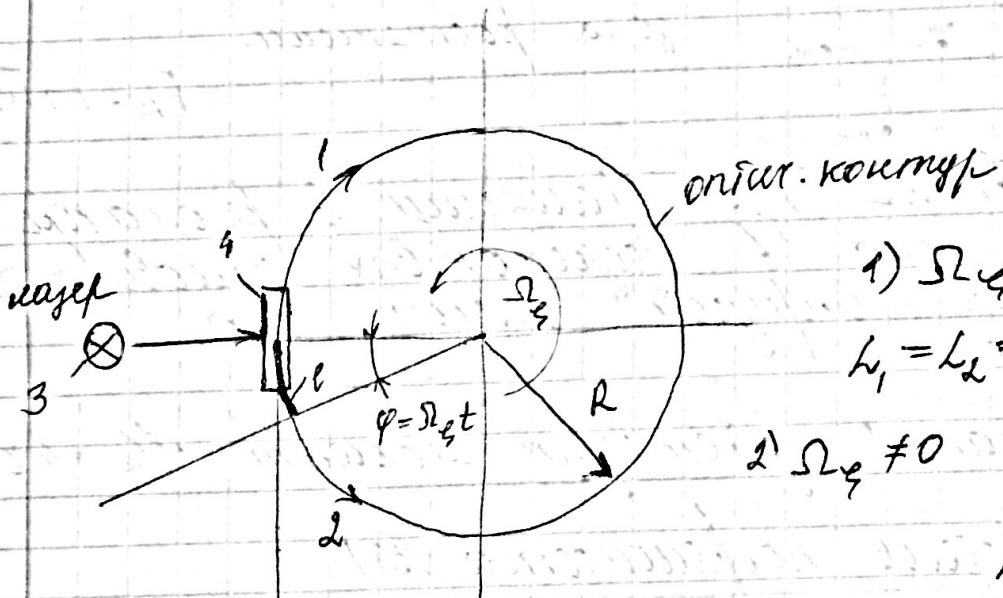


12.12.

ВОГ состоит из оптич. контура (оптоволокно на корпусе), рубинового лазера, (монокром. и когерентное излучение) (узкий пучок)

4 - оптическое раздвиг. устр-во, образующее 2 встречно направленных луча (1 и 2) с 4 поступает на фотоприемник 5, на котором образуется неподвижная интерференционная картина. Приемник измеряет расстояние между полосами Δ , кот. $\sim \Omega_{\varphi}$.

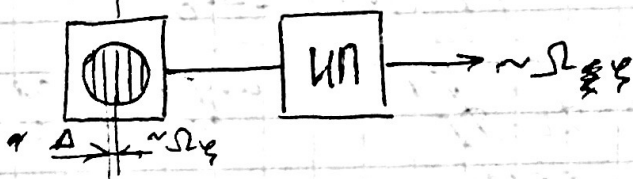


1) $\Omega_{\varphi} = 0$

$l_1 = l_2 = l = 2\pi R$
интерф. картина

2) $\Omega_{\varphi} \neq 0$

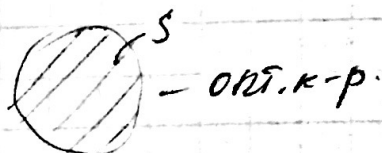
$l_1 = l - l$
 $l_2 = l + l$ } $l_2 > l_1$



$l = R \Omega_{\varphi} t = \frac{2\pi R}{c} \Omega_{\varphi}$
 $t = \frac{2\pi R}{c}$

$\Delta l = l_2 - l_1 = 2l = \frac{4\pi R}{c} \Omega_{\varphi} = \frac{4S}{c} \Omega_{\varphi}$

с-ск-ть света



коэффициент коактуса значимая не имеет
 $\Delta\varphi = \nu_0 \cdot \Delta t \Leftrightarrow \nu_0$ - круговая частота ацт-я ($\frac{h\nu_0}{e}; \frac{1}{e}$)

$$\Leftrightarrow \nu_0 (t_2 - t_1) = \nu_0 \frac{\Delta L}{c} = \nu_0 \frac{4S}{c^2} \Omega \varphi$$
$$\left(\frac{h_2}{c} - \frac{h_1}{c} \right)$$

$$h = \nu_0 \cdot \frac{4S}{c^2}; \Delta\varphi = h \Omega \varphi$$

чувствительность мала.

