

Группа Р3211 К работе допущен 07.12.2023

Студент Болорболд А. Работа выполнена 10.01.2024

Преподаватель Коробков М.П Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.13

Изучение прецессии гироскопа



1. Цель работы.

- Изучение прецессии гироскопа.
- Подтверждение линейной зависимости периода прецессии гироскопа от частоты вращения вокруг оси симметрии.
- Определение момента инерции гироскопа.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

- Измерение периода прецессии гироскопа.
- Измерение частоты вращения гироскопа вокруг своей оси.
- Расчет момента инерции гироскопа на основе экспериментальных данных и сравнение с теоретическим значением.

3. Объект исследования.

Объектом исследования является гироскоп – устройство, состоящее из большого поворотного диска (маховика), который вращается вокруг своей оси симметрии.

4. Метод экспериментального исследования.

В ходе эксперимента используется измерение периода прецессии гироскопа и частоты его вращения вокруг оси. Момент инерции гироскопа рассчитывается на основе полученных данных.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Формула	Комментарий
$T' = \frac{2\pi}{Fl} I \omega$	T' — период прецессии
$\sigma_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_{\text{при}} - A \omega_{\text{при}})^2}{\sum_{i=1}^n (n-1) \omega_{\text{при}}^2}}$	Стандартное отклонение для коэффициента A
$I_{\text{теор}} = \frac{mR^2}{2}$	Момент инерции маховика гироскопа (теор.) относительно главной оси
$I_{\text{эксп}} = \frac{A m g l}{2\pi}$	Момент инерции маховика гироскопа (эксп.) относительно главной оси
$A = \frac{2\pi I}{m g l}; A = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_{\text{при}} T_{\text{при}}}{\sum_{i=1}^n \omega_{\text{при}}^2}$	Коэффициент A , найденный с помощью МНК
$\Delta A = 2\sigma_A; \varepsilon_A = \frac{\Delta A}{A} * 100\%$	Абсолютная и относительная погрешность

Исходные данные:

$m_0 = 4$ г — масса держателя грузов;

$m_1 = 20$ г — масса первого груза;

$g = 9,82 \text{ м/с}^2$ — ускорения свободного падения;

$m_{\text{мах}} = 1,5 \text{ кг}$ — масса маховика;

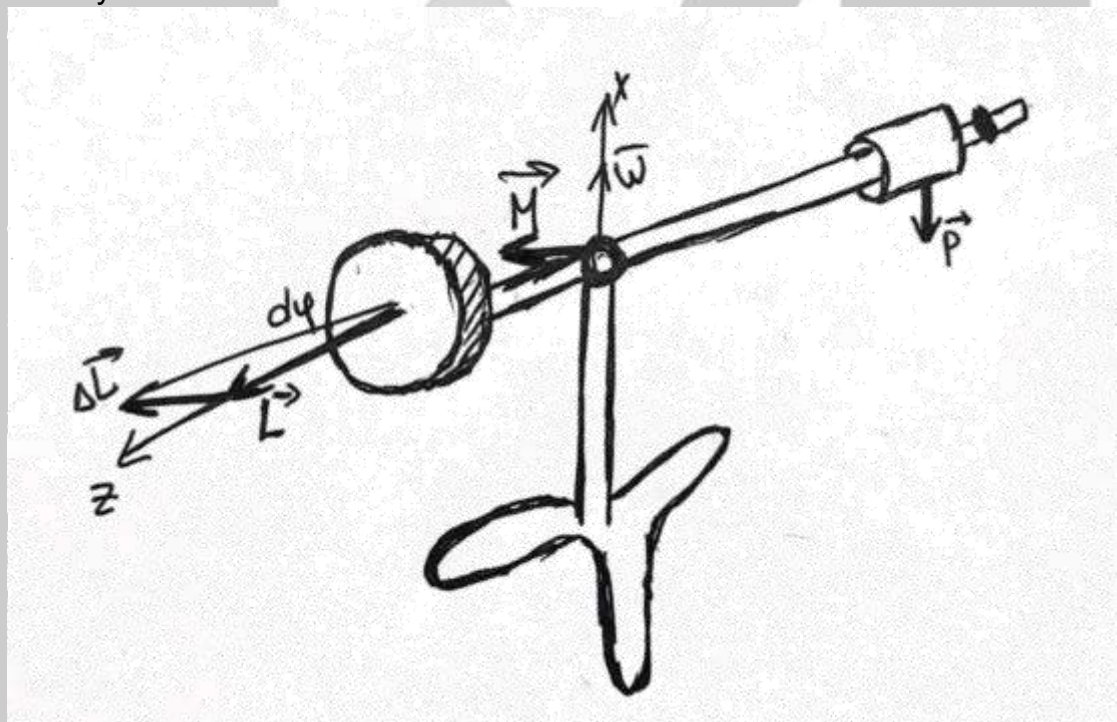
$r_{\text{мах}} = 12,5 \text{ см}$ — радиус маховика;

$l = 22,5 \text{ см}$ — расстояние от точки опоры оси вращения до места крепления дополнительных грузов (плечо силы).

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Цифровой тахометр	Измерительный прибор	—	$\pm 1 \text{ об/мин}$
2	Цифровые весы	Измерительный прибор	—	$\pm 0,1 \text{ г}$
3	Цифровой секундомер	Измерительный прибор	—	$\pm 0,01 \text{ сек}$

7. Схема установки.



