
Группа	<u>Р3207</u>	К работе допущен	<u></u>
Студент	<u>Садовой Г. В.</u>	Работа выполнена	<u></u>
Преподаватель	<u>Агабабаев В.А.</u>	Отчет принят	<u></u>

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 1.05

Исследование колебаний физического маятника

1. Цели работы.

1. 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.

Период затухающих колебаний физического маятника.

4. Метод экспериментального исследования.

- Измерение периода N числа колебаний маятника с разными положениями груза, параллельно отмечая время, когда амплитуда отклонения маятника от равновесного положения будет равна 25, 20, 15, 10 и 5.
- Построение графиков зависимостей амплитуды колебаний от времени и квадрата периода от момента инерции.
- Определение, какой тип трения играет главную роль в затухании колебаний: сухое трение или вязкое.
- Вычисление экспериментальной и теоретической приведенной длины маятника при разных его конфигурациях.
- **Рабочие формулы и исходные данные.**

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Зависимость логарифма отношения амплитуд от времени

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

Зависимость амплитуды колебаний от ширины зоны застоя

$$A(t = nT) = A_0 - 4n\Delta\varphi_z.$$

Расстояния центров грузов от оси вращения

$$R = l_1 + (n - 1)l_0 + b/2$$

Момент инерции грузов

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

Период колебаний маятника от момента инерции

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}}.$$

Приведенная длина маятника от момента инерции

$$l_{\text{пр}} = \frac{I}{ml} = \frac{I_0}{ml} + l.$$

6. Измерительные приборы

Таблица 1. Характеристики средств измерения

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Секундомер на смартфоне	Секундомер	От 0 до 10 с	0,01 с
2	Шкала для измерения угла отклонения маятника	Линейная шкала	От 0° до 60°	1°

Таблица 5. Параметры установки

Параметры установки		
1.	Масса каретки	(47,0 ± 0,5) г
2.	Масса шайбы	(220,0 ± 0,5) г
3.	Масса грузов на крестовине	(408,0 ± 0,5) г
4.	Расстояние от оси до первой риски	(57,0 ± 0,5) мм
5.	Расстояние между рисками	(25,0 ± 0,2) мм
6.	Диаметр ступицы	(46,0 ± 0,5) мм
7.	Диаметр груза на крестовине	(40,0 ± 0,5) мм
8.	Высота груза на крестовине	(40,0 ± 0,5) мм
9.	Расстояние, проходимое грузом (h)	(700,0 ± 0,1) мм

7. Схема установки (перечень схем, которые составляют Приложение 1).

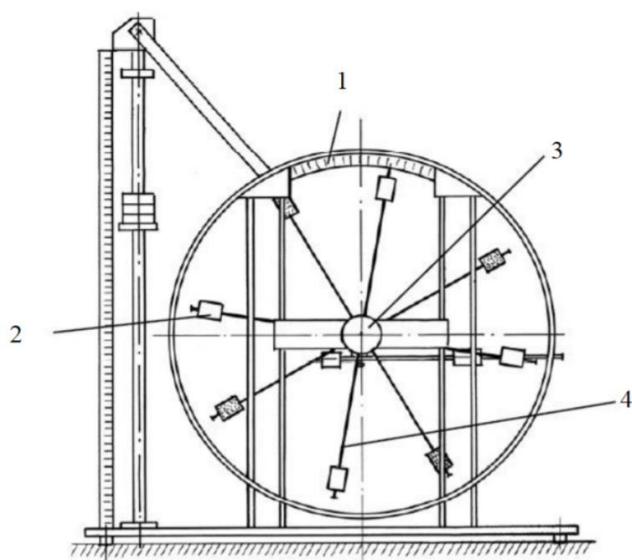


Рис. 1. Стенд лаборатории механики (общий вид)

Общий вид экспериментальной установки изображен на Рис. 1. В состав установки входят:

Шкала

Груз

Рукоятка сцепления

Передняя крестовина

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

Таблица 1 Данные измерений времени $N = 10$ колебаний

t_1, c	18.34
t_2, c	18.51
t_3, c	18.27
\bar{t}, c	18.37
T, c	1.84

Таблица 2 Данные измерений амплитуды колебаний от времени

Амплитуда отклонения Время	25°	20°	15°	10°	5°
t_1, c	51.42	98.01	158.57	235.51	333.91
t_2, c	51.23	95.04	149.99	235.21	328.38
t_3, c	47.57	95.16	162.17	235.13	330.95
\bar{t}, c	50.07	96.07	156.91	235.28	331.08

Таблица 3 Данные измерений периода колебаний при разных положениях боковых грузов

Положение боковых грузов	t_1, c	t_2, c	t_3, c	\bar{t}, c	T, c
1 риска	16.15	16.34	16.51	16.33	1.63
2 риски	17.18	17.20	17.19	17.19	1.72
3 риска	18.84	18.89	18.81	18.85	1.88
4 риски	20.10	20.08	19.53	19.90	1.99
5 рисок	21.24	21.23	21.18	21.22	2.12
6 рисок	22.69	22.89	22.58	22.72	2.27