Оптич. коактус m витков ($m > 10^3$ витков) ○

$$h = 4 \frac{\nu_0 m_0 S}{c^2}$$

линейная погрешность - имеет электрошум скан
ВОТ находит широкое применение;
точность в част. вр. $\sim 0,1 \div 0,01$ / час.
на точность ВОТ сильно влияет
температура. Модель погрешности:

$$\Delta\Omega \varphi (t^\circ\text{C}) = \Omega_0 + k \cdot t^\circ\text{C} + k \frac{\Delta t}{\Delta t} + \Delta\Omega_{\text{сл}}$$

зависимость от лин. φ поверхности $n > 10^8$

От эл. магн. полей неох. экранировать.

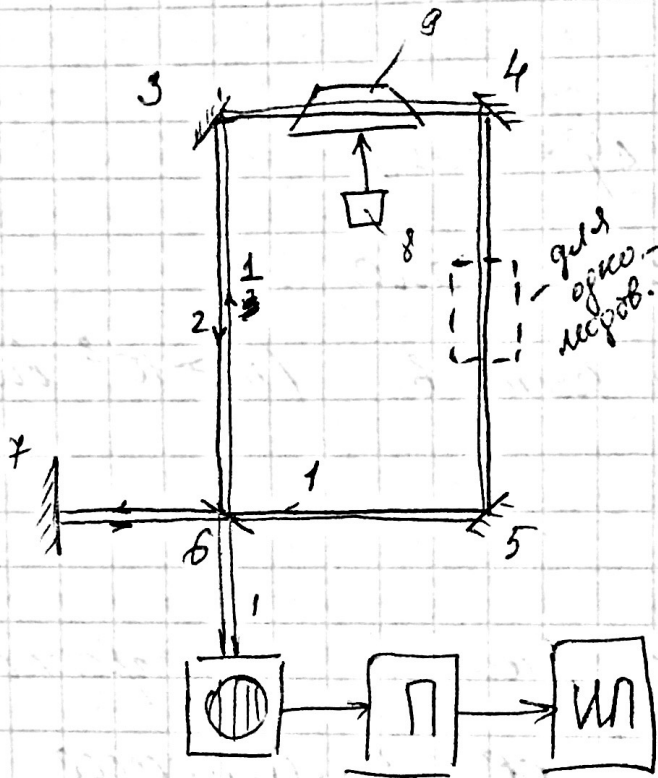
~~Код.~~ См. статью:

Антонова, Мавреев (Вестник приборостр.-из)

Лазерный ДУС

Уст. гелий-неоновый лазер (акт. среда - неон) Оптик. контур плоск. с пом. прямоугольных зеркал сев. прелом.

$$L = m\lambda ; \quad \lambda = \frac{c}{f_0}$$



Интерференционная картина подвита.

Цикл волн в резон. с частотой движущейся интерф. картины

7 - отражающее зеркало
6 - конструктивное зеркало

3-4-5-6 оптич. контур
8 - блок отклонения
9 - лазер

УП - измерит. прибор - частотомер

Добротность $Q = 2\pi f_0 \frac{N}{N_n} = \frac{N L}{\eta N c} 2\pi f_0 = 2\pi \frac{m\lambda}{\eta \lambda} = \frac{2\pi m}{\eta}$

f_0 - частота излучения

N - полезная энергия

N_n - энергия потерь

$$N_n = \frac{\eta N}{t} = \frac{\eta N c}{L}$$

Длина волны циркулирующей г.б. мембраны
(у пленки $\lambda = 0,633 \text{ мкм}$)

$$a = 5 \text{ см}$$

$$m = \frac{20 \cdot 10 \cdot 10^3}{0,633 \cdot 10^{-3}} \approx 3 \cdot 10^5$$

$\eta = 10^{-2}$ — к-т потерь (у хороших лазеров 10^{-3})

~~$Q = \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^5}{10^{-2}}$~~ $Q = \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^5}{10^{-2}} \approx 1,9 \cdot 10^8$

Лазер обладает высокой добротностью.

