

# Лабораторная работа №1.2.2

Маллаев Руслан

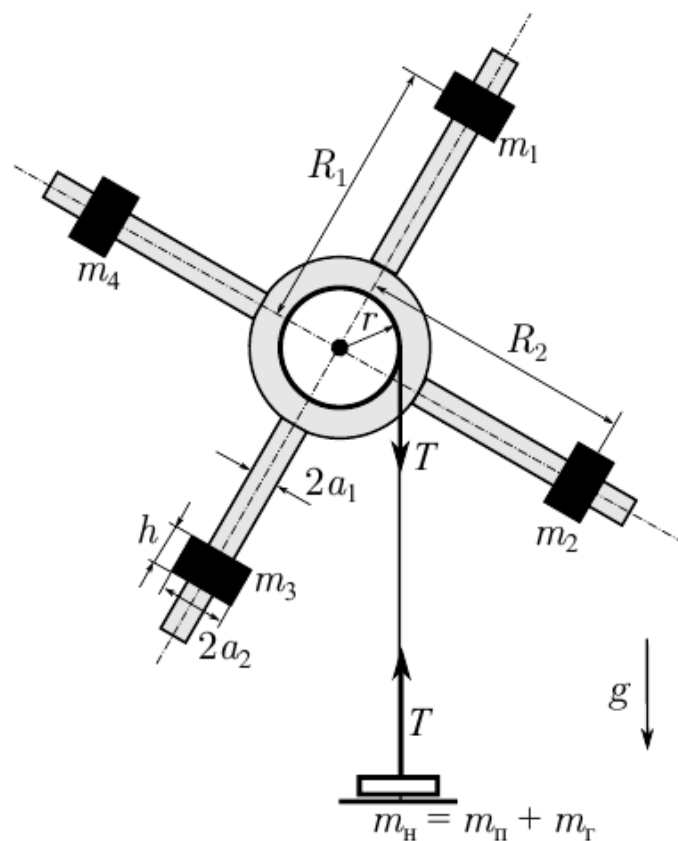
25 октября 2020 г.

**Цель работы:** экспериментально проверить уравнение вращательного движения, получив зависимость углового ускорения от момента инерции и момента прикладываемых к системе сил, а также проанализировать влияние сил трения, действующих в оси вращения.

**Приборы, используемые в работе:** маятник обербека, разновесы, штангенциркуль, компьютер с предустановленной программой, датчик движения.

Соберем установку, как показано на рисунке 1:

Рисунок №1



## 1 Балансировка

$l_1 = (2.496 \pm 0.001)\text{см}$ ;  $l_2 = (2.500 \pm 0.001)\text{см}$ ;  $l_3 = (2.500 \pm 0.001)\text{см}$ ;  $l_4 = (2.500 \pm 0.001)\text{см}$ , где  $l$  - длина грузов.

Тогда  $R_1 - \frac{l_1}{2} = (8,040 \pm 0.001)\text{см}$ ;  $R_2 - \frac{l_2}{2} = (8,110 \pm 0.001)\text{см}$ ;  $R_3 - \frac{l_3}{2} = (8,650 \pm 0.001)\text{см}$ ;  $R_4 - \frac{l_4}{2} = (8,260 \pm 0.001)\text{см}$ ;

$$R_1 = (9.288 \pm 0.002)\text{см}$$

$$R_2 = (9.360 \pm 0.002)\text{см}$$

$$R_3 = (9.900 \pm 0.002)\text{см}$$

$$R_4 = (9.510 \pm 0.002)\text{см}$$

$$2r_{\text{бш}}(\text{радиус большого шкива}) = (3.510 \pm 0.001)\text{см}$$

$$2r_{\text{мш}}(\text{радиус малого шкива}) = (1.800 \pm 0.001)\text{см}$$

## 2 Оценка момента сил трения покоя $M_0$

Масса платформы  $m_{\text{п}} = 6.171\text{г}$  при подвешивании платформы на малый шкив маятник медленно начинает вращаться, значит

$$M_0 < m_{\text{п}} \cdot g \cdot r_{\text{мш}} = 11 \cdot 10^{-3}\text{Н}$$

То есть точно измерить его у нас не получится

## 3 Измерение коэффициентов прямой $\beta = \beta_0 + k\omega$ и обработка результатов измерения

- $m_{\text{г}} = (30.1 \pm 0.1)\text{г}$ , большой шкив

$$1) \beta_0 = (0.5267 \pm 0.0330) \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$k = (-0.02036 \pm 0.02700) \frac{1}{\text{с}}$$

$$2) \beta_0 = (0.5769 \pm 0.0086) \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$k = (-0.02377 \pm 0.00670) \frac{1}{\text{с}}$$

