

---

Группа <u>М3112</u>	К работе допущен _____
Студент <u>Баатарцогт Анужин</u>	Работа выполнена _____
Преподаватель <u>Мейлахс Александр Павлович</u>	Отчет принят _____

---

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.04V

---

### 1. Цель работы.

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

### 2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

Измерение времени падения каретки с шайбами.

### 3. Объект исследования.

Маятник Обербека.

### 4. Метод экспериментального исследования.

Измерение времени падения каретки при изменении массы каретки и изменении положения утяжелителей.

### 5. Измерительные приборы.

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование</i>	<i>Тип прибора</i>	<i>Используемый диапазон</i>	<i>Погрешность прибора</i>
<i>1</i>	Цифровой секундомер			0,01

## 6. Рабочие формулы и исходные данные.

### Constant:

$d = (46.0 \pm 0.5) \text{ мм}$ ; масса  $m_{\text{ут}}$  каждого из грузов-утяжелителей на крестовине; сумма  $I_0$  моментов инерции стержней крестовины, момента инерции ступицы и собственных центральных моментов инерции утяжелителей; момент  $M_{\text{тр}}$  силы трения в оси крестовины.

### Range for R and $m_w$ :

расстояние  $R$  от оси вращения крестовины до центров грузов-утяжелителей вычислять не нужно – оно задается непосредственно, обычно, не меньше пяти значений в диапазоне  $0.07 \text{ м} \dots 0.23 \text{ м}$ ;

значения массы  $m_{\text{г}}$  подвешенного груза устанавливаются экспериментатором, обычно, не меньше четырех значений в диапазоне  $0.1 \text{ кг} \dots 0.9 \text{ кг}$ ;

### Formula:

$$a = \frac{2h}{t^2}, \quad \varepsilon = \frac{2a}{d}, \quad M = \frac{md}{2}(g - a). \quad I\varepsilon = M - M_{\text{тр}}. \quad I = I_0 + 4m_{\text{ут}}R^2,$$

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

$$\bar{x} = \frac{x_1 + \dots + x_i + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}. \quad \Delta_{\bar{x}} = t_{\alpha, n} S_{\bar{x}},$$

$$S_b^2 = \frac{1}{D} \sum_{i=1}^n d_i^2; \quad S_a^2 = \left( \frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{D} \right) \sum_{i=1}^n d_i^2. \quad \Delta_a = 2S_a \quad \Delta_b = 2S_b$$

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

Механика - Лабораторная работа №2



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

Протокол измерений времени падения груза при разной массе груза и разном положении утяжелителей на крестовине

Масса груза, кг	ti, с	Положение утяжелителей					
		0.07	0.10	0.13	0.16	0.19	0.22

0.10	t1	10.80	13.16	15.79	18.59	21.50	24.46
	t2	10.81	13.15	15.80	18.60	21.48	24.45
	t3	10.81	13.17	15.79	18.60	21.49	24.45
	t4	10.80	13.17	15.80	18.60	21.50	24.44
	t5	10.81	13.16	15.80	18.59	21.50	24.44
	tcp	10.81	13.16	15.80	18.60	21.49	24.45
0.30	t1	5.07	6.15	7.38	8.68	10.05	11.42
	t2	5.06	6.16	7.38	8.69	10.05	11.42
	t3	5.06	6.16	7.39	8.69	10.04	11.42
	t4	5.05	6.16	7.39	8.69	10.04	11.42
	t5	5.05	6.16	7.39	8.70	10.04	11.42
	tcp	5.06	6.16	7.39	8.69	10.04	11.42
0.50	t1	3.80	4.62	5.53	6.52	7.52	8.56
	t2	3.81	4.63	5.53	6.53	7.53	8.56
	t3	3.81	4.62	5.54	6.52	7.52	8.56
	t4	3.80	4.62	5.54	6.51	7.52	8.55
	t5	3.80	4.63	5.54	6.51	7.53	8.56
	tcp	3.80	4.62	5.54	6.52	7.52	8.56
0.70	t1	3.19	3.87	4.63	5.44	6.28	7.14
	t2	3.18	3.86	4.63	5.43	6.28	7.15
	t3	3.18	3.86	4.64	5.44	6.27	7.15
	t4	3.18	3.87	4.62	5.43	6.28	7.14
	t5	3.18	3.86	4.63	5.43	6.28	7.15
	tcp	3.18	3.86	4.63	5.43	6.28	7.15
0.90	t1	2.79	3.39	4.06	4.77	5.51	6.25
	t2	2.79	3.39	4.06	4.78	5.50	6.25
	t3	2.80	3.40	4.06	4.78	5.50	6.25
	t4	2.80	3.39	4.05	4.77	5.50	6.25
	t5	2.80	3.39	4.06	4.76	5.50	6.26
	tcp	2.80	3.39	4.06	4.77	5.50	6.25

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

Вычисленные  $\alpha$ ,  $\epsilon$ ,  $\rho$ ,  $M$ .

