
Группа	P3115	К работе допущен	
Студент	Конаныхина А.А.	Работа выполнена	
Преподаватель	Каретников Н.А.	Отчет принят	

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.07

«Маятник Максвелла»

1. Цель работы:

Изучение динамики плоского движения твёрдого тела на примере Маятника Максвелла.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

- Проверка выполнения закона сохранения энергии маятника с учётом потерь на отражение и трение
- Определение центрального осевого момента инерции маятника Максвелла.

3. Объект исследования: Маятник Максвелла

4. Метод экспериментального исследования: Наблюдение, расчёт, эксперимент.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Среднее значение:

$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Момент инерции маятника:

$$I_c = mr^2\left(\frac{gt^2}{2h} - 1\right) = mr^2\left(\frac{g}{a} - 1\right)$$

Погрешность момента инерции маятника:

$$\Delta I_c = S_N \sqrt{(mr^2 \Delta)^2 + ((-1)r^2 \Delta m)^2 + (2(-1)mr \Delta r)^2}$$

Теоретический момент инерции маятника:

$$I_{теор} = mR^2$$

Коэффициент уравнения прямой $Y = aX$ через МНК:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

СКО коэффициента a уравнения прямой:

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - a \cdot x_i)^2}{(N - 1) \sum_{i=1}^n x_i^2}}$$

Мгновенная скорость:

$$v_i = \frac{2r}{t_i}$$

Кинетическая энергия маятника (вращательного и поступательного движения):

$$E_k = \frac{mv_i^2}{2} \left(\frac{I_c}{mr^2} + 1 \right)$$

Потенциальная энергия маятника:

$$E_{пот} = mgh$$

Полная энергия маятника считается как сумма потенциальной и кинетической энергий.

Погрешность измерений через коэффициент Стьюдента, где $t_{a_дов}$, N - коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности $a_дов$ и количества измерений N :

$$\Delta x = t_{a_дов, N} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x - \bar{x})^2}{N(N - 1)}}$$

6. Измерительные приборы.

Параметры стенда

№	Наименование	Значение	Погрешность
1	Масса колеса m	0.47 кг	0.001 кг
2	Радиус оси колеса r	$2.5 \cdot 10^{-3}$ м	$0.1 \cdot 10^{-3}$ м
3	Радиус маховика R	0.65 мм	

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

Таблица 1							
$h_0 = 10 \text{ см}$	h_i						
	20 см	30 см	40 см	50 см	60 см	70 см	80 см
$t_1, \text{мс}$	2,614	3,717	4,558	5,27	5,889	6,461	6,98
$t_2, \text{мс}$	2,614	3,712	4,557	5,271	5,894	6,459	6,974
$t_3, \text{мс}$	2,612	3,717	4,56	5,269	5,897	6,459	6,984
$t_4, \text{мс}$	2,614	3,719	4,556	5,265	5,891	6,46	6,976
$t_5, \text{мс}$	2,615	3,717	4,561	5,265	5,899	6,458	6,982
$\Delta h_i, \text{м}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$t_{\text{ср}}, \text{мс}$	2,6138	3,71575	4,5584	5,268	5,894	6,4594	6,9792
$1/2 g t_{\text{ср}}^2, \text{м}$	33,54488	67,79138	102,0249	136,2615	170,5696	204,8641	239,1623

Таблица 2							
$h_0 = \dots \text{см}$	h_i						
	20 см	30 см	40 см	50 см	60 см	70 см	80 см
$t_1, \text{мс}$	5,3	3,72	3,06	2,65	2,36	2,15	1,99
$t_2, \text{мс}$	8,06	4,42	3,37	2,84	2,49	2,24	2,09
$t_3, \text{мс}$	8,12	4,44	3,39	2,86	2,5	2,28	2,08
$V_1, \text{м/с}$	0,000943	0,001344	0,001634	0,001887	0,002119	0,002326	0,002513
$V_2, \text{м/с}$	0,00062	0,001131	0,001484	0,001761	0,002008	0,002232	0,002392
$V_3, \text{м/с}$	0,000616	0,001126	0,001475	0,001748	0,002	0,002193	0,002404

