

Лабораторная работа 1.2.5  
"Исследование вынужденной регулярной  
прецессии гироскопа"

Студент 1 курса ЛФИ Гусаров Николай

Ноябрь 2020

## 1. Цель лабораторной 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 ее со скоростью, рассчитанной по скорости прецессии.

## 2. Оборудование

Гироскоп в кардановом подвесе, секундомер, набор грузов, отдельный ротор гироскопа, цилиндр известной массы, крутильный маятник, штангенциркуль, линейка.

### 3. Экспериментальная установка и начало работы

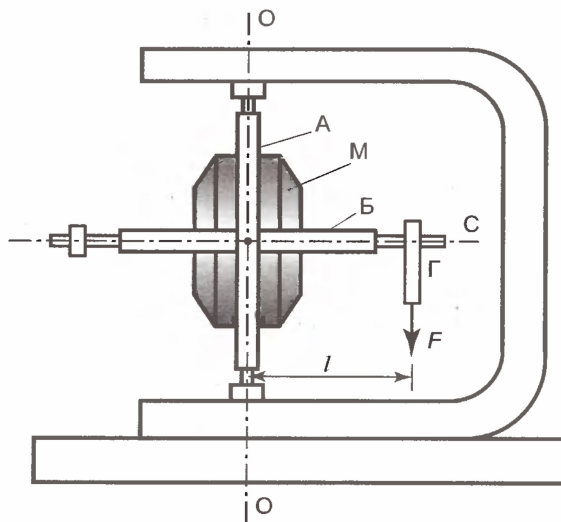


Схема экспериментальной установки

- 1) Устанавливаем ось гироскопа в горизонтальное положение, поворачивая его за рычаг С.
- 2) Включаем питание гироскопа и ждем, пока вращение ротора не стабилизируется.
- 3) Убеждаемся в том, что ротор вращается достаточно быстро: при легком постукивании по рычагу С последний не должен изменять своего положения в пространстве.

Причина: Он не двигается вниз из-за прецессии гироскопа, так как если мы давим вниз или вверх, то момент инерции оси гироскопа направлен по касательной. Он не двигается вбок из-за силы трения в оси ОО.

- 4) Как движется гироскоп при нажатии на рычаг? При нажатии сверху на С установка вращается против часовой стрелки (смотря сверху). Отсюда  $\omega$  направлена от оси к С, потому гироскоп вращается против часовой стрелки, смотря на С.

## 4. Измерение угловой скорости регулярной прецессии

При подвешивании к рычагу С груза Г начинается прецессия гироскопа, а трение в горизонтальной оси приводит к тому, что рычаг начинает медленно опускаться.

Отклоним рычаг на небольшой угол вверх и с помощью секундомера найдем угловую скорость регулярной прецессии  $\Omega$  для разных значений момента сил, приложенного к рычагу С.

№	$N$ , оборотов	$t$ , с	$\Delta\phi$ , град
1	1	130	10
2	1	131	10
3	1	131	10
4	1	129	10
5	1	130	10

Масса груза 77г

№	$N$ , оборотов	$t$ , с	$\Delta\phi$ , град
1	2	144	10
2	2	143	10
3	2	142	10
4	2	144	10
5	2	142	10

Масса груза 142г

№	$N$ , оборотов	$t$ , с	$\Delta\phi$ , град
1	4	229	10
2	4	229	10
3	4	229	10
4	3	172	10
5	3	171	10

Масса груза 176г

№	$N$ , оборотов	$t$ , с	$\Delta\phi$ , град
1	3	137	10
2	3	137	10
3	3	136	10
4	3	137	10
5	3	136	10

Масса груза 220г

№	$N$ , оборотов	$t$ , с	$\Delta\phi$ , град
1	4	149	10
2	4	150	10
3	4	150	10
4	4	150	10
5	4	149	10

Масса груза 275г

№	$N$ , оборотов	$t$ , с	$\Delta\phi$ , град
1	3	88	10
2	3	88	10
3	3	88	10
4	3	88	10
5	3	88	10

Масса груза 343г

Усредним значения, пересчитаем данные по

$$M = m_{\text{г}} g l_{\text{ц}} \sin \alpha$$

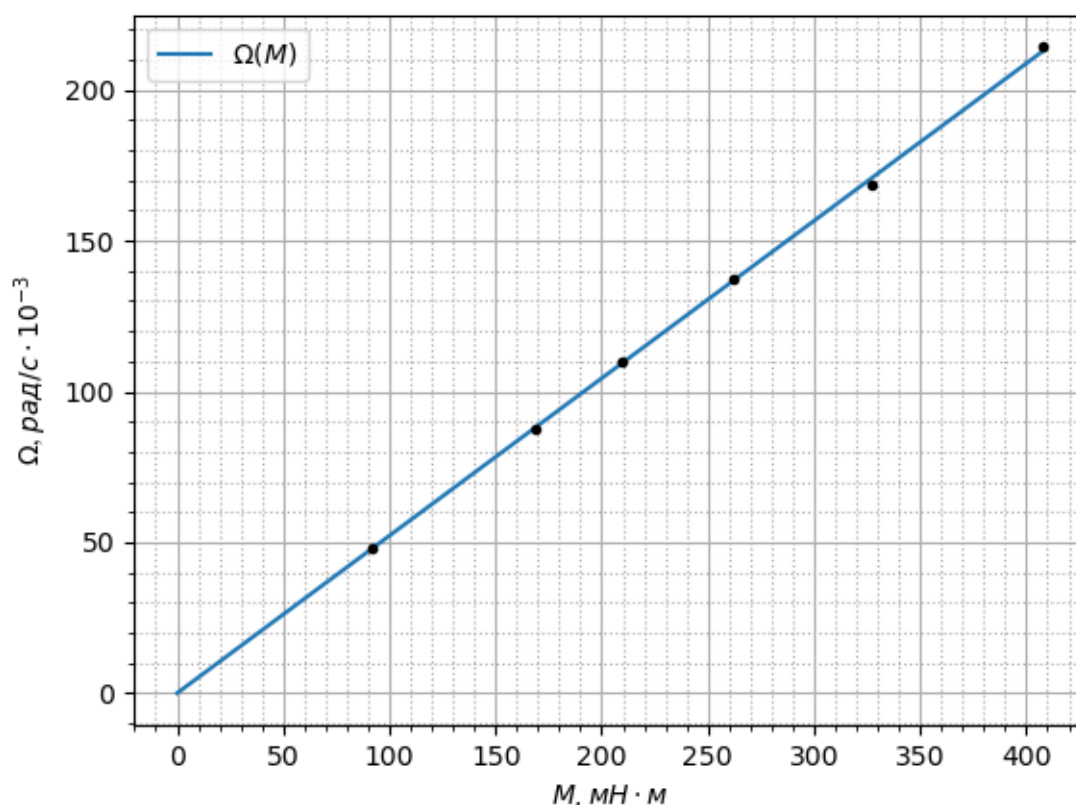
$$\Omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\Omega_{\text{опуск}} = \frac{2\pi}{t}$$