Масса груза, кг	Ускорение $a$ (м/с <sup>2</sup> )					
	0.07	0.1	0.13	0.16	0.19	0.22
0.1	0.01713	0.01154	0.00802	0.00578	0.00433	0.00335
0.3	0.07818	0.05274	0.03666	0.02648	0.01983	0.01534
0.5	0.13821	0.09354	0.06526	0.04708	0.03533	0.02731
0.7	0.19753	0.13395	0.09330	0.06773	0.05074	0.03917
0.9	0.25583	0.17383	0.12145	0.08783	0.06607	0.05117

Масса груза, кг	Угловое ускорение $\varepsilon$ крестовины (рад/с <sup>2</sup> )					
	0.07	0.1	0.13	0.16	0.19	0.22
0.1	0.74468	0.50195	0.34850	0.25146	0.18822	0.14548
0.3	3.39895	2.29310	1.59398	1.15150	0.86196	0.66676
0.5	6.00926	4.06693	2.83733	2.04679	1.53605	1.18729
0.7	8.58819	5.82409	4.05639	2.94485	2.20627	1.70285
0.9	11.12315	7.55771	5.28054	3.81857	2.87251	2.22466

Масса груза, кг	Момент силы натяжение нити $M$ (Н м)					
	0.07	0.1	0.13	0.16	0.19	0.22
0.1	0.02250	0.02251	0.02252	0.02253	0.02253	0.02253
0.3	0.06708	0.06726	0.06737	0.06744	0.06748	0.06751
0.5	0.11111	0.11162	0.11195	0.11216	0.11229	0.11239
0.7	0.15460	0.15562	0.15628	0.15669	0.15696	0.15715
0.9	0.19756	0.19926	0.20035	0.20104	0.20149	0.20180

**погрешности и соответствующие доверительные интервалы  
Для первых значений  $a$ ,  $\varepsilon$  и  $M$**

Погрешность $t$	
$t_{avg}$	10.8
$S$	0.00548
$S\alpha$	0.00245
$\alpha$	0.95
$n$	5
$\tan$	2.8
$\Delta t$ сл	0.01
$\Delta t$	0.08
$\Delta t_{avg}$	0.04
$t$	10.8 $\pm$ 0.04
$t_{rel}$	0.33%

Погрешность $\Delta \epsilon = \sqrt{(d \epsilon / d a * \Delta a)^2}$	
$\epsilon$	0.74468
a	0.01713
$\Delta d$	0.0005
$\Delta a$	0.00008
$\Delta \epsilon$	0.06
$\epsilon$	$\epsilon \pm 0.06$
$\epsilon \text{ rel}$	8%

Погрешность момента силы М	
a	0.01713
d	0.046
m	0.1
g	9.82
$\Delta a$	0.00008
$\Delta d$	0.0005
$\Delta m$	0.15
$\Delta g$	1.5
M	0.022501
$\Delta M$	0.001155748
M	0,044 $\pm$ 0,0012

Частные производные	
dm	0.033819902
dd	0.000245072
dg	0.00345
da	-0.000000184

### График Зависимость М(eps)

График М(eps)	
eps	M
0.74468	0.0225006
3.39895	0.0670806
6.00926	0.1111106
8.58819	0.1545998

Погрешность $\Delta a = \sqrt{(da / dt * \Delta t)^2}$	
a	0.01713
$\Delta t \text{ avg}$	0.03591
$\Delta h$	0.0001
t avg	10.80
$\Delta a$	0.00008
a rel	0.47%
a	a $\pm$ 0.00008

11.1232	0.1975643
0.50195	0.0225134
2.2931	0.0672561
4.06693	0.1116243
5.82409	0.1556233
7.55771	0.1992618
0.3485	0.0225216
1.59398	0.067367
2.83733	0.1119495
4.05639	0.1562779
5.28054	0.2003459
0.25146	0.0225267
1.1515	0.0674373
2.04679	0.1121586
2.94485	0.1566895
3.81857	0.201042
0.18822	0.02253
0.86196	0.0674832
1.53605	0.1122937
2.20627	0.156963
2.87251	0.2014924
0.14548	0.0225323
0.66676	0.0675142
1.18729	0.112386
1.70285	0.1571494
2.22466	0.2018008