Применим циркулирующую г.б. скорости Ω_φ

1) при $\Omega_\varphi = 0$: $\Delta f = 0$.

2) при $\Omega_\varphi \neq 0$: $L_1 = \frac{mc}{f_1}$; $L_2 = \frac{mc}{f_2}$

$$L_2 > L_1 \quad f_{1(2)} = \frac{mc}{L_{1(2)}}$$
$$f_1 > f_2$$

$$\Delta f = f_1 - f_2 = mc \left(\frac{1}{L_1} - \frac{1}{L_2} \right) = mc \frac{\Delta L}{L^2 - l^2} = mc \frac{4S}{\lambda L} \Omega_\varphi$$

$$S \Delta f = h \Omega_\varphi; \quad h = \frac{4S}{\lambda L} \Rightarrow \lambda \rightarrow \min$$

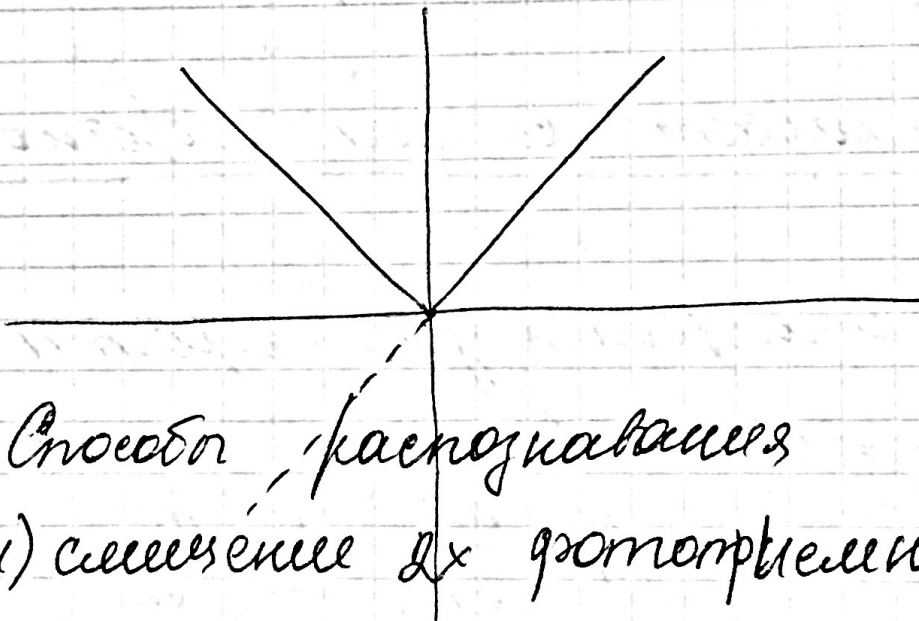
$\square a) \Rightarrow h = \frac{4a^2}{\lambda \cdot 4a} = \frac{a}{\lambda}; \quad (0) \rightarrow \frac{a}{2\pi \lambda} = \frac{5 \cdot 10 \cdot 10^3}{0,633 \cdot 2\pi} = 1,26 \cdot 10^5 \frac{\text{г}}{\text{с}}$

Мы видим, что у лазерного ДУС
высокая чувств-ть (в отл. от ВДГА)

$$\Delta f_k = \frac{4s}{2\lambda_k} \Omega_s \quad (\text{широкополосность -}$$

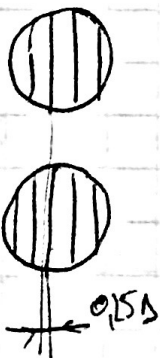
излучения на малых
частотах. (волнах)
Одномодовой режим генерации -
важное условие)

Лазерный ДУС не чувствует знака Ω_s .