8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

Таблица 1: Измерение зависимости периода прецессии от частоты вращения маховика гироскопа

$m, \text{ г}$	$\omega_1, \text{ об/мин}$	$\omega_2, \text{ об/мин}$	$\omega_{\text{ср}}, \text{ об/мин}$	$T_{\text{пр}}, \text{ с}$
24	420	360	390	57
	515	432	473,5	63
	475	405	440	58
	520	440	480	62
	524	443	483,5	63
44	447	403	425	30
	488	444	466	34
	537	473	505	35
	488	444	466	33
	523	465	494	35
64	460	422	441	22
	550	505	527,5	25
	557	512	534,5	26
	547	507	527	25
	438	413	425,5	21

9. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов).

$$\sigma_A = 0,03412294$$

$$A_1 = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_{\text{ср}i} T_{\text{пр}i}}{\sum_{i=1}^n \omega_{\text{ср}i}^2} = 0,13; A_2 = 0,07; A_3 = 0,048$$

$$I_{\text{теор}} = \frac{mR^2}{2} = \frac{1,5 * 0,125^2}{2} = 0,01172 \text{ кг} * \text{м}^2$$

	1	2	3
$I_{\text{эксп}}, \text{ кг} * \text{м}^2$	0,001122	0,001094	0,001087

Для $I_{\text{эксп}}$ доверительный интервал с доверительной вероятностью 0,9 будет:

Предел: 0,000709

Доверительный интервал: $0,01101 \pm 0,0007 \text{ кг} * \text{м}^2$

10. Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений)

$$\Delta A = 2\sigma_A = 0,06824869$$

$$\varepsilon_A = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\% = 0,8332\%$$

11. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2).

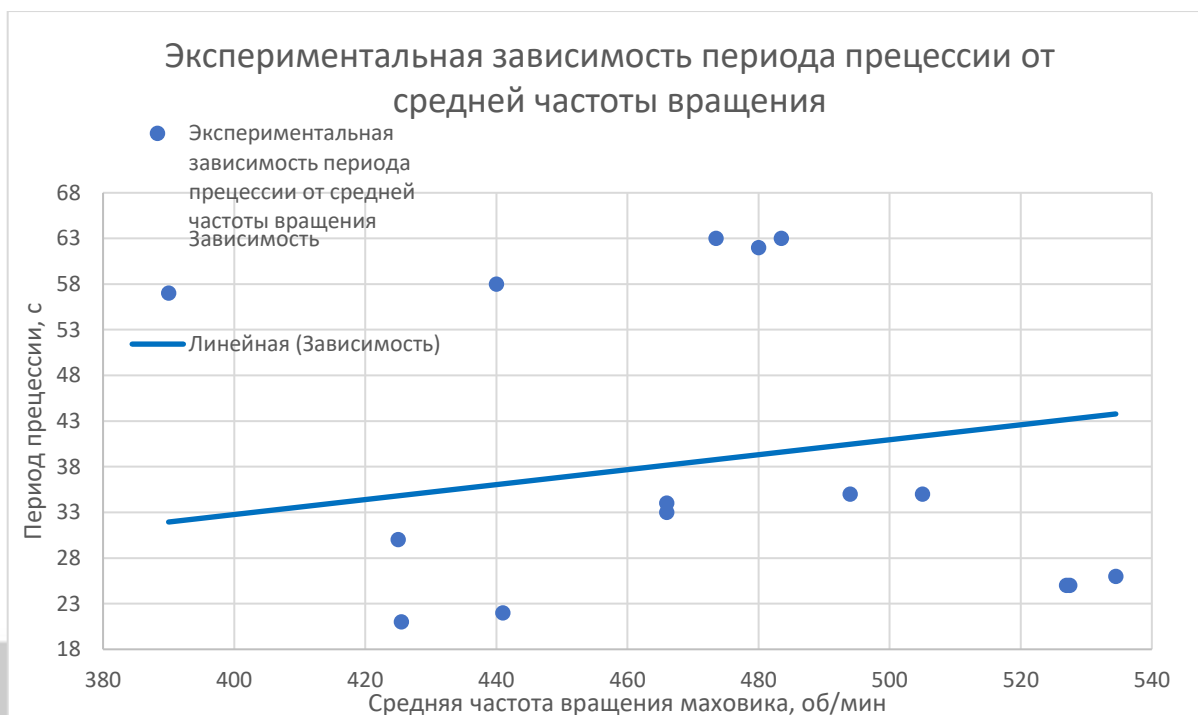


График 1. Экспериментальная зависимость периода прецессии от средней частоты вращения

12. Результаты:

- График 1 — график зависимостей периода прецессии гироскопа от частоты вращения его маховика для каждого из моментов силы;
- Значение момента инерции в виде доверительного интервала: $0,01101 \pm 0,0007 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$;
- Абсолютное отклонение измеренного момента инерции от его теоретического значения: $|I_{\text{эксп}} - I_{\text{теор}}| = 0,0007 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

13. Вывод:

В ходе проведенной лабораторной работы был проведен ряд экспериментов с гироскопом с целью изучения его прецессионного движения. Полученные результаты подтвердили закономерность: с увеличением приложенного момента силы наблюдается уменьшение периода прецессии. Кроме того, выявлена связь между увеличением массы и ростом момента инерции маховика, что также подтверждает зависимость параметров гироскопа от внешних воздействий. Конечно, результаты могут не оправдать ожидания из-за различных факторов (я отсутствовал во время проведения замера, так что человеческий фактор смог сыграть немалую роль), но их влияния на результаты оказывались незначительной.