

Группа	М3105	К работе допущен	08.06.2020, 21:47
Студент	Клишевич Вадим Александрович	Работа выполнена	12.06.2020 06:09
Преподаватель	Зинчик Александр Адольфович	Отчет принят	

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 1.03V

### ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА И ЭНЕРГИИ В ПРОЦЕССАХ СТОЛКНОВЕНИЯ

#### 1. Цель работы.

Исследование упругого и неупругого центрального соударения тел на примере соударения тележек, движущихся с малым трением.

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

- 1) Провести серию измерений времени прохождения оптических ворот для тел разной массы (от 200г до 300г) при абсолютно упругом соударении
- 2) Провести серию измерений времени прохождения оптических ворот для тел разной массы (от 200г до 300г) при абсолютно неупругом соударении

#### 3. Объект исследования.

Упругое и неупругое соударение тел.

#### 4. Метод экспериментального исследования.

Виртуальное моделирование

#### 5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$v_i = 25 \text{ мм} / t_i$$

$$\begin{cases} v_{1x} = \frac{(m_1 - m_2)v_{10}}{m_1 + m_2}; \\ v_{2x} = \frac{2m_1 v_{10}}{m_1 + m_2}. \end{cases}$$

$$v = \frac{m_1 v_{10}}{m_1 + m_2}$$

$$W_{\text{пот}} = \frac{m_1 m_2 v_{10}^2}{2(m_1 + m_2)}$$

$$\frac{W_{\text{пот}}}{\frac{m_1 v_{10}^2}{2}} = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

$$X = \frac{2 \cdot m_1}{m_1 + m_2}$$

$$Y = \frac{v_2}{v_{10}} = \frac{2 \cdot m_1}{m_1 + m_2}$$

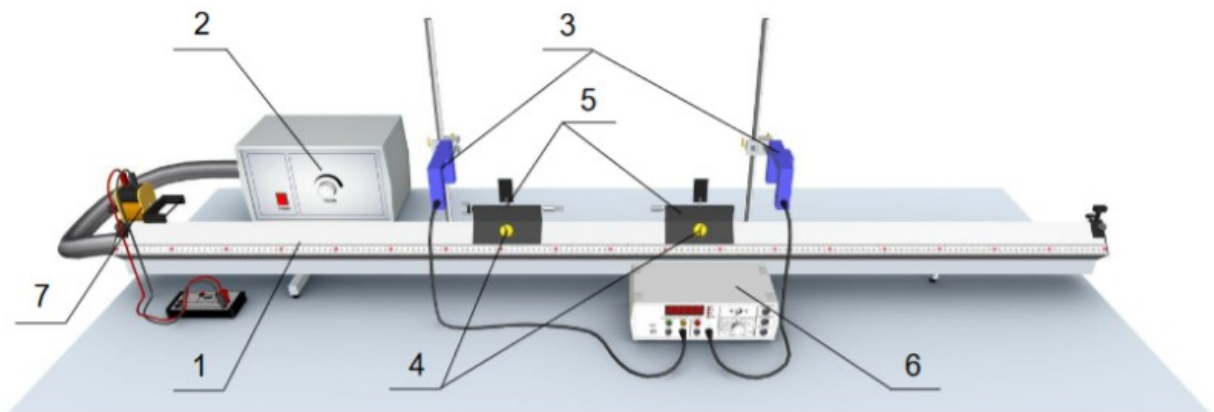
$$\delta W_i^{(\varepsilon)} = \frac{\Delta W}{W_0} = 1 - \frac{(m_1 + m_2)}{m_1} \frac{v^2}{v_{10}^2} = 1 - \frac{m_1 + m_2}{m_1} \left( \frac{t_1}{t_2} \right)^2.$$

$$\delta W_i^{(\tau)} = \frac{m_2}{m_1 + m_2}.$$

#### 6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Цифровой счетчик	Элек.	2-6 с	1 мс

#### 7. Схема установки.



1. Рельс, на котором создается воздушная подушка (длина 180 см)
2. Генератор воздушного потока
3. Рамки с фотоэлементами (оптические ворота)
4. Дополнительные грузы
5. Сталкивающиеся тележки с собственной массой 200 г, каждая из которых снабжена флажком шириной 25 мм.
6. Цифровой счетчик (1 единица = 10 мс)
7. Пусковой механизм

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

1) Упругое соударение:

Таблица 1.1							
	m1(g)						
		200	220	240	260	280	300
m2(g)	200	2,0	2,4	2,4	2,8	2,9	2,7
		2,0	2,3	2,2	2,5	2,5	2,3
	220	2,1	2,1	2,6	2,4	3,0	2,9
		2,2	2,1	2,5	2,2	2,7	2,5
	240	2,0	2,3	2,4	2,5	2,9	3,2
		2,2	2,4	2,4	2,4	2,7	2,9
	260	1,9	2,3	2,4	2,4	2,7	3,0
		2,2	2,5	2,5	2,4	2,6	2,8
	280	1,9	2,0	2,2	2,7	2,9	2,9
		2,3	2,3	2,3	2,8	2,9	2,8
	300	2,1	2,0	2,4	2,3	3,0	2,9
		2,6	2,3	2,7	2,5	3,1	2,9

Где  $t_1$  – верхняя ячейка на пересечении строки и столбца

$t_2$  – нижняя ячейка на пересечении строки и столбца

Единицы измерения – [с]

2) Неупругое соударение:

