

Группа p3114 К работе допущен _____

Студент Нуруллаев Даниил Работа выполнена _____

Преподаватель _____ Отчет принят _____

Отчет по лабораторной 1.04v

Исследование равноускоренного вращательного движения (маятник Обербека)

Цель работы.

Проверка основного закона динамики вращения. Проверка зависимости момента инерции от положения масс относительно оси вращения.

Рабочие формулы и исходные данные.

$$M = M_{\text{тр}} + I\varepsilon$$

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

$$I = I_0 + 4m_{\text{yt}}R^2$$

Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Секундомер	Хронометр	-	0,005 с

Описание установки

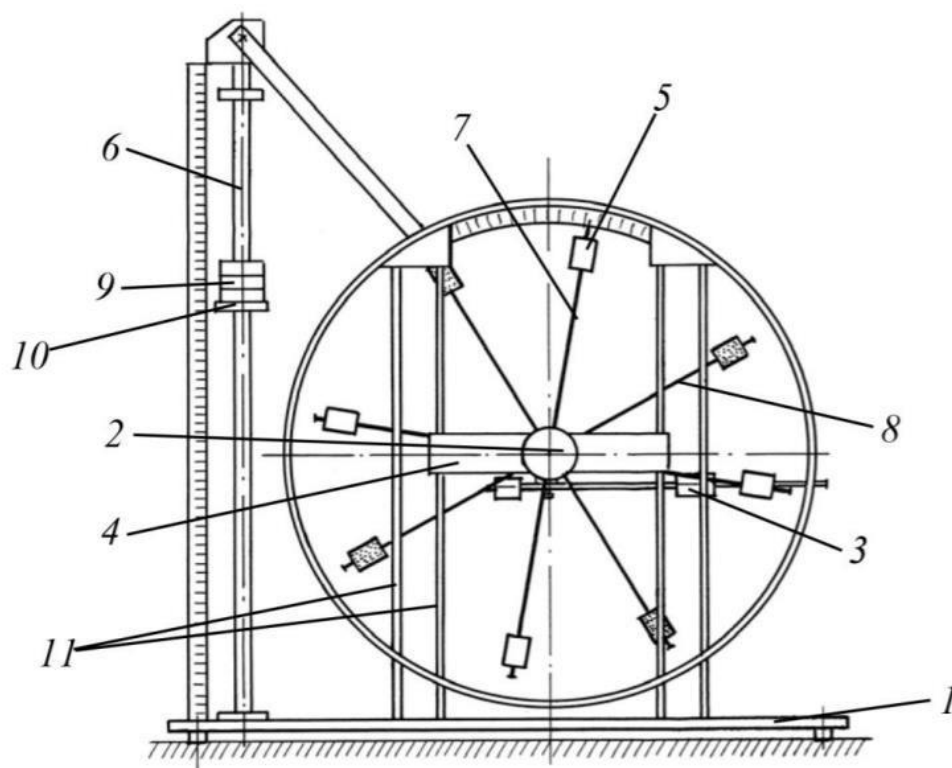


Рис. 2. Стенд лаборатории механики (общий вид):

1 – основание; 2 – рукоятка сцепления крестовин; 3 – устройство принудительного трения; 4 – поперечина; 5 – груз крестовины; 6 – трубчатая направляющая; 7 – передняя крестовина; 8 – задняя крестовина; 9 – шайбы каретки; 10 – каретка; 11 – система передних стоек.