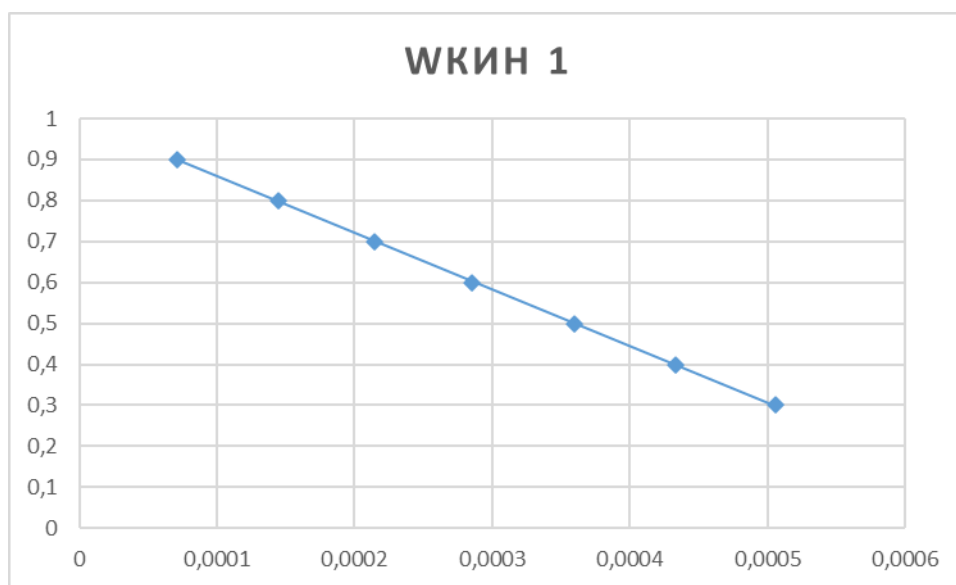
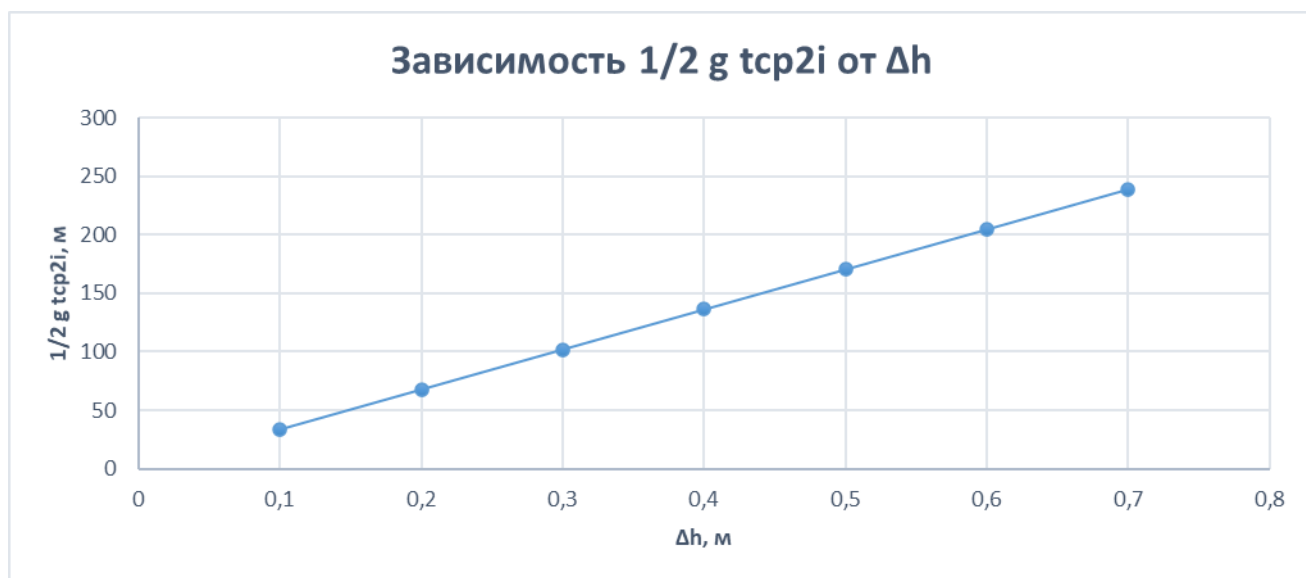
9. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов).