Способы распознавания знака

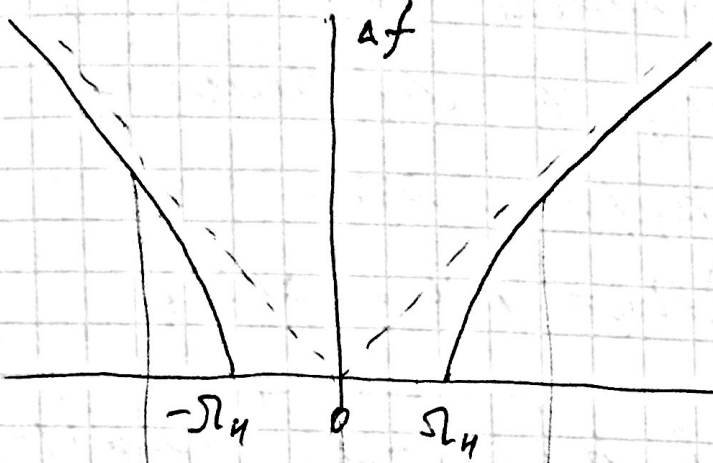
1) сечение 2х фотоприемников на 925А



2) спец. фазы $\gamma.2$

3) применение портавси матричного
(в лаб. условиях и на ~~вне~~
подв. подках / морских судах)

Зона нечувствительности

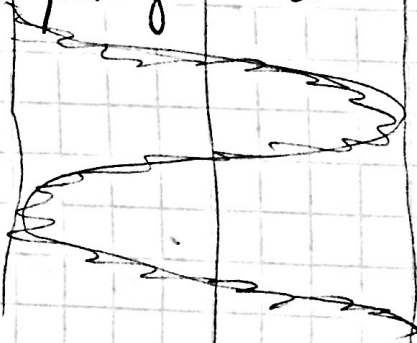


$$\Delta f = h \sqrt{\Omega_c^2 - \Omega_n^2}$$

У первых образцов $\Omega_n \approx 1000/\text{чис}$

Способы устраниения:

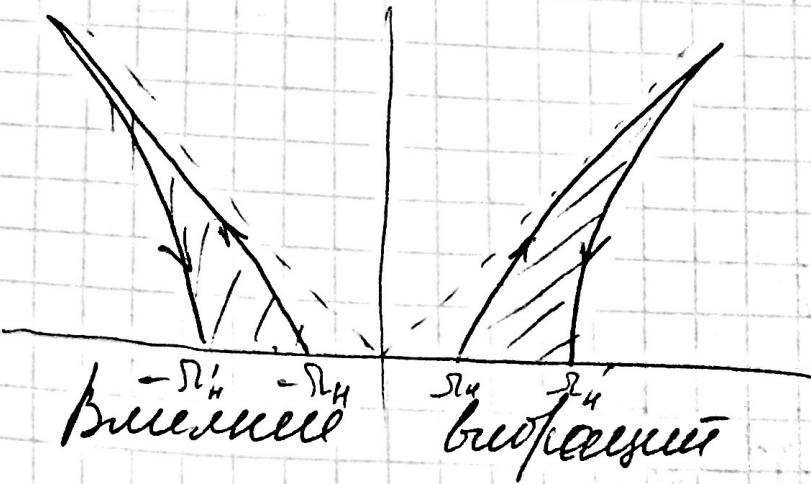
1) виброподставка



$$\dot{\psi} = \psi_0 \omega_0 \cos \omega_0 t$$

$$\psi_0 \omega_0 \Rightarrow \Omega_n$$

Зона гистерезиса



Связано с
важнои хромато-
мией мурей
из-за перераспре-
деления энергии
при столкновении
мурей 1 и 2



Модель профемностей ЛГ.
(в осевь приближенной вариации)

Аналитическая модель профемностей
характерист. лазерного ДУС

$$1) \Delta h \neq 0; \Delta f = (h + \Delta h) \Omega \varphi = h \Omega \varphi + \Delta h \Omega \varphi$$

зона
дефектов-н

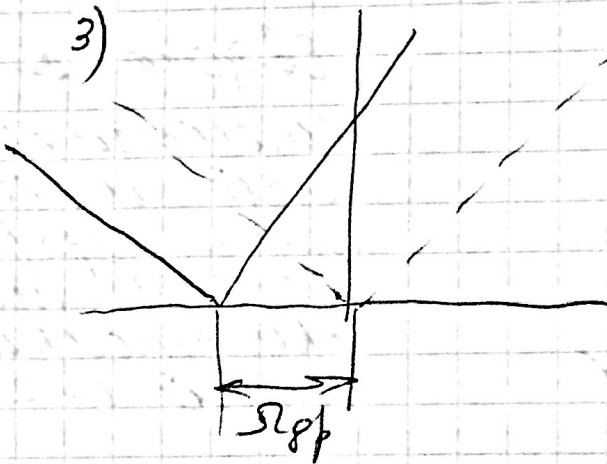
$$2) h = \text{const}; \Delta f = h \sqrt{\Omega \varphi^2 - \Omega_H^2} = h \Omega \varphi \sqrt{1 - \beta^2},$$