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

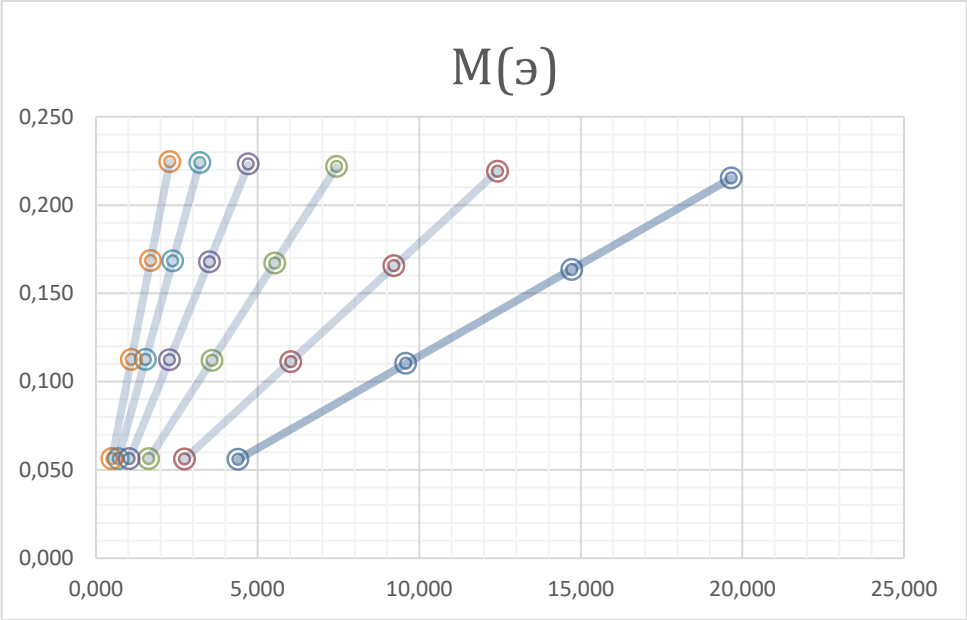
Масса груза, кг	Положение утяжелителей, м					
	0,03	0,07	0,11	0,15	0,19	0,23
0,25	3,73	4,72	6,12	7,70	9,36	11,08
	3,72	4,72	6,12	7,69	9,37	11,09
	3,72	4,71	6,11	7,69	9,37	11,08
	3,723	4,717	6,117	7,693	9,367	11,083
0,5	2,52	3,18	4,12	5,17	6,29	7,46
	2,52	3,18	4,12	5,17	6,30	7,47
	2,52	3,17	4,11	5,18	6,31	7,45
	2,520	3,177	4,117	5,173	6,300	7,460
0,75	2,03	2,57	3,32	4,17	5,07	6,00
	2,04	2,57	3,31	4,16	5,07	5,99
	2,03	2,57	3,32	4,16	5,06	6,00
	2,033	2,570	3,317	4,163	5,067	5,997
1	1,76	2,21	2,86	3,59	4,36	5,16
	1,76	2,22	2,86	3,60	4,34	5,17
	1,76	2,21	2,86	3,59	4,36	5,16
	1,760	2,213	2,860	3,593	4,353	5,163
Погрешность измерения для первого t(ср), с						
o(t)		0,00333				
t(a, N)		4,3				
Δt		0,0143				
Погрешность		0,00471				

Расчет результатов косвенных измерений

Для каждого значения вычислим ускорение a груза, угловое ускорение ε крестовины и момент M силы натяжения нити.

Ускорение a груза, м/с ²						$a = \frac{2 * h}{t^2}$
0,101	0,063	0,037	0,024	0,016	0,011	
0,220	0,139	0,083	0,052	0,035	0,025	
0,339	0,212	0,127	0,081	0,055	0,039	
0,452	0,286	0,171	0,108	0,074	0,053	
Угловое ускорение крестовины, рад/с ²						$\varepsilon = \frac{2 * a}{d}$
4,391	2,736	1,627	1,028	0,694	0,496	
9,585	6,032	3,592	2,274	1,534	1,094	
14,723	9,216	5,533	3,512	2,371	1,693	
19,651	12,425	7,442	4,714	3,212	2,283	
Момент силы натяжения нити, Нм						$M = 0.5 * dm(g - a)$
0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	
0,110	0,111	0,112	0,112	0,112	0,113	
0,163	0,166	0,167	0,168	0,168	0,169	
0,215	0,219	0,222	0,223	0,224	0,224	

Графики :
1)

