МЕХАНИКА
ТВЕРДОГО ТЕЛА
№ 4 • 1984

УДК 531.383

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ОДНОРОТОРНЫХ КОРРЕКТИРУЕМЫХ ГИРОКОМПАСОВ

ЧИЧИНАДЗЕ М. В.

Известно, что однороторный корректируемый гирокомпас [1] обладает рядом свойств, отличающих его от маятниковых однороторных гирокомпасов. К этим свойствам относятся: удержание главной оси чувствительного элемента (ЧЭ) моментами коррекции в плоскости истинного меридиана и, как следствие, ликвидация скоростной и широтной погрешности, а также отсутствие условий невозмущаемости [2] и независимость направляющего момента от восточной составляющей скорости движения судна и, как следствие, большой запас устойчивости на маневре [3].

Однороторным гирокомпасам присуща принципиальная погрешность, порождаемая особенностями маятниковой стабилизации гироблока вокруг его оси подвеса. Это же обстоятельство служит одной из причин погрешности гирокомпаса на маневрировании, которую можно уменьшить, если выполнить определенные условия при подборе параметров гирокомпаса.

Рассмотрим уравнения корректируемого гирокомпаса, сохранив обозначения, принятые в [4]:

$$x_1^{\bullet}-\frac{c_x}{H}x_2+\frac{c_x}{H}x_3=0 \tag{1}$$

$$x_2^{\bullet}+\frac{c_z m_z}{H}x_2+\left(U\cos\varphi+\frac{c_z m_z}{c_x}U_1\operatorname{tg}\varphi\right)x_1-\frac{c_z m_z}{H}x_3-U_3x_4=-\beta^{\bullet *}$$

$$x_3^{\bullet}-\frac{1+n_x}{T_1}x_3-\frac{1}{T_1}x_2+\left(U\cos\varphi-\frac{H}{T_1c_x}U_1\operatorname{tg}\varphi\right)x_1-U_3x_4=-\beta^{\bullet *}-\frac{n_xv_N^{\bullet}}{T_1g}$$

$$x_4^{\bullet\bullet}+2d_1\omega_1x_4^{\bullet}+\omega_1^2x_4=\omega_1^2v_E^{\bullet}g^{-1}$$

Решение четвертого уравнения системы (1) не зависит от остальных уравнений, поскольку частота собственных колебаний чувствительного элемента гирокомпаса ω_0 на несколько порядков меньше частоты ω_1 колебаний гироблока вокруг оси его подвеса. Для решения остальных уравнений системы (1) можно принять

$$x_4=v_E^{\bullet}/g \tag{2}$$

Известно [4], что $\beta^{\bullet *}=v_E^{\bullet}\operatorname{tg}\varphi H(c_xR)^{-1}$. Учитывая (2), первые три уравнения (1) запишем в виде

$$x_1^{\bullet}-\frac{c_x}{H}x_2+\frac{c_x}{H}x_3=0 \tag{3}$$

$$x_2^{\bullet}+\frac{c_z m_z}{H}x_2+\left(U\cos\varphi+\frac{c_z m_z}{c_x}U_1\operatorname{tg}\varphi\right)x_1-\frac{c_z m_z}{H}x_3=U_3\mu v_E^{\bullet}g^{-1}$$

$$x_3^{\bullet}+\frac{1+n_x}{T_1}x_3-\frac{1}{T_1}x_2+\left(U\cos\varphi-\frac{H}{T_1c_x}U_1\operatorname{tg}\varphi\right)x_1=\frac{n_xv_N^{\bullet}}{T_1g}+U_3\mu v_E^{\bullet}g^{-1}$$

$$\mu=1-\frac{\nu^2}{\omega_{01}^2}\frac{1}{1+v_E(RU\cos\varphi)^{-1}} \tag{4}$$

Здесь ν – частота, соответствующая периоду Шулера, ω_{01} – частота собственных колебаний при $n_x=1$.

Из (4) следует, что при скоростях и в широтах, когда справедливо неравенство $1>v_E(RU\cos\varphi)^{-1}$, т. е. в рамках известного условия Шулера, при выполнении равенства $\omega_{01}=\nu$ однороторный корректируемый гирокомпас инвариантен к возмущениям, порождаемым силами инерции, действующими на свободно подвешенный гироблок.