$$\text{где } \beta < 1 = \frac{\Omega_H}{\Omega \varphi}$$

$$\Delta f \approx h \Omega \varphi (1 - 0,5 \beta^2) = \cancel{h \Omega \varphi - 0,5 \beta^2 h \Omega \varphi}$$

$$= 0,5 h \Omega \varphi - 0,5 h \beta^2 \Omega \varphi$$

зона ск.
фрейм-р



$h = \text{const}$

$$\Delta f = h(\Omega \varphi + \Omega \varphi p) =$$

$$= h \Omega \varphi + h \Omega \varphi p$$

зона кел-ми + фрейм-р
~~н~~ $\Omega_H \neq 0$.

$$\Delta f = h \sqrt{(\Omega \varphi + \Omega \varphi p)^2 - \Omega_H^2} =$$

$$= h \Omega \varphi + h \Omega \varphi p - 0,5 h \beta^2 \Omega \varphi$$

4) $h + \Delta h$

$$\Delta f = h\Omega_{\varphi} + \Delta h\Omega_{\varphi} + \Delta h\Omega_{\varphi p} -$$

$$- 0,5 h p_1 \Omega_{\kappa} - 0,5 \Delta h p_1 \Omega_{\varphi}$$

5) неустойчивость гир. ск-ти переставки 1Г
 $\Omega_n \gg \Omega_{\kappa}; \frac{\Delta \Omega_n}{\Omega_n} \approx 10^{-7}$

6) $\Delta \Omega_{\varphi} = \Delta f / h$

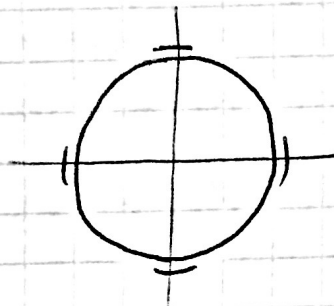
$$\Delta \Omega_{\varphi} = \frac{h \Delta \Omega_n}{h} - \frac{\Delta h}{h} \Omega_{\varphi} + \frac{h \Omega_{\varphi p}}{h} - \frac{0,5 h p_1 \Omega_{\kappa}}{h}$$

$$\Delta \Omega_{\varphi} = \Delta \Omega_n + \Omega_{\varphi p} + \Delta \Omega_{\kappa} + \Delta \Omega_{\varphi} + \Delta \Omega_{\kappa}$$

