

# Работа 1.4.1

## Изучение физического маятника

Константин Ерёмин Б03-204

Декабрь 2022

### 1 Введение

**Цель работы:** исследовать вынужденную прецессию гироскопа; установить зависимость скорости вынужденной прецессии от величины момента сил, действующих на ось гироскопа; определить скорость вращения ротора гироскопа и сравнить её со скоростью, рассчитанной по скорости прецессии.

**В работе используются:** гироскоп в карданном подвесе, секундомер, набор грузов, отдельный ротор гироскопа, цилиндр известной массы, крутильный маятник, штангенциркуль, линейка.

### 2 Теоретическое описание работы

Вращение гироскопа, обладающего моментом импульса  $\vec{L}$  и угловой скоростью вращения его оси  $\vec{\Omega}$  (*скорость прецессии*), описывается уравнением

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{\Omega} \times \vec{L}, \text{ где } \frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}.$$

$\vec{M}$  — момент сил, приложенный к оси маховика.

Для гироскопа с закреплённым на оси на расстоянии  $l$  от центра подвеса грузом массой  $m$  скорость прецессии равна

$$\Omega = \frac{mgl}{I_z \omega_0},$$

где  $I_z$  — один из главных моментов инерции,  $\omega_0$  — угловая скорость вращения маховика, причём для гироскопа  $I_z \omega_0 \gg I_x \omega_x, I_y \omega_y$ .

Для определения момента инерции ротора гироскопа используется отдельный ротор неиспользуемого гироскопа. Измеряются крутильные колебания ротора-копии, период которых зависит от момента инерции  $I_0$  и модуля кручения проволоки  $f$ :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I_0}{f}}. \quad (1)$$

Чтобы исключить модуль кручения проволоки, вместо ротора гироскопа к той же проволоке подвешивают цилиндр известной массы и диаметра. Его момент инерции равен



$m = 93$ гр	$T, \text{ с}$	106.14	110.27	110.24	110.17	110.13
$m = 142$ гр	$T, \text{ с}$	71.77	71.22	71.52	71.39	71.46
$m = 173$ гр	$T, \text{ с}$	59.02	59.12	59.55	59.54	59.22
$m = 215$ гр	$T, \text{ с}$	47.18	47.24	47.40	47.28	47.34
$m = 268$ гр	$T, \text{ с}$	37.69	37.62	37.48	37.64	37.67
$m = 338$ гр	$T, \text{ с}$	30.09	30.15	30.02	30.08	30.07

Таблица 1: Измерение периодов прецессии при различных приложенных моментах

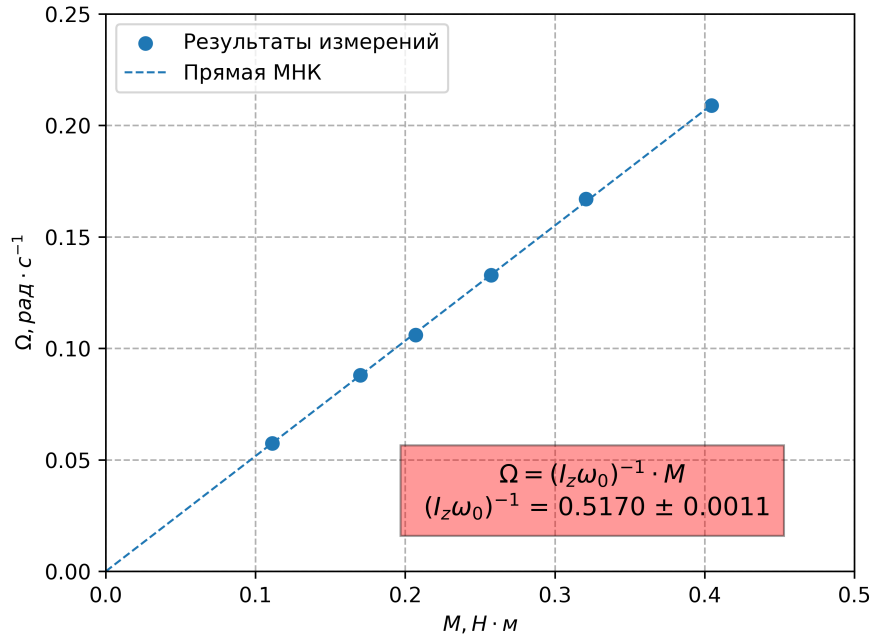


Рис. 3: График  $\Omega(M)$

$T_{\text{цилиндр}}, \text{ с}$	4.050	4.054	4.053	4.047	-	$T = 4.051 \pm 0.003 \text{ с}$
$T_{\text{ротор}}, \text{ с}$	3.244	3.103	3.225	3.210	3.230	$T = 3.202 \pm 0.057 \text{ с}$

Таблица 2: К измерению  $I_0$  ротора

Найдём момент инерции ротора  $I_0$  по формуле 2. Для этого найдём периоды колебаний ротора и цилиндра (таблица 2), момент инерции цилиндра  $I_{\text{ц}} = \frac{md^2}{8} = 1.223 \times 10^{-3} \cdot \text{кг м}^2$ . Получаем, что  $I_0 = (0.768 \pm 0.014) \times 10^{-3} \cdot \text{кг м}^2$ .

Находим, наконец, частоту вращения ротора:

$$\nu = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi \cdot 0.517 \cdot 0.000768} = 400.84 \text{ Гц}$$

Погрешность:

$$\sigma_\nu = \nu * \sqrt{\frac{0.014^2}{0.768} + 0.013^2} = 6.8 \text{ Гц}$$

Теперь определим частоту ротора с помощью осциллографа: подключим его к гироскопу и подберём такую частоту генератора, подключённого ко второму входу осциллографа, чтобы на экране появилась фигура Лиссажу, а именно эллипс. С включённым двигателем гироскопа частота получается равной 400 Гц, что совпадает в пределах погрешностей с полученным ранее. Однако включённый двигатель наводит токи в обмотке, с помощью которой мы измеряем частоту вращения маховика, и на самом деле на осциллографе мы можем получить частоту тока, а не вращения. Если отключить двигатель и тут же, пока Вращение не замедлилось, измерить частоту, то она будет равной 389 Гц, что уже не попадает в погрешность измеренной нами частоты.

## 4 Вывод

В ходе работы двумя способами была определена частота вращения маховика гироскопа в карданном подвесе.

- С помощью измерений периода прецессии:  $\nu = 400.8 \pm 6.8 \text{ Гц}$
- С помощью осциллографа:  $\nu = 389 \text{ Гц}$