Заметим, что однороторный гирокомпас будет инвариантен к аналогичным возмущениям при выполнении полученных в работе [1] условий $H=c_x n_x v g^{-1}$; $\omega_1{}^2=\nu^2+c_x n_x I$, где I – момент инерции гироблока относительно оси его подвеса.

Как отмечено в [5], направляющий момент корректируемого гирокомпаса с коррекцией вида [2, 5] независим от восточной составляющей скорости. Период собственных колебаний такого гирокомпаса на неподвижном основании определяется из уравнений (1):

$$T_0=2\pi H^{1/2}(c_x N_x U\cos\varphi)^{-1/2} \tag{5}$$

где N_x – крутизна маятникового момента. При равномерном движении прямым курсом период гирокомпаса T_{01} имеет вид

$$T_{01}=T_0(1-c_z m_z v_N \operatorname{tg}\varphi/c_x RU\cos\varphi)^{-1/2} \tag{6}$$

т. е. зависит от величины северной составляющей скорости v_N. Для сравнения заметим, что период колебаний маятникового однороторного гирокомпаса в тех же условиях в соответствии с [3] определяется зависимостью $T_{01}=T_0{}^M(1+v_E/RU\cos\varphi)^{-1/2}$, т. е. зависит от величины восточной составляющей скорости.

Таким образом, создание моментов коррекции на основе информации о скорости, широте и курсе, выработанном гирокомпасом, делает направляющий момент корректируемого гирокомпаса зависящим от северной составляющей скорости судна. Однако эта зависимость весьма слаба. Так, направляющий момент корректируемого гирокомпаса уменьшается в два раза на широте 85° при $v_N\geqslant 225$ узлов, в то время как у маятниковых гирокомпасов аналогичная ситуация имеет место при $v_E\geqslant 38$ узлов.

Влияние этого обстоятельства на устойчивость гирокомпаса исследовалось в [5, 6]. Следует заметить, что для параметров гирокомпаса, соответствующих [7], условия, полученные в [5], выполняются на широте 85° при $v_N\leqslant 130$ узлов, что несколько меньше, чем для параметров гирокомпаса, рассмотренного в [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Блюмин Г. Д., Чичинадзе М. В.* Условия невозмущаемости однороторного гирокомпаса.– Изв. АН СССР. Механ. и машиностр., 1964, № 3, с. 71–73.
2. *Блюмин Г. Д., Чичинадзе М. В.* Условия невозмущаемости корректируемого однороторного гирокомпаса.– Изв. АН СССР. Механ. и машиностр., 1964, № 5, с. 120–123.
3. *Кошляков В. Н.* Теория гироскопических компасов. М.: Наука, 1972. 344 с.
4. *Кошляков В. Н., Люсин Ю. Б., Чичинадзе М. В.* О баллистических девиациях корректируемого гирокомпаса.– Изв. АН СССР. МТТ, 1973, № 4, с. 105–111.
5. *Ройтенберг Я. Н.* Гироскопы. М.: Наука, 1966. 399 с.
6. *Шульман И. Ш.* Достаточные условия асимптотической устойчивости корректируемого гирокомпаса.– Изв. АН СССР. МТТ, 1975, № 3, с. 52–53.
7. *Чичинадзе М. В.* О некоторых ошибках корректируемого гирокомпаса.– Изв. АН СССР. МТТ, 1969, № 5, с. 52–54.

Москва — Поступила в редакцию 28.V.1982

УДК 531.36

О СВЕДЕНИИ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА ВОКРУГ НЕПОДВИЖНОЙ ТОЧКИ К ОДНОМУ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМУ УРАВНЕНИЮ

ЯХЬЯ Х. М.

Задача о движении твердого тела вокруг неподвижной точки сведена к одному дифференциальному уравнению второго порядка в направляющих косинусах оси симметрии силового поля относительно главных осей тела.

Максимальное понижение порядка уравнений движения гиростата в однородном поле тяжести было достигнуто в [1], где из уравнений Эйлера – Пуассона исключены направляющие косинусы вертикали, проходящие через точку опоры. Очевидно, этот метод допустим только для однородного поля и, вообще говоря, не распространяется на случай полей более общего вида, например ньютонова поля.

Другая форма уравнений движения была использована в [2, 3] для максимального понижения порядка уравнений движения твердого тела вокруг неподвижной точки под действием силового поля, допускающего интеграл площадей. В [3] най-