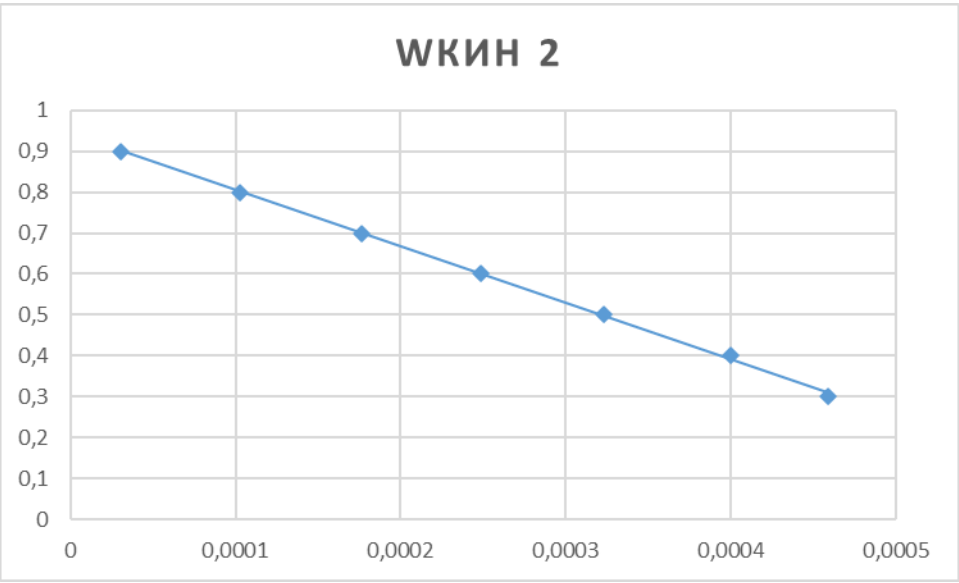
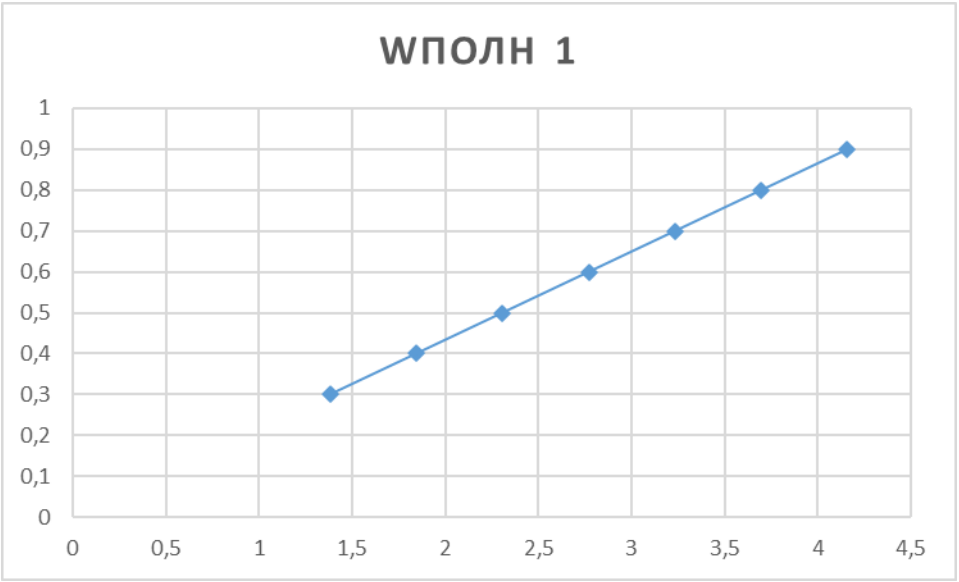
N	1	2	3	4	5	6	7
$\sum Y_i X_i$	3,354487666	13,5582757	30,60748255	54,50458234	85,28482438	122,9184573	167,4136326
$\sum X_i^2$	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49
a							341,1726732
$(Y_i - a X_i)^2$	0,327631068	0,196387377	0,106837533	0,043103341	0,000278484	0,02575753	0,116595628
σ_a							0,311790329
Δ_a							0,623580659
δ_a							0,182775676
I_c							0,000999257
ΔI_c							0,000799691
δI_c							0,800284983
$I_{\text{тср}}$							0,00198575

