Билет №19

1. **Принцип работы ВТГ** Стр. 156-157

В конце XX в. распространение получил волновой твердотельный гироскоп (ВТГ). Основным элементом ВТГ является резонатор в форме полусферы (рис. 86, *а* и *б*) или цилиндра (рис. 86, *в* и *г*).

Рассмотрим принцип измерения угла ψ поворота основания с помощью ВТГ.

При колебании $r = r_0 \sin \nu_0 t$ резонатора относительная скорость $\dot{r} = r_0 \nu_0 \cos \nu_0 t$ приведенной массы m при наличии угловой скорости $\Omega_\zeta = \Omega$ основания является причиной возникновения кориолисова ускорения $W_к = 2\dot{r}\Omega = 2\Omega r_0 \nu_0 \cos \nu_0 t$.

Кориолисовы силы $F_к = mW_к$ сжимают упругий резонатор в областях 1 и 3 (рис. 90, *а*), растягивают его в областях 2 и 4 и образуют гироскопический момент

$$M_г = 2mr_0^2 \nu_0 \Omega \sin 2\nu_0 t.$$

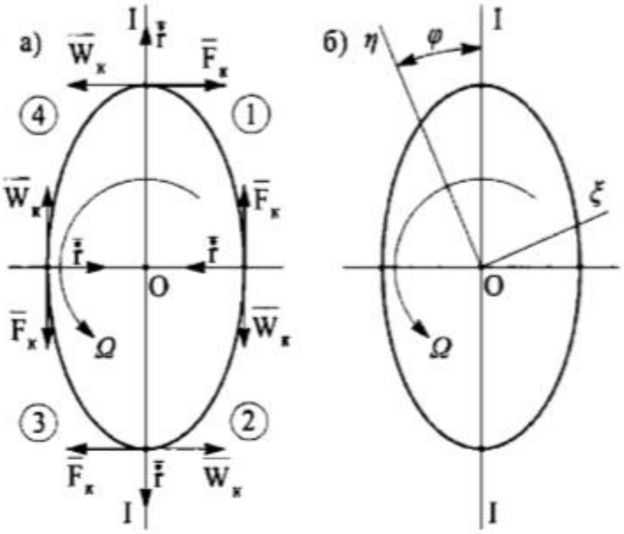


Рис. 90. К пояснению принципа работы ВТГ

Действие гироскопического момента уменьшает скорость вращения ДВ ($\omega_{ДВ} < \Omega$) вокруг оси $O\zeta$ в инерциальном пространстве (упругая волна отстает от основания на угол φ). Параметр $\omega_{ДВ}$ называют скоростью прецессии (волны); для цилиндрического резонатора $\omega_{ДВ} = \frac{K^2-1}{K^2+1}\Omega$.

Для основной формы колебаний $K = 2$ и $\omega_{ДВ} = 0{,}6\Omega$.

Угол отставания ДВ (рис. 90, *б*)

$$\varphi = (\Omega - \omega_{ДВ})t = \frac{2}{K^2+1}\Omega t = \frac{2}{K^2+1}\psi = h'\psi.$$

При $K = 2$ $h' = \frac{2}{K^2+1} = 0{,}4$, следовательно, $\varphi = 0{,}4\psi$ — для идеального цилиндра, в случае полусферы $h' = 0{,}28$ и $\varphi \approx 0{,}28\psi$.

Расчет h' ведется с помощью представления резонатора как упругой оболочки или с применением методов анализа поведения упругой волны в резонаторе [3].

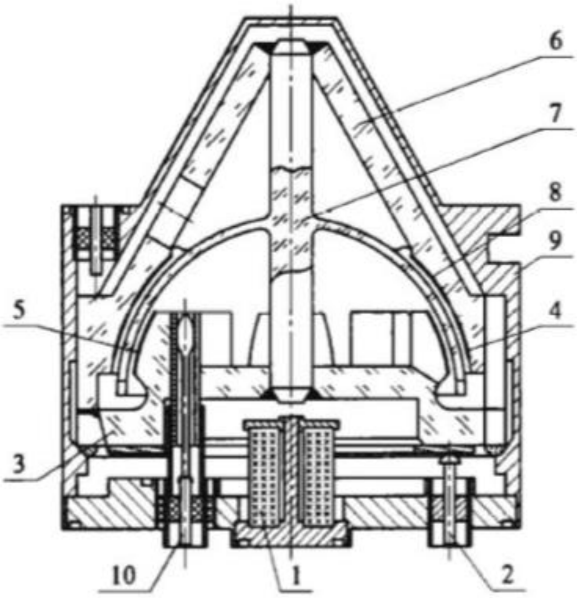


Рис. 91. Конструктивная схема ВТГ:

1 — встроенный насос; *2, 10* — гермовводы; *3, 6* — внутренний и наружный корпусы; *4* — электрод возбуждения; *5* — датчик положения; *7* — резонатор; *8* — КЭ; *9* — кожух

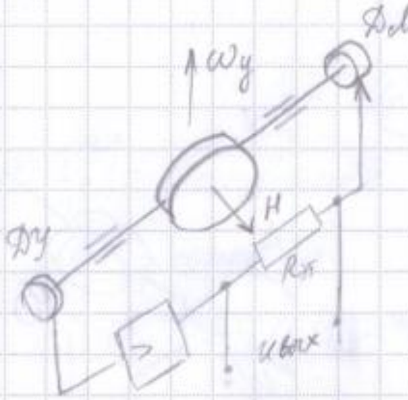
В качестве недостатков прецизионных ВТГ отметим высокие стоимость и энергопотребление, а также значительные массогабаритные характеристики. Использование цилиндрических резонаторов в микромеханических гироскопах последний недостаток устраняет, но с потерей точности.

ВТГ имеет малое время готовности, длительный срок эксплуатации ($> 10^5$ ч), надежно работает в условиях высоких линейных и вибрационных перегрузок, радиации, при перепадах температур.

2. определение омега 0 ДУС

По лекциям Анной Калининой, за прошлый семестр.

ДУС с механич. пружиной



ток ДМ = I

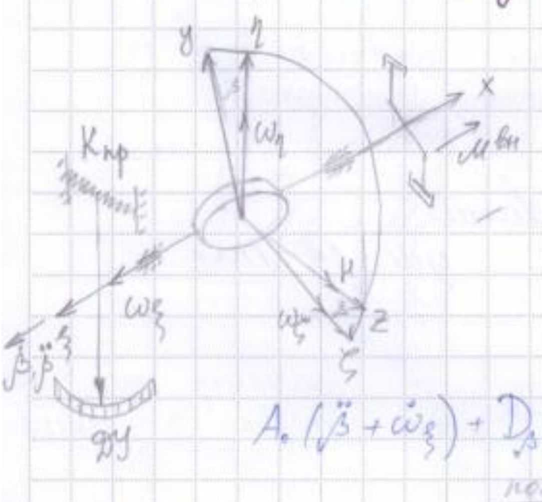
$$H\omega_y = \beta \underbrace{K_{ДУ}\cdot K_{УС}\cdot K_{ДМ}}_{K_{ОС}}$$

$$\beta = \frac{H}{K_{ОС}}\omega_y$$

$$I\cdot K_{ДМ} = M_x^{ДМ} = H\omega_y$$

$$I = \frac{H}{K_{ДМ}}\omega_y$$

Уравнение движения ДУС



$$\Sigma M_x = 0$$

рот. рамки

$$A_0 = A + A_1$$

$$A_0(\ddot\beta + \dot\omega_\xi) + D_\beta\cdot\dot\beta + K_{пр}\cdot\beta - H\omega_\eta\cdot\cos\beta$$

$$A_0(\ddot\beta + \dot\omega_\xi) + D_\beta\cdot\dot\beta + K_{пр}\cdot\beta - H\omega_\eta\cos\beta + H\omega_\zeta\sin\beta + M_x^{вн} = 0$$

полезная составляющая, перекрестная погрешность

$$\underbrace{A_0\ddot\beta + D_\beta\dot\beta + K_{пр}\beta}_{\text{динамика по } x} = \underbrace{H\omega_\eta\cos\beta - (H\omega_\zeta\sin\beta) - A_0\dot\omega_\xi - M_x^{вн}}_{\text{установившееся значение}}$$

ДУС измеряет ω_η

η – измерительная ось

y – чувствительности

Пусть $\dot{\omega}=0$; $M_x^{вн}=0$; $\omega_\xi=0$

β – мал. Получим:

$$A_0\ddot{\beta} + D_\beta\dot{\beta} + K_{пр}\beta = H\omega_\eta$$

$$\ddot{\beta} + 2\xi\omega_0\dot{\beta} + \omega_0^2\beta = \frac{H}{A}\omega_\eta$$

