

Группа _____

К работе допущен _____

Студент _____

Работа выполнена _____

Преподаватель _____

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.05

Исследование колебаний физического маятника

1. Цель работы.

Изучение характеристик затухающих колебаний физического маятника.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

1. Измерение периода затухающих колебаний.
2. Определение зависимости амплитуды затухающих колебаний физического маятника от времени.
3. Определение зависимости периода колебаний от момента инерции физического маятника.
4. Определение преобладающего типа трения.
5. Определение экспериментальной и теоретической приведенных длин маятника при его разных конфигурациях.

3. Объект исследования.

Физический маятник.

4. Метод экспериментального исследования.

1. Груз на спице со стрелкой устанавливается на первой риске, противоположный – на шестой. Грузы на боковых спицах устанавливаются на третьей риске. Начальное отклонение маятника от положения равновесия равно 30°.

2. Маятник запускается из положения начального отклонения. Измеряется время $N = 10$ колебаний маятника.

3. Маятник запускается из положения начального отклонения. Измеряется время, когда амплитуда становится равна 25°, 20°, 15°, 10°, 5°.

4. П.2 повторяется для положения грузов на боковых спицах: 1, 2, 4, 5, 6 риски.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

1. Коэффициент затухания:

$$\beta = \frac{r l^2}{2I}$$

2. Период колебаний:

$$T = \frac{t}{N}$$

3. Зависимость логарифма отношения амплитуд от времени:

$$\ln \frac{A}{A_0} = -\beta t$$

4. Ширина зоны застоя:

$$\Delta\phi_3 = \frac{A_0 - A}{4n}$$

5. Расстояние центра груза от оси вращения:

$$R = l_1 + (n - 1)l_0 + \frac{b}{2}$$

где l_1 – расстояние от оси вращения до первой риски, l_0 – расстояние между соседними рисками, b – размер груза вдоль спицы.

6. Момент инерции грузов:

$$I_{гр} = m_{гр}(R_{верх}^2 + R_{ниж}^2 + 2R_{бок}^2)$$

где $R_{верх}$, $R_{ниж}$, $R_{бок}$ – расстояния от оси вращения до, соответственно, грузов на верхней, нижней и боковых спицах.

7. Полный момент инерции физического маятника:

$$I = I_{гр} + I_0$$

где I_0 – момент инерции ступицы и крестовины.

8.

$$ml = \frac{4\pi^2 I}{gT^2}$$

9. Экспериментальная приведенная длина маятника:

$$l_{пр\ эксп} = \frac{gT^2}{4\pi^2}$$

10. Теоретическая приведенная длина маятника:

$$l_{пр\ теор} = \frac{I_0}{ml} + l$$

где $l = l_{теор}$.