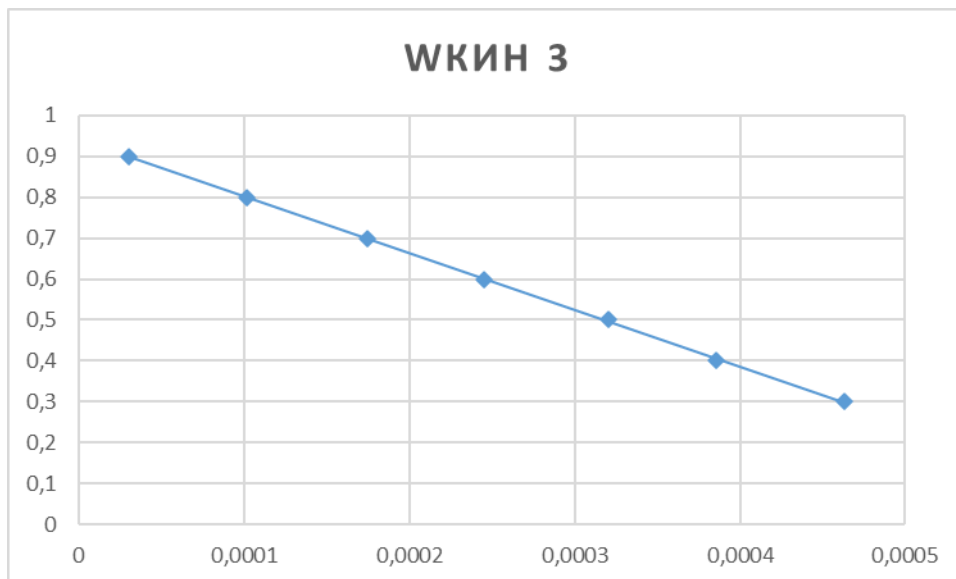
	20 см	30 см	40 см	50 см	60 см	70 см	80 см
$E_{\text{кин } 1}, \text{мс}$	7,1356E-05	0,000144843	0,000214062	0,000285424	0,00035988	0,000433616	0,000506146
$E_{\text{кин } 2}, \text{мс}$	3,0854E-05	0,000102598	0,000176491	0,000248511	0,000323283	0,000399472	0,00045887
$E_{\text{кин } 3}, \text{мс}$	3,03998E-05	0,000101675	0,000174415	0,000245047	0,000320702	0,000385578	0,000463293
$E_{\text{пот}}, \text{мс}$	4,15386	3,69232	3,23078	2,76924	2,3077	1,84616	1,38462
$E_{\text{полн } 1}, \text{мс}$	4,153931356	3,692464843	3,230994062	2,769525424	2,30805988	1,846593616	1,385126146
$E_{\text{полн } 2}, \text{мс}$	4,153890854	3,692422598	3,230956491	2,769488511	2,308023283	1,846559472	1,38507887
$E_{\text{полн } 3}, \text{мс}$	4,1538904	3,692421675	3,230954415	2,769485047	2,308020702	1,846545578	1,385083293
H	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3

Константы		Погрешность
$g =$	9,82	
$m =$	0,47	0,01
$r =$	0,0025	0,001
$R =$	0,065	

Графики зависимости кинетической и полной энергии маятника от высоты:







11. Окончательные результаты.

$$I_c = (0,001 \pm 0,0008) \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$I_{\text{теор}} = 0,00198575 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

12. Выводы и анализ результатов работы.

Теоретическое значение в два раза больше экспериментального, это скорее всего происходит, потому что, в считая $I_{\text{теор}}$, мы пренебрегаем тем, что кроме маховика в маятник входит ещё и палочка, на которую наматывается нить. Также в системе есть трение. Целью эксперимента было проверить выполнения закона сохранения энергии маятника с учетом потерь на отражение и трение. Полная энергия маятника не может сохраняться полностью, т.к. в верёвка, на которую подвешен, маятник не является нерастяжимой и невесомой, что будет приводить к небольшим потерям энергии, особенно в нижней точке.

16. Замечания преподавателя (исправления, вызванные замечаниями преподавателя, также помещают в этот пункт).

- Примечание:**
- 1. Пункты 1-13 Протокола-отчета обязательны для заполнения.**
 - 2. Необходимые исправления выполняют непосредственно в протоколе-отчете.**
 - 3. Для построения графиков используют только миллиметровую бумагу.**
 - 4. Приложения 1 и 2 вкладывают в бланк протокола-отчета.**