$$3) \beta_0 = (0.5470 \pm 0.0089) \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$k = (-0.02227 \pm 0.00730) \frac{1}{\text{с}}$$

$$4) \beta_0 = (0.5793 \pm 0.0090) \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$k = (-0.02522 \pm 0.00710) \frac{1}{\text{с}}$$

$$5) \beta_0 = (0.5917 \pm 0.0078) \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$k = (-0.02916 \pm 0.00660) \frac{1}{\text{с}}$$

$$\sigma_\beta = \frac{1}{N} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{\beta} - \beta_i)^2}$$

$$\sigma_\beta = 0.0107 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2} - \text{случайная погрешность}$$

$$M_1 = 1.25 \cdot 10^{-2} H \cdot \text{м}$$

- $m_\Gamma = (62.9 \pm 0.1) \text{г}$ , большой шкив

$$\beta_0 = (0.5917 \pm 0.0078) \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$k = (-0.02916 \pm 0.00660) \frac{1}{\text{с}}$$

$$M_2 = 1.29 \cdot 10^{-2} H \cdot \text{м}$$

- $m_\Gamma = (93.0 \pm 0.1) \text{г}$ , большой шкив

$$\beta_0 = (1.2000 \pm 0.0015) \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$k = (-0.01481 \pm 0.00078) \frac{1}{\text{с}}$$

$$M_3 = 1.77 \cdot 10^{-2} H \cdot \text{м}$$

- $m_\Gamma = (127.1 \pm 0.1) \text{г}$ , большой шкив

$$\beta_0 = (1.7140 \pm 0.0099) \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$k = (-0.02406 \pm 0.00430) \frac{1}{\text{с}}$$

$$M_4 = 2.32 \cdot 10^{-2} H \cdot \text{м}$$

- $m_\Gamma = (62.9 \pm 0.1) \text{г}$ , малый шкив

$$\beta_0 = (0.5027 \pm 0.0080) \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$k = (-0.02283 \pm 0.00520) \frac{1}{\text{с}}$$

$$M_5 = 0.57 \cdot 10^{-2} H \cdot \text{м}$$

- $m_\Gamma = (93.0 \pm 0.1) \text{г}$ , малый шкив

$$\beta_0 = (0.6187 \pm 0.0056) \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$k = (-0.01684 \pm 0.00270) \frac{1}{\text{с}}$$

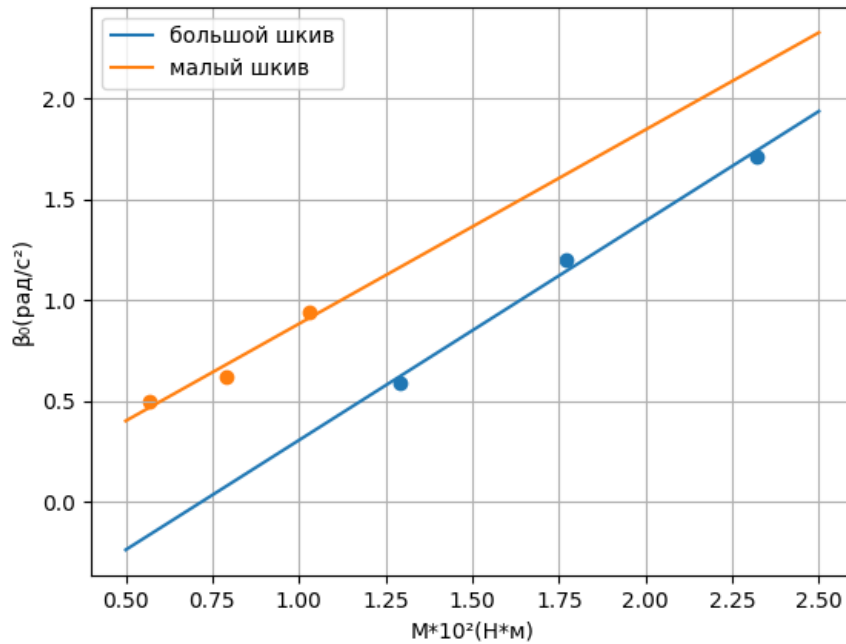
$$M_6 = 0.79 \cdot 10^{-2} H \cdot \text{м}$$

- $m_r = (127.1 \pm 0.1)\text{г}$ , малый шкив  
 $\beta_0 = (0.9422 \pm 0.0940) \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$   
 $k = (-0.02827 \pm 0.03700) \frac{1}{\text{с}}$

$$M_7 = 1.03 \cdot 10^{-2} \text{Н} \cdot \text{м}$$

Построим графики зависимости  $\beta_0$  от  $M$  для малого и большого шкивов на графике №1:

График №1



Откуда найдем значения моментов инерции как величину обратную к коэффициенту наклона графиков:

$$I_m = 10.4 \cdot 10^{-3} \text{кг} \cdot \text{м}^2$$

$$I_6 = 9.2 \cdot 10^{-3} \text{кг} \cdot \text{м}^2$$

Значения немного отличаются, это можно объяснить малым количеством точек и разбалансировкой

$$\bar{I} = 9.8 \cdot 10^{-3} \text{кг} \cdot \text{м}^2$$

## 4 Измерение зависимости углового ускорения от момента инерции системы

$$I = \frac{m_n \cdot g \cdot R}{\beta_0}$$

Измерения будут проводиться для  $m_n = 100\text{г}$ ; Результаты измерений занесем в таблицу №1:

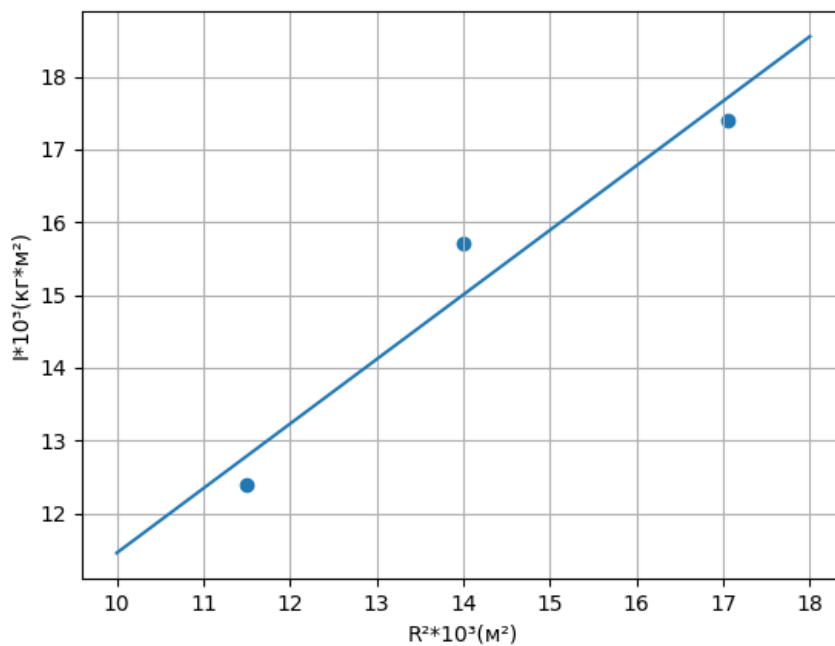
Таблица №1

|  |                    |                    |                    |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| R, см                                    | 10.73              | 11.83              | 13.06              |
| $\beta_0, \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$ | $1.53 \pm 0.10$    | $1.21 \pm 0.01$    | $1.09 \pm 0.01$    |
| k, $\frac{\text{г}}{\text{с}}$           | $-0.040 \pm 0.047$ | $-0.018 \pm 0.004$ | $-0.017 \pm 0.004$ |
| $I \cdot 10^3, \text{Н} \cdot \text{м}$  | 12.4               | 15.7               | 17.4               |

Построим график зависимости I от  $R^2$  на графике №2, чтобы проверить формулу

$$I = \sum_i m_i \cdot R_i^2$$

График №2



Из графика получим  $I_0$ , равный точке, в которой прямая пересекает ось у:

$$I_0 = 2.58 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

## 5 Измерение углового ускорения для маятника Обербека без грузов

$$I_0 = \frac{m_n \cdot g \cdot R}{\beta_0}$$

- $m_r = (62.9 \pm 0.1) \text{ г}$ , большой шкив

$$\beta_0 = (2.43 \pm 0.01) \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$k = (-0.0483 \pm 0.0026) \frac{1}{\text{с}}$$

$$I_0 = 5.21 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

- $m_r = (100.0 \pm 0.1) \text{ г}$ , большой шкив

$$\beta_0 = (3.54 \pm 0.01) \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$k = (-0.0514 \pm 0.0034) \frac{1}{\text{с}}$$

$$I_0 = 5.29 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

- $m_r = (144.6 \pm 0.1) \text{ г}$ , большой шкив

$$\beta_0 = (5.01 \pm 0.11) \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$k = (-0.0684 \pm 0.0029) \frac{1}{\text{с}}$$

$$I_0 = 5.17 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\Delta_{\overline{I_0}} = 0.54 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\overline{I_0} = 5.22 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

## 6 Вывод

Мы на практике проверили закон вращательного движения и нашли свободный момент инерции маятника Обербека