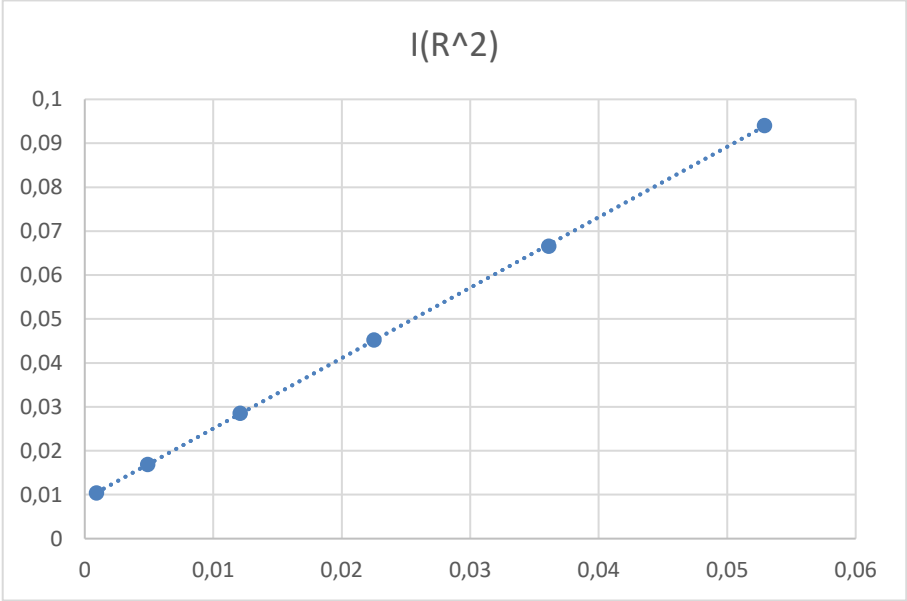


$Y_1=0.0104x+0.0101$
 $Y_2=0.0169x+0.0099$
 $Y_3=0.0285x+0.0098$
 $Y_4=0.0452x+0.0095$
 $Y_5=0.0666x+0.0102$
 $Y_6=0.094x+0.0097$

Положение	I, кг*м^2	M(тр), Нм
1	0,0104	0,0101
2	0,0169	0,0099
3	0,0285	0,0098
4	0,0452	0,0095
5	0,0666	0,0102
6	0,094	0,0097

Положение	э, рад/с^2	M(э), Нм
1	4,391	0,056
	9,585	0,110
	14,723	0,163
	19,651	0,215
2	2,736	0,056
	6,032	0,111
	9,216	0,166
	12,425	0,219
3	1,627	0,056
	3,592	0,112
	5,533	0,167
	7,442	0,222
4	1,028	0,056
	2,274	0,112
	3,512	0,168
	4,714	0,223
5	0,694	0,056
	1,534	0,112
	2,371	0,168
	3,212	0,224
6	0,496	0,056
	1,094	0,113
	1,693	0,169
	2,283	0,224

2)



$y=0.400975x+0.009$

R (m), R^2 (m^2), I (κr^*m^2)						
R	0,03	0,07	0,11	0,15	0,19	0,23
R^2	0,0009	0,0049	0,0121	0,0225	0,0361	0,0529
I	0,0104	0,0169	0,0285	0,0452	0,0666	0,094

I(0)	m(yI)
0,009	0,400975

1. Вычислим СКО для m_1 1 риски, чтобы найти погрешность среднего значения времени Δt :

$$S_{\bar{t}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (t_i - \bar{t})^2}{n(n-1)}} = 0,00333 \text{ с}$$

Рассчитаем доверительный интервал случайной погрешности

$$\Delta_{\bar{t}} = t_{0,95} S_{\bar{t}} = 4,3 * 0,00333 = 0,0143 \text{ с}$$

Определим абсолютную погрешность при $\Delta_{ит} = 0,005 \text{ с}$

$$\Delta_t = \sqrt{\Delta_{\bar{t}}^2 + (\frac{2}{3} \Delta_{ит})^2} = \sqrt{0,000196 + (\frac{2}{3} 0,005)^2} = 0,0144 \text{ с}$$

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta_t}{\langle t \rangle} \cdot 100\% = \frac{0,0144}{3,723} \cdot 100\% = 0,38\%$$