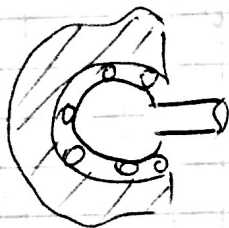
$\Omega_n > 10^3 \Omega_{\kappa}$

$10^{-20} / \text{рад}$ — погр. соед. гиротрона
 ± 901

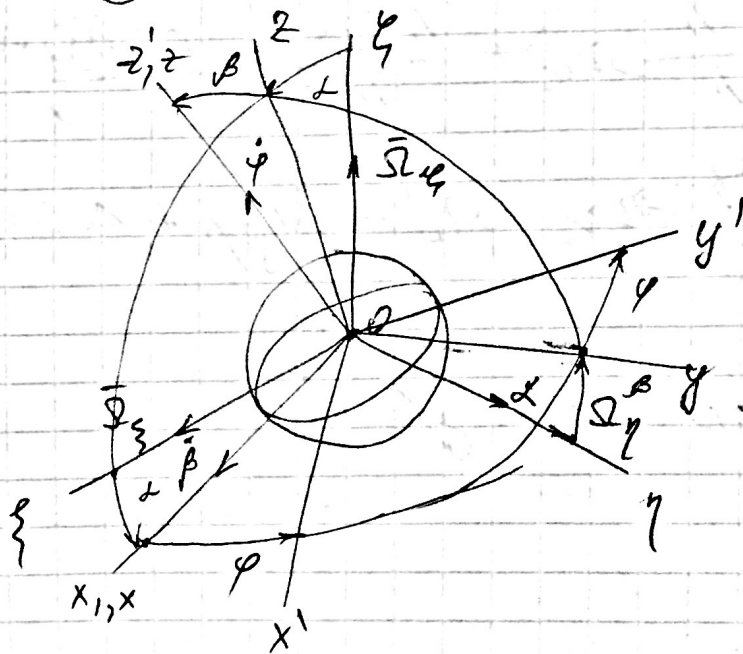
Сферическое зеркало



Подвес:
 10^{-5} рад^* электростатические (м.б. крабей)
 10^{-12} рад^* конические на электромагнитном подв.
 * высоко сверхпроводящая (талии)
 x высокоинтегр. сверхпровод. (литрий-бариевой керамика)



уравнения движения сферического зеркала.



α, β, γ
 $ox'y'z'$ - св. с вращ. зеркалом
 $oxyz$ - ось Радана

$$\Omega_{x'} =$$

$$\Omega_{y'} =$$

$$\Omega_{z'} =$$

$$Ox': -A \dot{\Omega}_{x'} + B \Omega_{y'} \Omega_{z'} - C \Omega_z \Omega_{y'} + M_{x'} = 0.$$

$$Oy': -B \dot{\Omega}_{y'} + C \Omega_{z'} \Omega_{x'} - A \Omega_{x'} \Omega_{z'} + M_{y'} = 0.$$

$$Oz': -C \dot{\Omega}_{z'} + A \Omega_{x'} \Omega_{y'} - B \Omega_{y'} \Omega_{x'} + M_{z'} = 0.$$

Для зеркала существуют условия

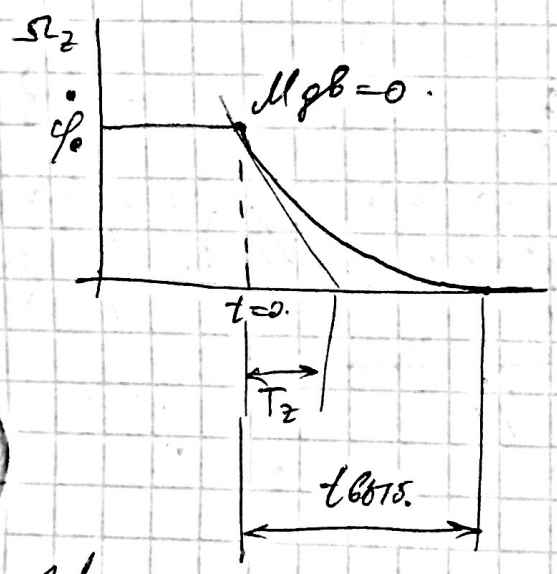
$$\begin{cases} A\dot{\Omega}_x - B\dot{\Omega}_y\Omega_z - C\dot{\Omega}_z\Omega_y + (C-B)\Omega_y\Omega_z = M_x \\ B\dot{\Omega}_y + (-C+A)\Omega_x\Omega_z = M_y \\ C\dot{\Omega}_z + (B-A)\Omega_x\Omega_y = M_z \end{cases}$$

Уравнения Эйлера

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

$$\text{Пусть } B = A$$

$$M_{gb} = M_{corp}; \quad C\dot{\Omega}_z = 0; \quad \Omega_z = \text{const} = \varphi_0; \quad M_{corp} = -D_z \Omega_z$$



$$C\dot{\Omega}_z + D_z \Omega_z = 0.$$

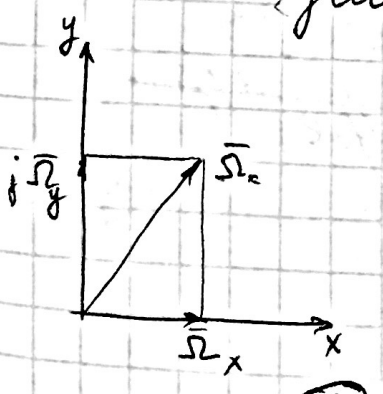
$$T_z = \frac{C}{D_z}; \quad T_z \dot{\Omega}_z + \Omega_z = 0.$$

$$t=0; \quad \Omega_z = \varphi_0;$$

$$\Omega_z = \varphi_0 e^{-t/T_z}$$

Устойчивость сферического гироскопа — граница Крелов угл.

