

## Билет №18

### 1. ДУС с двумя каналами измерения Стр. 128-130

#### Трехстепенной датчик угловой скорости, построенный на базе астатического гироскопа

ДУС, построенный на базе трехстепенного гироскопа (рис. 71), применяется в головках самонаведения, системах прицеливания и т. п. В таком приборе трехстепенной гироскоп имеет две системы «перекрестной» обратной связи по моменту,

127

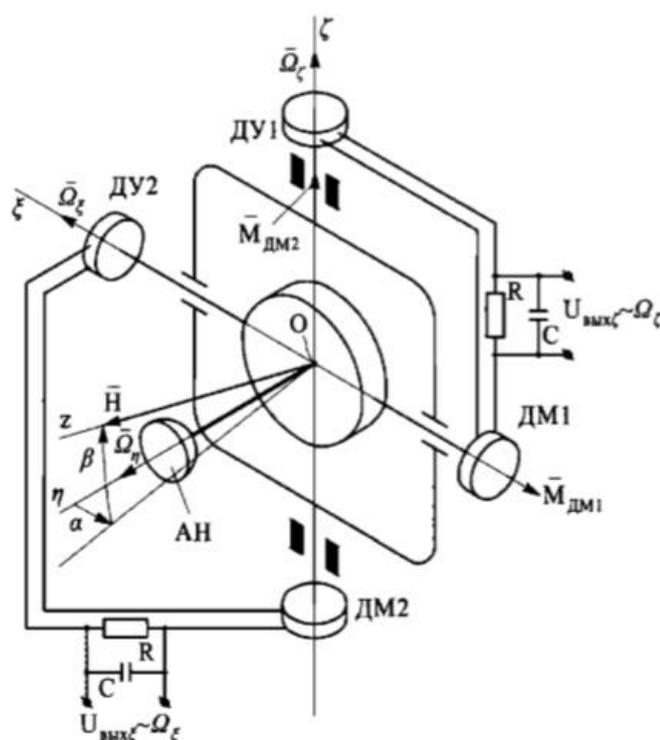


Рис. 71. Схема ДУС с тремя степенями свободы:  
АН — антенна наведения

состоящие из датчиков угла (ДУ1, ДУ2), усилителей, RC-цепочек, датчиков момента (ДМ1, ДМ2). Устройство слежения за целью крепится на гиросузле: это оптические или тепловизионные устройства, радиоантенны. При появлении угловой скорости  $\Omega_\zeta$  сигнал с ДУ1 поступает на ДМ1, который развивает момент  $M_{ДМ1} = K\alpha$ , вызывающий прецессию гироскопа  $\dot{\alpha} = \frac{K}{H}\alpha$ . Очевидно, что угловая скорость прецессии нарастает до тех пор, пока не сравняется с  $\Omega_\zeta$ :

$$\frac{K}{H}\alpha_* = \Omega_\zeta, \quad \alpha_* = \frac{H\Omega_\zeta}{K},$$

т. е. установившееся значение угла  $\alpha_*$  пропорционально угловой скорости объекта  $\Omega_\zeta$  по каналу оси  $Oz$ . Момент датчика за-

висит от тока  $i_{DM}$ :  $M_{DM1} = K_{DM}i_{DM} = K\alpha_* = H\Omega_\zeta$ , т. е. момент ДМ1 уравновешивает гироскопический момент  $H\Omega_\zeta$ :

$$i_{DM} = \frac{H}{K_{DM}} \Omega_\zeta.$$

Выходной сигнал снимается с термостабильного сопротивления  $R$ :

$$U_{вых\zeta} = R \frac{H}{K_{DM}} \Omega_\zeta = h\Omega_\zeta,$$

где  $h = \frac{RH}{K_{DM}}$  — чувствительность ДУС.

Аналогично по каналу оси  $O\xi$   $U_{вых\xi} = h\Omega_\xi$ . Нестабильность чувствительности  $\frac{\Delta h}{h} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta H}{H} + \frac{\Delta K_{DM}}{K_{DM}}$  во многом определяет точность прибора.