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

Найдем максимальную амплитуду и период:

$$A_0 = (l_1 + 6l_0) \sin 30^\circ \approx 103.5 \text{ мм}$$

Таблица 4

$\varphi_{\text{отк}}$	t, c	$A, \text{мм}$	$\ln \frac{A}{A_0}$
30°	0.00	103.5	0.000
25°	50.07	87.5	-0.168
20°	96.07	70.8	-0.380
15°	156.91	53.6	-0.658
10°	235.28	35.9	-1.059
5°	331.08	18.0	-1.749

По МНК найдем коэффициенты β и $\Delta\varphi_3$ в формулах:

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

$$A(t = nT) = A_0 - 4n\Delta\varphi_3 = A_0 - 4 \frac{t}{T} \Delta\varphi_3 = A_0 - t \frac{4}{1.84} \Delta\varphi_3$$

Зависимость между амплитудой и течением времени лучше аппроксимируется экспонентой, значит в наших колебаниях преобладает вязкое трение.

Таблица 5

β, c^{-1}	$\Delta\varphi_3, \text{м}$
0.005	0.119

$$\tau = \frac{1}{\beta} \approx \frac{1}{0.0052389666} \approx 191c$$

Таблица 6

Риски	1	2	3	4	5	6
$R_{\text{верх}}, \text{мм}$	77					
$R_{\text{ниж}}, \text{мм}$	202					
$R_{\text{бок}}, \text{мм}$	77	102	127	152	177	202
$I_{\text{гр}}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	0.024	0.028	0.030	0.036	0.042	0.050
$I, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	0.032	0.036	0.038	0.044	0.050	0.058
$I_{\text{пр. эксп}}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	0.660	0.735	0.878	0.984	1.168	1.280
$I_{\text{пр. теор}}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	0.762	0.857	0.905	1.048	1.190	1.381

С помощью МНК найдем ml и $l_{\text{теор}}$:

$$ml = \frac{4\pi^2}{g} \frac{\sum (I_i - \bar{I})^2}{\sum (I_i - \bar{I})(T_i - \bar{T})^2} = 0.042 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

$$l_{\text{теор}} = \frac{ml}{4m_{\text{гр}}} = 0.026$$

10. Графики.