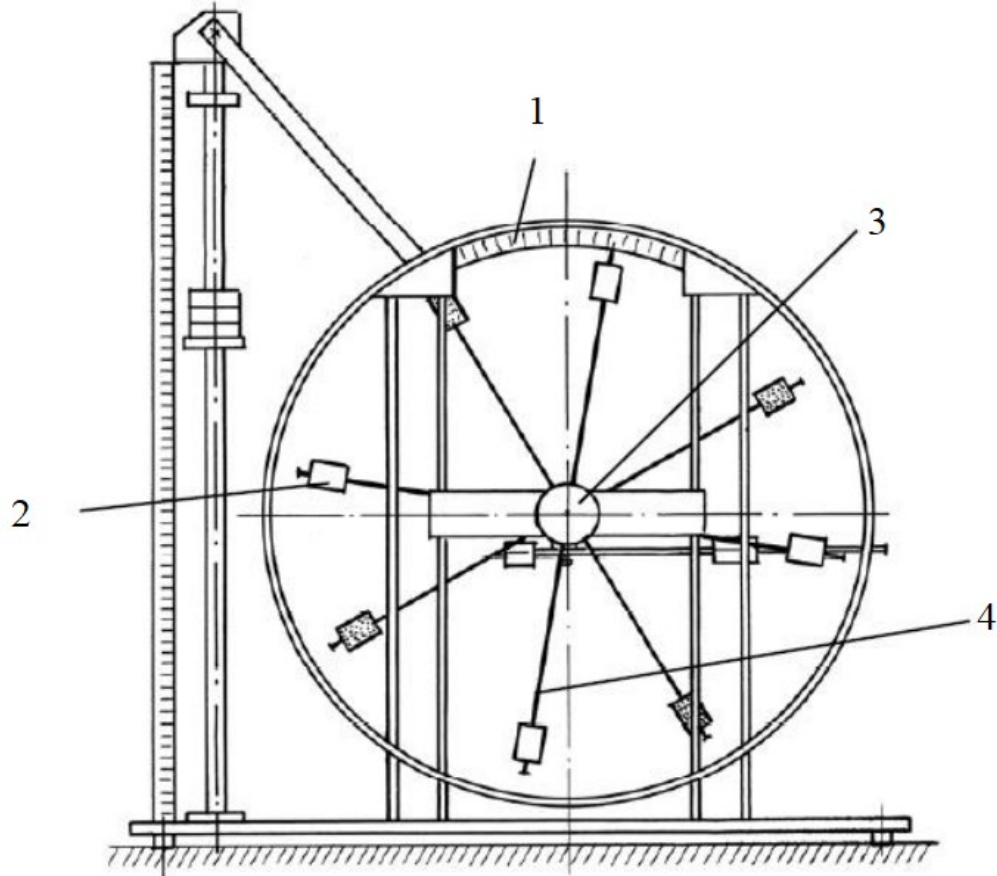
Параметры установки:

Название	Значение	Погрешность
Масса каретки, кг	0,047	0,0005
Масса шайбы, кг	0,22	0,0005
Масса грузов на крестовине, кг	0,408	0,0005
Расстояние первой риски от оси, м	0,057	0,0005
Расстояние между рисками, м	0,025	0,0002
Диаметр ступицы, м	0,046	0,0005
Диаметр груза на крестовине, м	0,04	0,0005
Высота груза на крестовине, м	0,04	0,0005

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Секундомер	Цифровой	0 – 300 с	0,05 с
2	Градусная шкала	Аналоговый	0 – 30 °	0,5 °

7. Схема установки.



1. Шкала
2. Груз
3. Рукоятка сцепления
4. Передняя крестовина

8. Результаты прямых измерений и их обработки.
Таблица 2.

Амплитуда отклонения Время	25°	20°	15°	10°	5°
t_1, c	41,31	89,47	147,55	211,82	295,27
t_2, c	38,61	87,89	144,33	211,66	296,74
t_3, c	40,3	87,83	144,25	211,51	296,61
\bar{t}, c	40,0733	88,3967	145,377	211,663	296,207

Таблица 3.

Положение боковых грузов	t_1	t_2	t_3	\bar{t}	T
1 риска	16,43	16,15	16,19	16,2567	1,62567
2 риски	17,11	16,97	16,89	16,99	1,699
3 риски	18,25	18,23	18,24	18,24	1,824
4 риски	19,56	19,4	19,57	19,51	1,951
5 рисок	21,08	20,86	21,14	21,0267	2,10267
6 рисок	22,39	22,24	22,46	22,3633	2,23633

Таблица 4.

Риски	1	2	3	4	5	6
$R_{\text{верх}}$	0,077					
$R_{\text{ниж}}$	0,202					
$R_{\text{бок}}$	0,077	0,102	0,127	0,152	0,177	0,202
$I_{\text{гр}}$	0,024	0,028	0,032	0,038	0,045	0,052
I	0,032	0,036	0,04	0,046	0,053	0,06
$l_{\text{пр эксп}}$	0,656	0,717	0,826	0,945	1,098	1,241
$l_{\text{пр теор}}$	0,658	0,733	0,83	0,947	1,085	1,245

9. Расчет результатов косвенных измерений.

