

Лабораторная работа № 1.2.5

Гироскоп

Маллаев Руслан, группа Б02-005

9 ноября 2020 г.

Цель работы: Исследовать вынужденную прецессию гироскопа и определить скорость вращения ротора гироскопа и сравнить ее со скоростью, рассчитанной по скорости прецессии.

Приборы, используемые в работе: гироскоп в кардановом подвесе, секундомер, набор грузов, отдельный ротор гироскопа, цилиндр известной массы, крутильный маятник, штангенциркуль, линейка.

Соберем установку, как показано на рисунке 1:

Рисунок №1

1 Настройка гироскопа

Устанавливаем ось гироскопа в горизонтальное положение и включаем его на 5 минут, чтобы стабилизировалось вращение ротора.

При нажатии на рычаг гироскоп вращается по часовой стрелке, если смотреть сверху. Из этого можно сделать вывод, что ротор вращается по часовой стрелке, если смотреть со стороны гайки.

Длина рычага $l = 120\text{мм}$

2 Измерение угловой скорости регулярной прецессии Ω

T_i - i -ое измерение времени одного оборота гироскопа (так как при большем количестве оборотов рычаг опускается слишком сильно); h_0 и h_k - высота края рычага над столом до поворота и после, соответственно.

м, г	T_1 , с	T_2 , с	h_{01} , см	h_{02} , см	T, с	Ω , c^{-1}	h_{k1} , см	h_{k2} , см	v_1 , м/с	v_2 , м/с	v , м/с
61	163	162	17.0	17.5	163	0.039	14.7	15.0	0.014	0.015	0.015
77	131	131	16.9	16.2	131	0.048	14.9	14.2	0.015	0.015	0.015
93	107	108	16.7	16.1	108	0.058	14.9	14.4	0.017	0.016	0.016
142	70	71	17.0	16.0	71	0.089	15.9	15.1	0.016	0.013	0.014
214	46	46	17.0	16.5	46	0.137	16.0	15.7	0.022	0.017	0.020
335	29	29	17.0	16.2	29	0.217	16.2	15.7	0.028	0.017	0.022

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

$$v_i = \frac{h_{0i} - h_{ki}}{T}$$

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

$$\Omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$M = m \cdot g \cdot l$$

м, г	Ω , c^{-1}	M, Н·м
61	0.039	0.072
77	0.048	0.091
93	0.058	0.109
142	0.089	0.167
214	0.137	0.252
335	0.217	0.394

$$\Omega = \frac{M}{I_z \cdot \omega_0}$$

Построим график зависимости Ω от M на графике №1:

Отсюда получаем коэффициент наклона графика функции:

$$k = 0.551474 \frac{1}{H \cdot \text{м} \cdot \text{с}}$$

3 Измерение момента инерции ротора

Дважды измерим время десяти крутильных колебаний ротора и усредним полученное значение:

$$T_{p10} = \frac{31.66 + 31.88}{2} c = 31.77 c$$

то есть период крутильного колебания ротора:

$$T_0 = \frac{T_{p10}}{10} = 3.18 c$$

Дважды измерим время десяти крутильных колебаний цилиндра известной массы $m_{\text{ц}} = 1617.8$ г и известного радиуса $R_{\text{ц}} = 3.92$ см и поделим на 10 усредненное значение, чтобы найти период крутильных колебаний данного цилиндра:

$$T_{\text{ц}} = \frac{39.87 + 39.94}{20} c = 3.99 c$$

$$I_{\text{ц}} = \frac{m_{\text{ц}} \cdot R_{\text{ц}}^2}{2} = 12.4 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Тогда, по формуле:

$$I_0 = I_{\text{ц}} \cdot \frac{T_0^2}{T_{\text{ц}}^2} = 7.9 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

4 Расчет частоты вращения ротора гироскопа

$$k = \frac{1}{I_0 \cdot \omega_0}$$

Тогда:

$$\frac{\omega_0}{2\pi} = f = \frac{1}{k \cdot I_0} = 365.6 \text{ Гц}$$

$$\sigma_{I_0} = I_0 \sqrt{2\left(\frac{\sigma_{T_{\text{ц}}}}{T_{\text{ц}}}\right)^2 + 2\left(\frac{\sigma_{T_0}}{T_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{I_{\text{ц}}}}{I_{\text{ц}}}\right)^2}$$

Откуда:

$$f = 366 \pm 8 \text{ Гц}$$

5 Измерение частоты вращения ротора при помощи фигур Лиссажу

Выключу гироскоп и начну изменять частоту на генераторе, пока на экране осциллографа не появится фигура Лиссажу. Сниму зависимость частоты ротора от времени:

$f, \text{ Гц}$	384	377	373	370	367	362	359	356	354	347	330	320	310	300
$t, \text{ с}$	17	38	49	58	67	82	93	101	107	129	184	217	250	285

Построим график зависимости f от t и найдем свободный член зависимости, чтобы определить $f(0)$:

$f = 388.17 \pm 2.11 \text{ Гц}$ из графика