$M_{gb} = 0$. (Вывод сферического гироскопа, найдем условие гом-ми)



$$\begin{aligned} M_y &= -D_y \Omega_y \\ M_x &= -D_x \Omega_x \\ D_x &= D_y = D \end{aligned}$$

$$\textcircled{+} \begin{cases} B\dot{\Omega}_y j - (C-A)j\Omega_x\Omega_z + jD_y\Omega_y = 0 \\ A\dot{\Omega}_x - j^2(C-A)\Omega_y\Omega_z + D_x\Omega_x = 0 \end{cases}$$

$$A\dot{\Omega}_x - j(C-A)\Omega_z\Omega_x + D\Omega_x = 0;$$

$$\frac{d\Omega_k}{dt} = -\frac{dt}{T} + \frac{C-A}{A} j \Omega_k dt = 0; \Omega_k = \dot{\varphi}_0 e^{-\frac{t}{T_2}}$$

$$\int \dot{\varphi}_0 e^{-\frac{t}{T_2}} dt = -T_2 \dot{\varphi}_0 e^{-\frac{t}{T_2}} + S_1$$

$$\ln \Omega_k = -\frac{t}{T} - j \frac{C-A}{A} T_2 \dot{\varphi}_0 e^{-\frac{t}{T_2}} + S_1$$

S_1 - const. интегрирования

к.у: $t=0, \Omega_k = \Omega_k^0$

$$\ln \Omega_k^0 = -j \frac{C-A}{A} T_2 \dot{\varphi}_0 + S_1$$

$$S_1 = \ln \Omega_k^0 + j \frac{C-A}{A} T_2 \dot{\varphi}_0$$

$$\ln \Omega_k = \ln \Omega_k^0 + j \underbrace{\frac{C-A}{A} T_2 \dot{\varphi}_0 (1 - e^{-\frac{t}{T_2}})}_{\varphi_1} - \frac{t}{T}$$

$$t \rightarrow 0; \varphi_1 = 0$$

$$t \rightarrow \infty; \varphi_1 = T_2 \frac{C-A}{A} \dot{\varphi}_0$$

$$t = 0 \div \infty: \varphi_1 = T_2 \frac{C-A}{A} \dot{\varphi}_0 (1 - e^{-\frac{t}{T_2}})$$

$$\Omega_k = \Omega_k^0 e^{-\frac{t}{T} + j\varphi_1}$$

Определение $\tau_{\text{ф}} = \frac{|\Omega_k^0|}{|\Omega_k|}$, где $\Omega_k = \dot{\varphi}_0 e^{-\frac{t}{T}}$

$$\tau_{\text{ф}} = \frac{|\Omega_k|}{|\Omega_k^0|}; |\Omega_k| = \dot{\varphi}_0 e^{-\frac{t}{T}}$$

$$\tau_{\text{ф}} = \tau_{\text{ф}} \dot{\varphi}_0 e^{-t \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_2} \right)}$$

$$\tau_{\text{ф}0} = \frac{|\Omega_k^0|}{|\dot{\varphi}_0|}$$

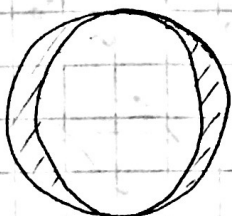


при $T_2 > T$ концы
стрелки к осей от
и направление роста

$$\frac{C}{D_z} > \frac{A}{D_x} ; C\Omega > A\Omega_z$$

$$\text{при } C=A: \Omega_H = \frac{H}{A} = \frac{C\dot{\varphi}_0}{A} = \dot{\varphi}_0$$

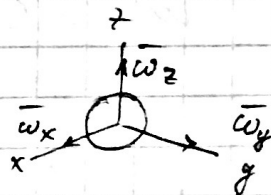
Для устойчивости $C > A$



Приближенная модель прецессии сферического гироскопа.