График 1: Зависимость $A(t = nT) = A_0 - 4n\Delta\varphi_3$

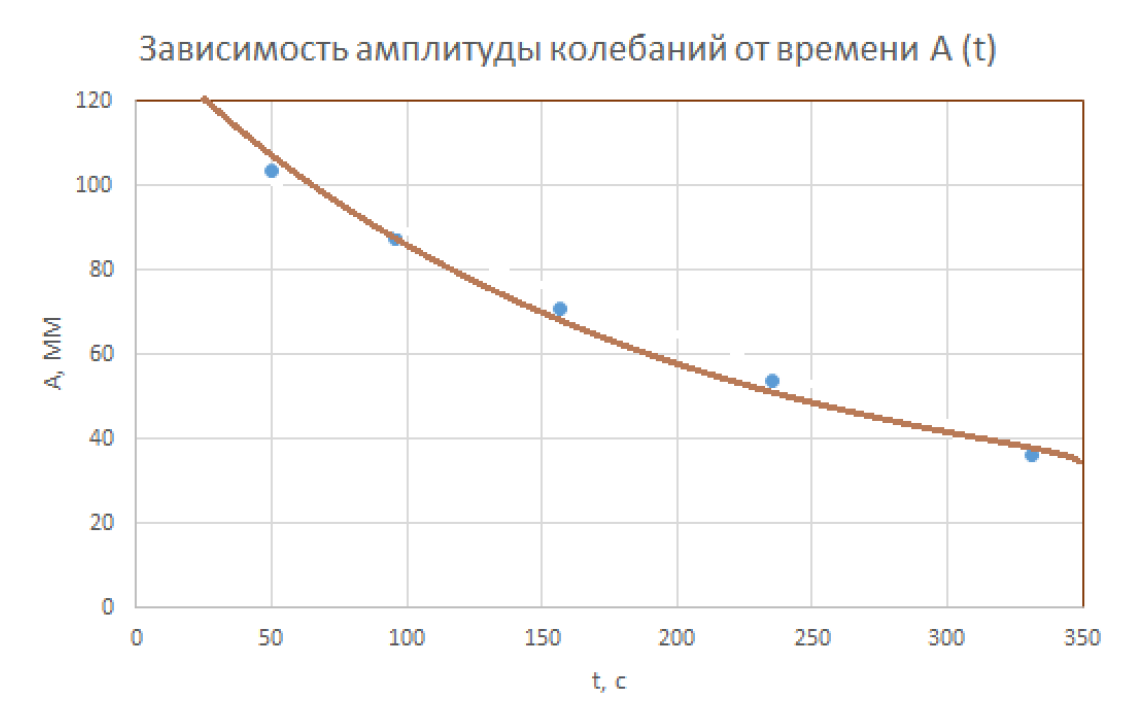


График 2: Зависимость $\ln \frac{A}{A_0} = -\beta t$

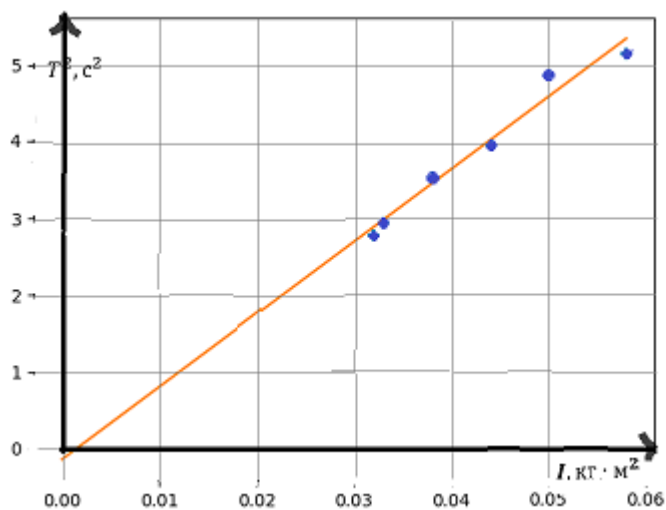
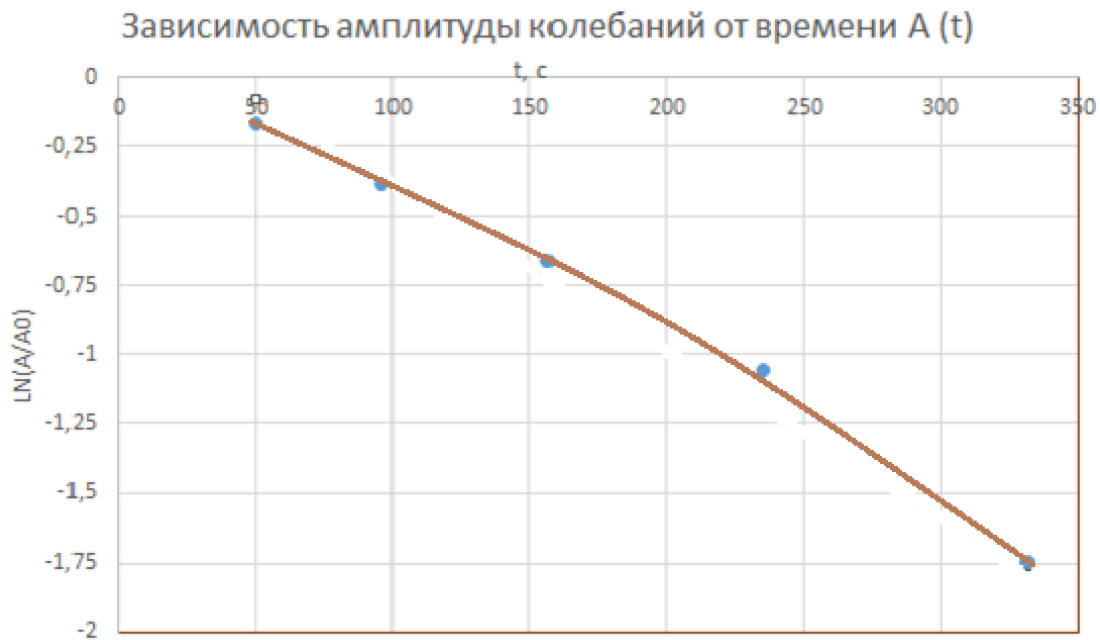


График 3: Зависимость $T^2 = \frac{4\pi^2 I}{mgl}$

11. Окончательные результаты

Преобладающий вид трения: вязкий

Риски	1	2	3	4	5	6
$I_{\text{пр. эксп}}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	0.660	0.735	0.878	0.984	1.168	1.280
$I_{\text{пр. теор}}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	0.762	0.857	0.905	1.048	1.190	1.381

12. Вывод

В рамках выполнения данной лабораторной работы я изучил колебания физического маятника и на практике определил преобладающий тип трения в данной системе. В процессе анализа данных мы также вычислили приведенную длину маятника для каждой позиции боковых грузов, применив метод наименьших квадратов, и сравнили полученные значения с результатами, рассчитанными на основе теоретических формул. Для данной лабораторной установки было установлено, что основным типом трения является вязкое трение, с коэффициентом затухания $\beta = 0.005 \text{ с}^{-1}$ и временем затухания $\tau = 191 \text{ с}$