Период колебаний:

$$T = \frac{18,25 + 18,23 + 18,24}{3 * 10} = 1,824 \text{ с}$$

Ширина зоны застоя:

$$\Delta\phi_3 = \frac{30 - 30 + 0,0777 * 1,824}{4 * 10} = 0,0035^\circ$$

Расстояние центра верхнего груза от оси вращения:

$$R_{\text{верх}} = 0,057 + (1 - 1) * 0,025 + \frac{0,04}{2} = 0,077 \text{ м}$$

Расстояние центра нижнего груза от оси вращения:

$$R_{\text{ниж}} = 0,057 + (6 - 1) * 0,025 + \frac{0,04}{2} = 0,202 \text{ м}$$

Расстояние центра бокового груза на третьей риске от оси вращения:

$$R_{\text{ниж}} = 0,057 + (3 - 1) * 0,025 + \frac{0,04}{2} = 0,127 \text{ м}$$

Момент инерции грузов (боковые грузы на третьей риске):

$$I_{\text{гр}} = 0,408 * (0,077^2 + 0,202^2 + 2 * 0,127^2) = 0,0322 \text{ кг * м}^2$$

Полный момент инерции физического маятника (боковые грузы на третьей риске):

$$I = 0,0322 + 0,008 = 0,0402 \text{ кг * м}^2$$

Расчёт приведённой длины (боковые грузы на третьей риске):

$$ml = \frac{4 * 3,14^2 * 0,0402}{9,8 * 1,824^2} = 0,0486 \text{ кг * м}$$

$$l_{\text{пр эксп}} = \frac{9,8 * 1,824^2}{4 * 3,14^2} = 0,8259 \text{ м}$$

$$l_{\text{пр теор}} = \frac{0,0402}{0,0486} = 0,8272 \text{ м}$$

10. Расчет погрешностей измерений.

Погрешность прямых измерений (промежутки времени в табл. 2, 3) составляет 0,005 с – инструментальная погрешность.

Погрешности косвенных измерений:

Период колебаний:

$$T = 1,824 \pm 0,005 \text{ с}$$

Ширина зоны застоя:

$$\Delta\phi_z = 0,0035 \pm 0,00001 \text{ °}$$

Расстояние центра верхнего груза от оси вращения:

$$R_{\text{верх}} = 0,077 \text{ м (погрешность отсутствует, т. к. измерения не производились)}$$

Расстояние центра нижнего груза от оси вращения:

$$R_{\text{ниж}} = 0,202 \text{ м (погрешность отсутствует, т. к. измерения не производились)}$$

Расстояние центра бокового груза на третьей риске от оси вращения:

$$R_{\text{ниж}} = 0,127 \text{ м (погрешность отсутствует, т. к. измерения не производились)}$$

Момент инерции грузов (боковые грузы на третьей риске):

$$I_{\text{гр}} = 0,0322 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \text{ (погрешность отсутствует, т. к. измерения не производились)}$$

Полный момент инерции физического маятника (боковые грузы на третьей риске):

$$I = 0,0402 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \text{ (погрешность отсутствует, т. к. измерения не производились)}$$

Расчёт приведённой длины (боковые грузы на третьей риске):

$$ml = 0,0486 \pm 0,0004 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

$$l_{\text{пр эксп}} = 0,8259 \pm 0,0004 \text{ м}$$

$$l_{\text{пр теор}} = 0,8272 \pm 0,0025 \text{ м}$$

11. Графики.