Если обеспечивается уст-ть гироскопа, то для описки его прецессии можно исп-ть прецессионное ур-ние.

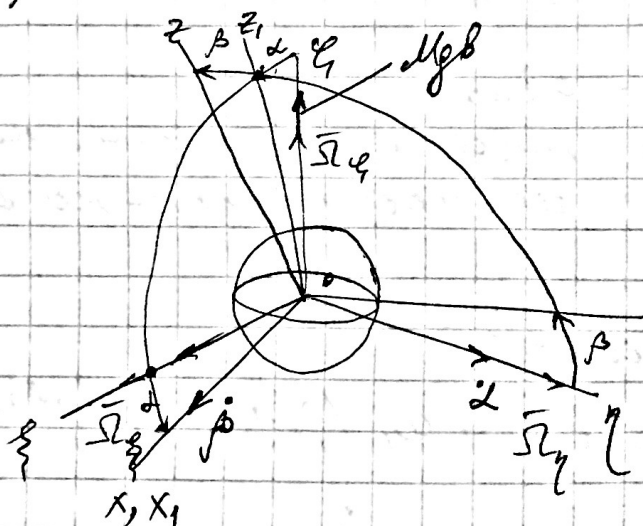
$$\dot{\varphi}_0 = \text{const}; H = \text{const}$$



$$\omega_x =$$

$$\omega_y =$$

$$\omega_z =$$



$$\begin{cases} -H\omega_y + M_x^{\beta\alpha} = 0 \\ +H\omega_x + M_y^{\alpha\beta} = 0 \end{cases}$$

Определены $M_x^{\beta\alpha} = -D\dot{\beta} + M_x^{\beta\alpha} - M_{\beta\beta} \frac{\sin\alpha}{L}$

$$M_y^{\alpha\beta} = -D\dot{\alpha} + M_y^{\alpha\beta} + M_{\beta\beta} \frac{\cos\alpha \sin\beta}{\beta}$$

$$\omega_y \approx \dot{\alpha}; \omega_x \approx \dot{\beta}$$

$$M_x \dot{\varphi} = 0; \quad \mathcal{D} = 0.$$

$$\begin{cases} H \dot{\alpha} + M_{\varphi\beta} \dot{\beta} = 0 \\ H \dot{\beta} + M_{\varphi\alpha} \dot{\alpha} = 0 \end{cases}$$

$$\frac{M_{\varphi\beta}}{H} = \varepsilon$$

$$\begin{cases} \dot{\alpha} + \varepsilon \alpha = 0 \\ \dot{\beta} + \varepsilon \beta = 0 \end{cases}$$

$$t=0; \quad \alpha = \alpha_0; \quad \beta = \beta_0$$

$$\alpha = \alpha_0 e^{-\varepsilon t}; \quad \beta = \beta_0 e^{-\varepsilon t}$$

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{\alpha_0}{\beta_0}$$

Угроскоп "сжимается" к оси вращения, это очень плохо.

Оценки погрешности угроскопа.

$$\omega_{\text{всп}} = \frac{M_x \dot{\varphi}}{H}; \quad \frac{M_{\varphi\beta} \dot{\varphi}}{H} = \omega_{\text{всп}}^* \quad \alpha = \alpha^*, \quad \beta = \beta^*$$

$$\begin{cases} \dot{\alpha} = -\varepsilon \alpha^* + \omega_{\text{всп}} \\ \dot{\beta} = -\varepsilon \beta^* + \omega_{\text{всп}}^* \end{cases}$$

Токовая зависит не только от σ -м, но и от положения угроскопа относительно оси вращения

Модель погрешностей

$$\omega_{\text{всп}}(n) = -\frac{\sigma^*}{T_z} + \omega_0 + \omega_1 (g) n + \omega_2 (g^2) n^2 + \dots$$

$$M_{\varphi\beta} = \mathcal{D}_z \Omega_z; \quad \varepsilon = \frac{\mathcal{D}_z \dot{\varphi}_0}{C \dot{\varphi}_0} = \frac{1}{T_z}$$

$$(\alpha^*, \beta^*) \varphi^*$$

Для сферич. и вращ. харг. погр. $-\frac{\sigma^*}{T_z}$