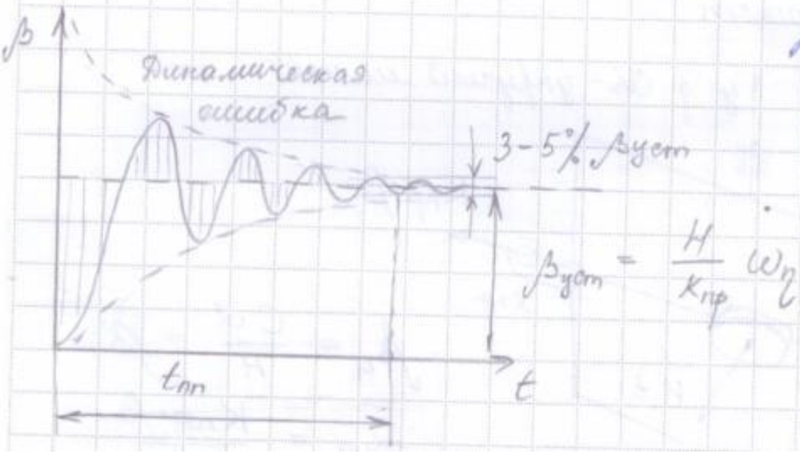
ω_0 – собственных незатухающих колебаний

$\omega_0 = \sqrt{\frac{K_{пр}}{A_0}}$; ξ – относит. к-т затухания

$$\xi = \frac{D_\beta}{A_0 2\omega_0} = \frac{D_\beta}{2\sqrt{K_{пр}A_0}}$$

Решая уравнение, получим

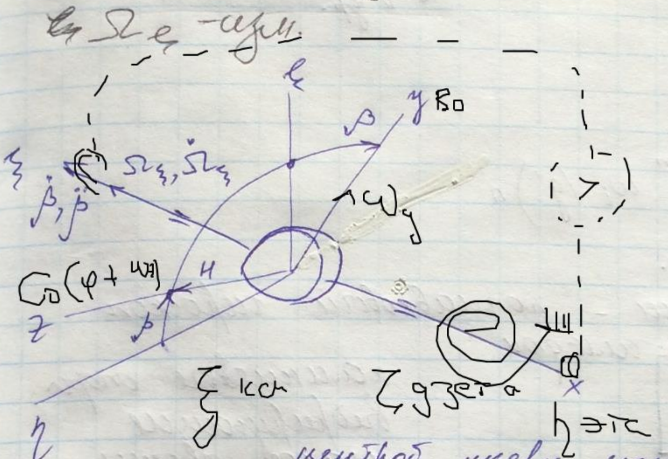
$$\beta = C_1 e^{-\xi\omega_0 t}\sin\left(\omega_0\sqrt{1-\xi^2}\,t + \gamma\right) + \frac{H}{K_{пр}}\omega_\eta$$



Качество ПП зависит от ξ; наилучшее качество при $\xi = 0{,}707$ – время ПП min

Уравнения движения ДУС

Ω_ξ – изм.



$A_0 = A_1 + A$

ин. м.

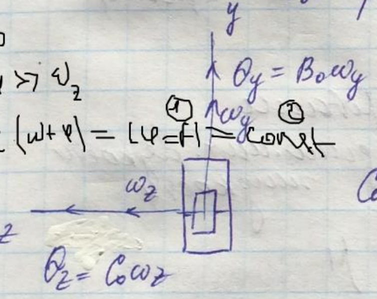
$A_0(\ddot{\beta} + \dot{\Omega}_\xi)$

гир. м. $(H = const)$

$\omega_y = \Omega_\zeta \cos\beta - \Omega_\eta \sin\beta$

$H(\Omega_\zeta \cos\beta - \Omega_\eta \sin\beta)$

центроб. инерц. момент



C

$\varphi >> \omega_z$

$C(\omega + \varphi) = C\varphi = H = const$

$C_0 > B_0$

$B_0 = B_1 + A$

$C_0 = C_1 + C$

$M_{ин.ц.} = \theta_y \omega_z - \theta_z \omega_y = -(C_0 - B_0)\omega_y \omega_z$

измеряемая часть

$$A_0(\ddot{\beta} + \dot{\omega}_\xi) + D_\beta \dot{\beta} + k\beta = H\Omega_\zeta \cos\beta - H\Omega_\eta \sin\beta +$$

определяет

отн. + пер. = абс

$$+ (C_0 - B_0)\omega_y \omega_z - M_x^{вн}$$

погрешности

$$(C_0 \omega_z)\omega_y - (B_0 \omega_y)\omega_z$$

Погрешности возбуд. $\beta, \Omega_\eta, \dot{\Omega}_\xi, \omega_y \omega_z$ – методические погр-ти

$$A_0 \ddot{\beta} + D_\beta \dot{\beta} + k\beta = 0$$

Инструментальные погрешности $\Delta h, \varphi_0$

$$\sqrt{k}$$

$$\boxed{\nu_0 = \sqrt{\frac{k}{A_0}}}, \quad k = \begin{cases} k_{пр} \\ k_{ду} \, k_{ус} \cdot k_{дм} \end{cases}$$

$$\omega = \omega_0 \sqrt{1 - \xi}$$