График зависимости амплитуды от времени $A(t)$:

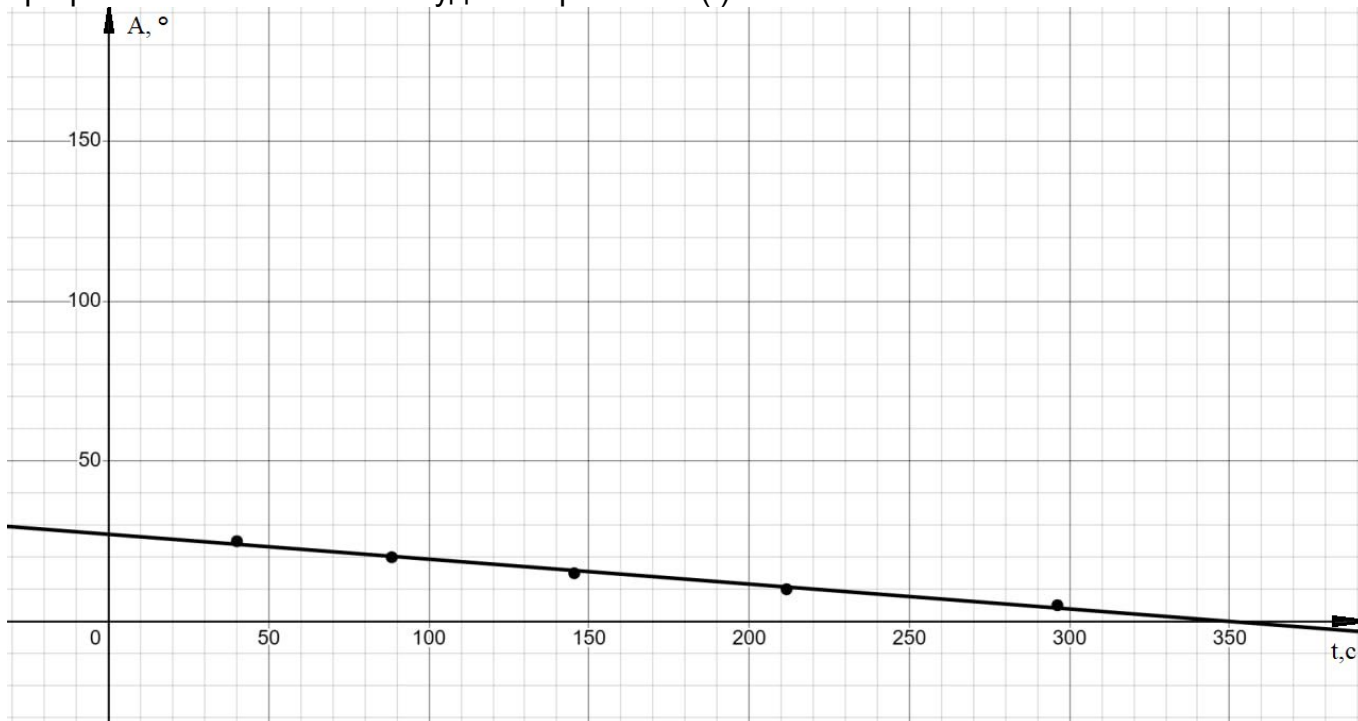
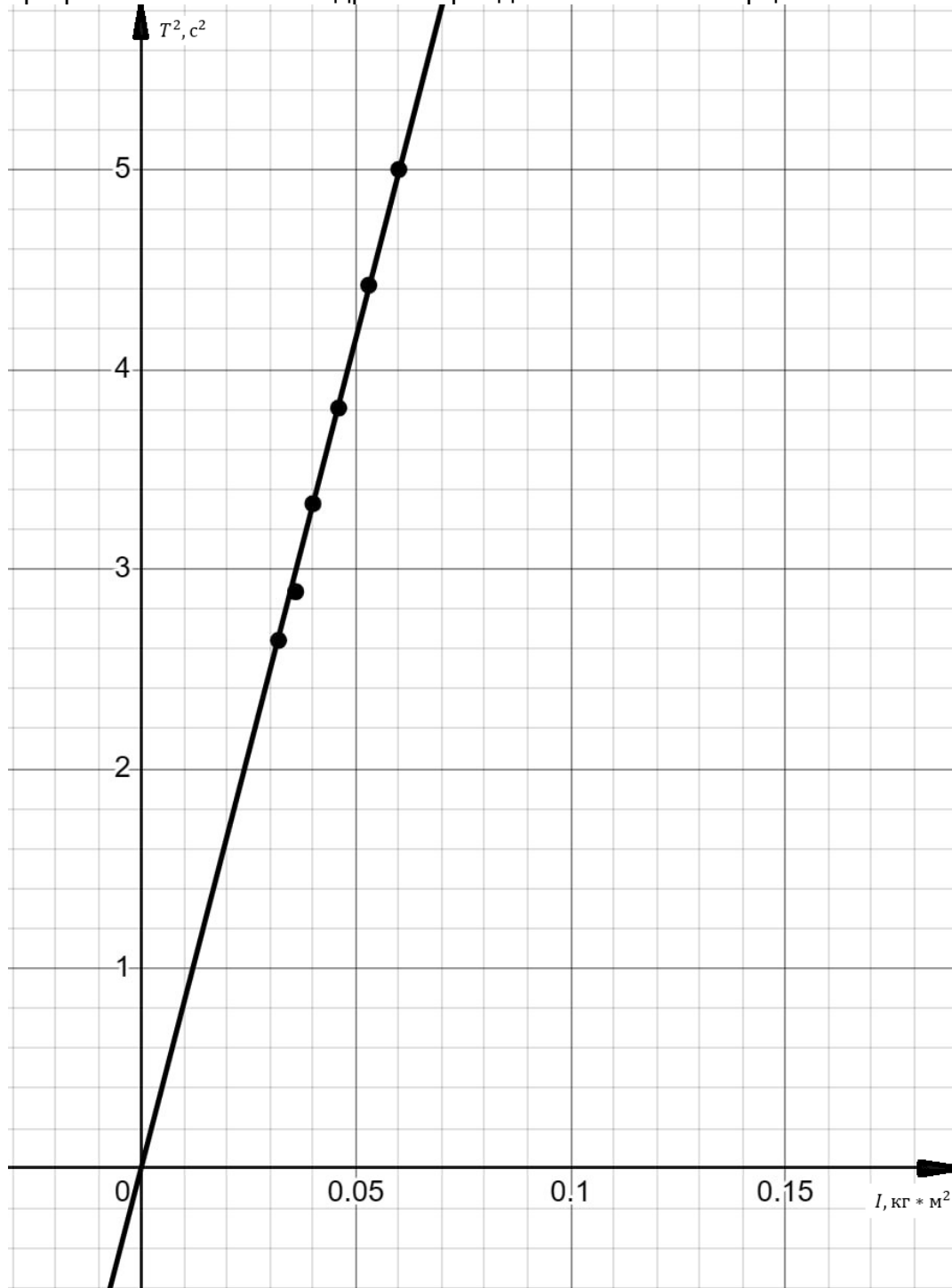


График зависимости квадрата периода от момента инерции:



12. Окончательные результаты.

Экспериментальная и теоретическая приведенная длина маятника при разных его конфигурациях:

Риски	1	2	3	4	5	6
$l_{\text{пр эксп}}, \text{м}$	0,656 $\pm 0,0004$	0,717 $\pm 0,0004$	0,826 $\pm 0,0004$	0,945 $\pm 0,0004$	1,098 $\pm 0,0004$	1,241 $\pm 0,0004$
$l_{\text{пр теор}}, \text{м}$	0,658 $\pm 0,0025$	0,733 $\pm 0,0025$	0,83 $\pm 0,0025$	0,947 $\pm 0,0025$	1,085 $\pm 0,0025$	1,245 $\pm 0,0025$

13. Выводы и анализ результатов работы.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что преобладающий тип трения при затухающих колебаниях физического маятника – сухое трение. При перемещении грузов на боковых спицах в сторону от оси вращения момент инерции системы увеличивается, следовательно угловое ускорение уменьшается, и угловой коэффициент на графике зависимости амплитуды колебаний от времени уменьшается по модулю.