Составим прецессионные уравнения движения ДУС. Для этого определим проекции абсолютной угловой скорости на оси Резаля  $Oxyz$  (рис. 72):

$$\begin{aligned} \omega_x &= -\dot{\beta} - \Omega_\xi \cos \alpha - \Omega_\eta \sin \alpha; \\ \omega_y &= (\dot{\alpha} + \Omega_\zeta) \cos \beta - \sin \beta (\Omega_\eta \cos \alpha - \Omega_\xi \sin \alpha); \\ \omega_z &\ll \Omega. \end{aligned}$$

Прецессионные уравнения ДУС ( $H = \text{const}$ ):

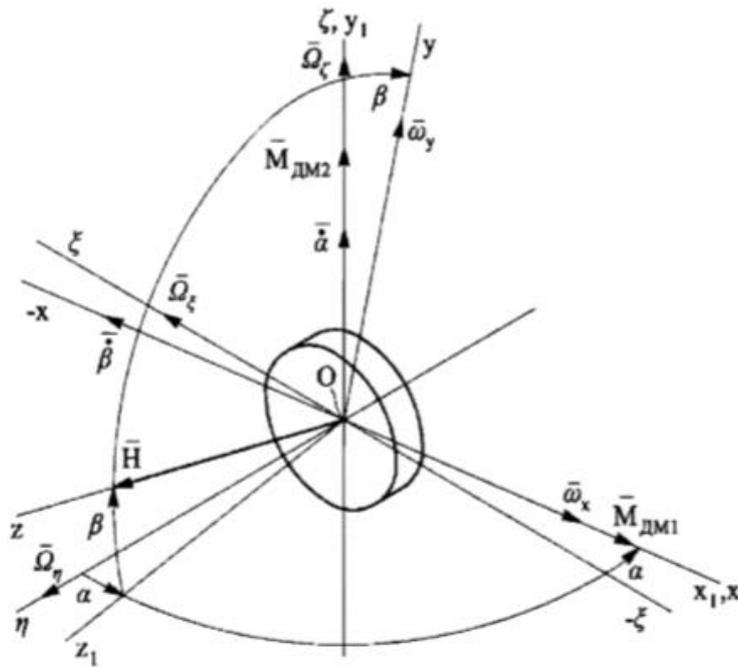
$$\begin{aligned} -H\omega_y + K\alpha + M_x &= 0; \\ H\omega_x + \frac{K\beta + M_{y1}}{\cos \beta} &= 0. \end{aligned}$$

Обозначим  $\omega_{ссп} = \frac{M_x}{H}$ ,  $\omega'_{ссп} = \frac{M_y}{H}$ ,  $\frac{K}{H} = \varepsilon$ . Тогда

$$\begin{aligned} \dot{\alpha} \cos \beta + \Omega_\zeta \cos \beta - \sin \beta (\Omega_\eta \cos \alpha - \Omega_\xi \sin \alpha) - \varepsilon\alpha - \omega_{ссп} &= 0; \\ \cos \beta (\dot{\beta} + \Omega_\xi \cos \alpha + \Omega_\eta \sin \alpha) - \varepsilon\beta - \omega'_{ссп} &\approx 0. \end{aligned}$$

Для малых  $\alpha$  и  $\beta$  получим

$$\begin{aligned} \dot{\alpha} - \varepsilon\alpha &= -\Omega_\zeta + \beta\Omega_\eta + \omega_{ссп}; \\ \dot{\beta} - \varepsilon\beta &= -\Omega_\xi - \alpha\Omega_\eta + \omega'_{ссп}. \end{aligned} \tag{87}$$



**Рис. 72.** К выводу уравнений движения ДУС с тремя степенями свободы

Составляющие  $\beta\Omega_\eta$ ,  $\alpha\Omega_\eta$  определяют погрешность прибора, обусловленную перекрестной угловой скоростью  $\Omega_\eta$ , поэтому необходимо обеспечить работу ДУС при малых  $\alpha$  и  $\beta$ .