2. Вычислим погрешности для первых значений a , ε , M

$$\Delta_a = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial t} \Delta_t\right)^2} = \sqrt{\left(-\frac{4h}{t^3} \cdot 0,0144\right)^2} = 3 \cdot 10^{-7} = 0,000000299 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\varepsilon_a = \frac{\Delta_a}{\langle a \rangle} \cdot 100\% = \frac{0,00000029}{0,10100479} \cdot 100\% = 0,00028\%$$

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial a} \Delta_a\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial d} \frac{2}{3} \Delta_{ид}\right)^2} = 0,015 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$\varepsilon_{\varepsilon} = \frac{\Delta_{\varepsilon}}{\langle \varepsilon \rangle} \cdot 100\% = \frac{0,015}{2,736} \cdot 100\% = 0,64\%$$

$$\Delta_M = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial a} \Delta_a\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial d} \frac{2}{3} \Delta_{ид}\right)^2} = 0,00024 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\varepsilon_M = \frac{\Delta_M}{\langle M \rangle} \cdot 100\% = \frac{0,00024}{0,03369} \cdot 100\% = 0,7\%$$

3. Вычислим погрешности для Δm_{yt} и ΔI_0

$$S_{4m_{yt}}^2 = \frac{1}{D} \frac{\sum d_i^2}{n-2} \quad S_{I_0}^2 = \left(\frac{1}{n} + \frac{\overline{R^2}}{D}\right) \frac{\sum d_i^2}{n-2}$$

$$D = \sum (R_i^2 - \overline{R^2})^2 = 0,00048, \quad d_i = I_i - (I_0 + 4m_{yt} R_i^2)$$

$$S_{4m_{yt}} = 0,0016 \text{ кг} \quad S_{I_0} = 0,000023 \text{ м}^2 \text{ кг} \quad \Delta_{I_0} = 2S_{I_0} \approx 0,00005 \text{ м}^2 \text{ кг}$$

$$\Delta_{4m_{yt}} = 2S_{4m_{yt}} = 0,0032 \text{ кг}$$

$$\varepsilon_{I_0} = \frac{\Delta_{I_0}}{I_0} \cdot 100\% = \frac{0,00005}{0,0903} \cdot 100\% = 0,06\%$$

$$\varepsilon_{m_{yt}} = \varepsilon_{4m_{yt}} = \frac{\Delta_{4m_{yt}}}{4m_{yt}} \cdot 100\% = \frac{0,0032}{1,6} \cdot 100\% = 0,2\%$$

$$\Delta_{m_{yt}} = \varepsilon_{m_{yt}} m_{yt} \cdot /100\% = 0,0008 \text{ кг}$$

Окончательные результаты.

Для 1 груза на 1 риске:

$$\langle t \rangle = 3,723 \pm 0,0144 \text{ с} \quad \varepsilon_{\langle t \rangle} = 0,38\% \quad \alpha = 0,95$$

$$a = 0,101 \pm 0,00000029 \text{ м/с}^2 \quad \varepsilon_a = 0,00028\% \quad \alpha = 0,95$$

$$\varepsilon = 2,736 \pm 0,015 \text{ рад/с}^2 \quad \varepsilon_{\varepsilon} = 0,64\% \quad \alpha = 0,95$$

$$M = 0,03369 \pm 0,00024 \text{ кг} \cdot \text{м} \quad \varepsilon_M = 0,7\% \quad \alpha = 0,95$$

Для рабочей установки:

$$I_0 = 0,00903 \pm 0,00005 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad \varepsilon_{I_0} = 0,06\% \quad \alpha = 0,95$$

$$m_{yt} = 0,4000 \pm 0,0008 \text{ кг} \quad \varepsilon_{m_{yt}} = 0,2\% \quad \alpha = 0,95$$

Выводы и анализ результатов работы.

С помощью маятника Обербека я убедился в том, что между моментом вращения и угловым ускорением линейная зависимость. С помощью второго графика, я также подтвердил линейную зависимость момента инерции тела от расстояния утяжелителей до оси вращения, где угловой коэффициент данного графика – масса данного тела. Погрешности во время измерений обусловлены в первую очередь человеческим фактором, а также погрешностью секундомера. (В данном случае погрешности заданы программно)

