frac{k_a \cdot P_{\text{ry}}}{H} \end{cases}$$



$$M_{\xi} = m W_{\eta} l_{\xi} - m W_{\xi} l_{\eta}$$

$$l_{\xi} = 0; l_{\eta} = l \Rightarrow M_{\xi} = -m W_{\xi} l$$

От неравномерности набрав шаг 2



$$M_{\text{H*}} = \Delta \eta m W_{\xi} - \Delta \xi m W_{\eta} =$$

$$= \frac{m^2 W_{\eta} W_{\xi}}{c_{\alpha}} - \frac{m^2 W_{\xi} W_{\eta}}{c_{\xi}} =$$

$$= m^2 W_{\eta} W_{\xi} \left(\frac{1}{c_{\alpha}} - \frac{1}{c_{\xi}} \right) =$$

$$= \frac{m^2 W^2 k_{\text{H*}} \sin^2 \theta}{c_{\alpha} c_{\xi}}$$

$$c_{\alpha} < c_{\xi}; k_{\text{H*}} = \frac{1}{c_{\alpha}} - \frac{1}{c_{\xi}}; \omega_{\text{H*}}(z) = \frac{\omega_2 (g^2) \eta^2}{\omega_2 (g^2)} = \frac{b^2 k_{\text{H*}} z}{2}$$