Погрешности, вызванные ССП, уменьшаются при малых  $M_x$ ,  $M_{y_1}$  и увеличении  $\epsilon$ , значение которого выбирают из условий устойчивости системы. При отсутствии погрешности (87)  $\alpha = \frac{\Omega_\zeta}{\epsilon}$ ,  $\beta = \frac{\Omega_\xi}{\epsilon}$ . Часто такой двухкомпонентный ДУС выполняют на базе трехстепенного гироскопа с внутренним кардановым подвесом.

## 2. Системы возбуждения волнового твердотельного гироскопа

Стр. 153-154 (небольшая часть)+155-156 (основное)

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).

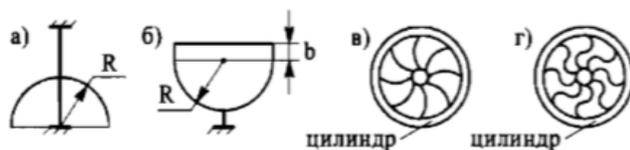


Рис. 86. Резонаторы ВТГ:

а — полусферический; б — полусферический с цилиндрической кромкой высотой  $b$ ; в, г — цилиндрические микромеханического гироскопа

Возбуждение осуществляется на собственной частоте  $\omega_0 = \nu_0 = 2\pi f_0$ . Для цилиндрического резонатора

$$f_0 = \frac{\nu_0}{2\pi} = l(K) \frac{h}{2\pi R^2} \sqrt{\frac{E}{2(1+\mu)\rho}}, \text{ Гц,}$$

153

где  $l(K)$  — величина, которая зависит от формы колебаний кольца и характеризуется параметром  $K$  — половиной числа узловых меридианов (для основной первой формы (рис. 87) колебаний  $K = 2$ , тогда  $l(K) = 2,62$ );  $h, R$  — размеры кольца;  $E, \mu, \rho$  — модуль упругости I рода, коэффициент Пуассона и плотность материала кольца. Для плавленого кварца  $\mu \approx 0,18$ .

Возбуждение резонатора осуществляется двумя способами:

1) позиционное возбуждение (рис 88, а) при реализации режима ДУС (показано только два электрода);

2) параметрическое (рис. 88, б) с помощью кольцевого электрода (КЭ) при реализации режима ИГ.

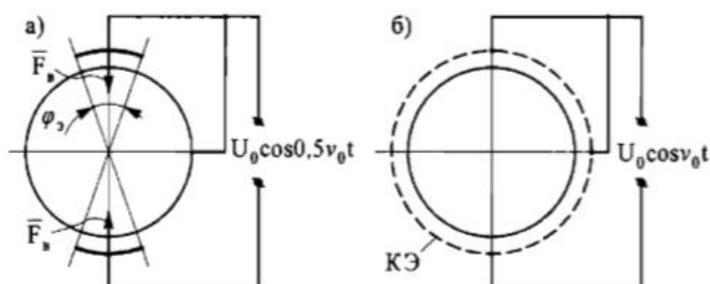
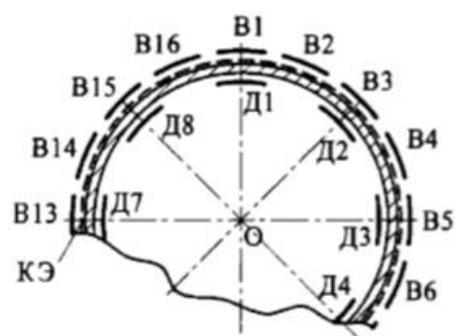


Рис. 88. Схемы возбуждения резонатора ВТГ:

а — позиционное; б — параметрическое

Для уменьшения влияния на точность ВТГ погрешностей формы применяют 16 электродов системы позиционного возбуждения. Режим параметрического возбуждения для снижения потребляемой мощности осуществляют после предварительного возбуждения резонатора с помощью системы позиционного возбуждения, т. е. включение кольцевого электрода «поддерживает» колебания резонатора, компенсируя потери.



**Рис. 89.** Схема расположения электродов позиционного возбуждения В1—В16 и датчиков положения перемещения Д1—Д8 диаграммы вибрации ВТГ

Положение узловых точек определяют с помощью системы емкостных датчиков Д1—Д8. Система Д1—Д8 фиксирует угол  $\varphi$ , характеризующий положение ДВ относительно основания (рис. 89).