где  $\alpha$  – угол между вертикалью и осью собственного вращения гироскопа,  $l_{\text{ц}} = 11.9\text{см}$  – длина плеча С.

$m, \text{г}$	$M, \text{мН} \cdot \text{м}$	$T, \text{с}$	$\Omega, \frac{\text{рад}}{\text{с}} \cdot 10^{-3}$	$\Delta\phi, \text{град}$	$\Omega_{\text{опуск}}, \frac{\text{рад}}{\text{с}} \cdot 10^{-3}$
77	91,6	$130,0 \pm 0.3$	48,3	10	1,50
142	169,0	$72,0 \pm 0.3$	87,3	10	2,20
176	209,4	$57,3 \pm 0.3$	109,7	10	2,71
220	261,8	$45,6 \pm 0.4$	137,6	10	3,18
275	327,3	$37,3 \pm 0.4$	168,6	10	3,93
343	408,2	$29,3 \pm 0.4$	214,2	10	4,93

Зависимость угловой скорости регулярной прецессии от момента силы  $F$



## 5. Измерение момента инерции ротора относительно оси симметрии $I_0$

Повесим ротор, извлеченный из такого же гироскопа, к концу висающей проволоки так, чтобы ось симметрии гироскопа была вертикальна, и измерим период крутильных колебаний получившегося маятника.

$$T_0 = 3,23 \text{ с}$$

$$\Delta_{T_0} = 0,02 \text{ с}$$

Заменим ротор гироскопа цилиндром, для которого известны данные:

$$m = 1617,8 \pm 0,1 \text{ г}$$

$$h = 3,9 \pm 0,1 \text{ см}$$

$$d = 7,9 \pm 0,1 \text{ см}$$

Где  $m$ ,  $h$  и  $d$  – масса, высота и диаметр цилиндра соответственно.

$$I_{\text{ц}} = \frac{md^2}{8}$$

$$I_{\text{ц}} = (1,23 \pm 0,03) \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

И проведем аналогичное измерение для цилиндра:

$$T_{\text{ц}} = 4,04 \text{ с}$$

$$\Delta_{T_{\text{ц}}} = 0,02 \text{ с}$$

Тогда

$$I_0 = I_{\text{ц}} \frac{T_0^2}{T_{\text{ц}}^2}$$

$$I_0 = (0,82 \pm 0,05) \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

## 6. Расчет скорости вращения ротора

По результатам 4 и 5 имеем:

$$I_z = I_0 = (0,82 \pm 0,05) \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Из графика:

$$k = 0.522 \pm 0,005$$

Из формулы

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

$$\omega_0 = 2336 \pm 43 \text{ рад/с}$$

Имеем частоту вращения ротора

$$f = 372 \pm 7 \text{ Гц}$$

## 7. Момент силы трения

По скорости опускания рычага определяем момент сил трения.

$$\Omega_{\text{опуск}} = \frac{M_{F_{\text{тр}}}}{I_0 \omega_0}$$

$$M_{F_{\text{тр}}} = I_0 \omega_0 \Omega_{\text{опуск}}$$

$\Omega_{\text{опуск}}, \text{ рад/с}$	$M_{F_{\text{тр}}}, \text{ мН} \cdot \text{м}$	$\Delta_{M_{F_{\text{тр}}}}, \text{ мН} \cdot \text{м}$
1,5	2,87	0,06
2,2	4,21	0,08
2,7	5,1	0,1
3,18	6,1	0,1
3,93	7,5	0,1
4,93	9,4	0,2

## 8. Определение частоты вращения ротора гироскопа по фигурам Лиссажу

Для этого подключим осциллограф и генератор в сеть, подадим на "Вход Y" сигнал второй обмотки статора гироскопа. Получим динамическую картину фигур Лиссажу на экране осциллографа и добьемся появления фигуры, похожей на эллипс, в таком случае, если эллипс будет неподвижен, частота вращения ротора и частота сигнала, подаваемая с генератора будут совпадать.

Из полученных на осциллографе результатов можно сделать вывод о том, что частота вращения ротора лежит в диапазоне  $400 \pm 2$  Гц.

## 9. Заключение

Измерение частоты вращения ротора гироскопа с помощью прецессии гироскопа совпало порядком с измерением частоты вращения с помощью фигур Лиссажу.

$$f_{\text{прец.}} = 372 \pm 7 \text{ Гц}$$

$$f_{\text{Лиссажу}} = 400 \pm 2 \text{ Гц}$$