Таблица 1.2							
	m1(g)						
		200	220	240	260	280	300
m2(g)	200	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	3,2
		3,6	3,9	4,1	4,2	4,3	5,4
	220	1,9	2,3	2,3	2,8	2,7	3,1
		3,9	4,6	4,3	5,1	4,8	5,4
	240	2,1	2,1	2,5	2,3	3,0	3,1
		4,5	4,3	5,0	4,5	5,6	5,5
	260	1,8	2,0	2,2	2,6	2,5	3,2
		4,2	4,4	4,6	5,2	4,9	6,0
	280	2,1	2,0	2,4	2,8	2,6	3,0
		5,0	4,5	5,1	5,8	5,2	5,7
	300	1,8	2,3	2,6	2,3	2,7	3,1
		4,5	5,5	5,9	5,0	5,7	6,2

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

1) Упругое соударение:

Таблица 2.1							
	m1(g)						
		200	220	240	260	280	300
m2(g)	200	1,00	1,05	1,09	1,13	1,17	1,20
		1,00	1,04	1,09	1,12	1,16	1,17
	220	0,95	1,00	1,04	1,08	1,12	1,15
		0,95	1,00	1,04	1,09	1,11	1,16
	240	0,91	0,96	1,00	1,04	1,08	1,11
		0,91	0,96	1,00	1,04	1,07	1,10
	260	0,87	0,92	0,96	1,00	1,04	1,07
		0,86	0,92	0,96	1,00	1,04	1,07
	280	0,83	0,88	0,92	0,96	1,00	1,03
		0,83	0,87	0,96	0,96	1,00	1,04
	300	0,80	0,85	0,89	0,93	0,97	1,00
		0,81	0,87	0,89	0,92	0,97	1,00

где  $X_i = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}$  – верхняя ячейка на пересечении строки и столбца

$Y_i = \frac{v_1}{v_{01}} = \frac{t_1}{t_2}$  – нижняя ячейка на пересечении строки и столбца

Зависимость  $Y_i = Y_i(X_i)$ :

Чтобы узнать угловой коэффициент данной зависимости, найдем среднее значение экспериментальных точек по следующим формулам:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i = \frac{36.00}{36.00} = 1.00$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum y_i = \frac{35.99}{36.00} = 1.00$$

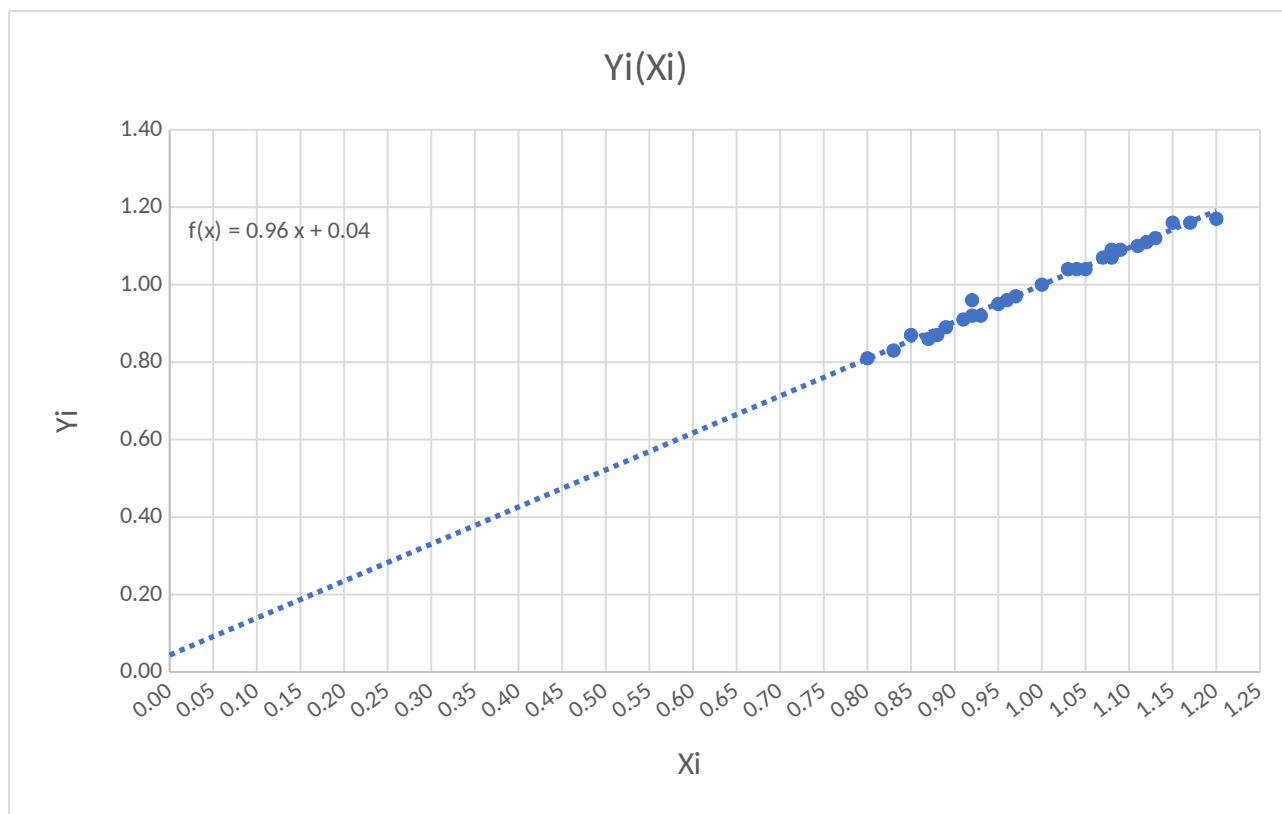
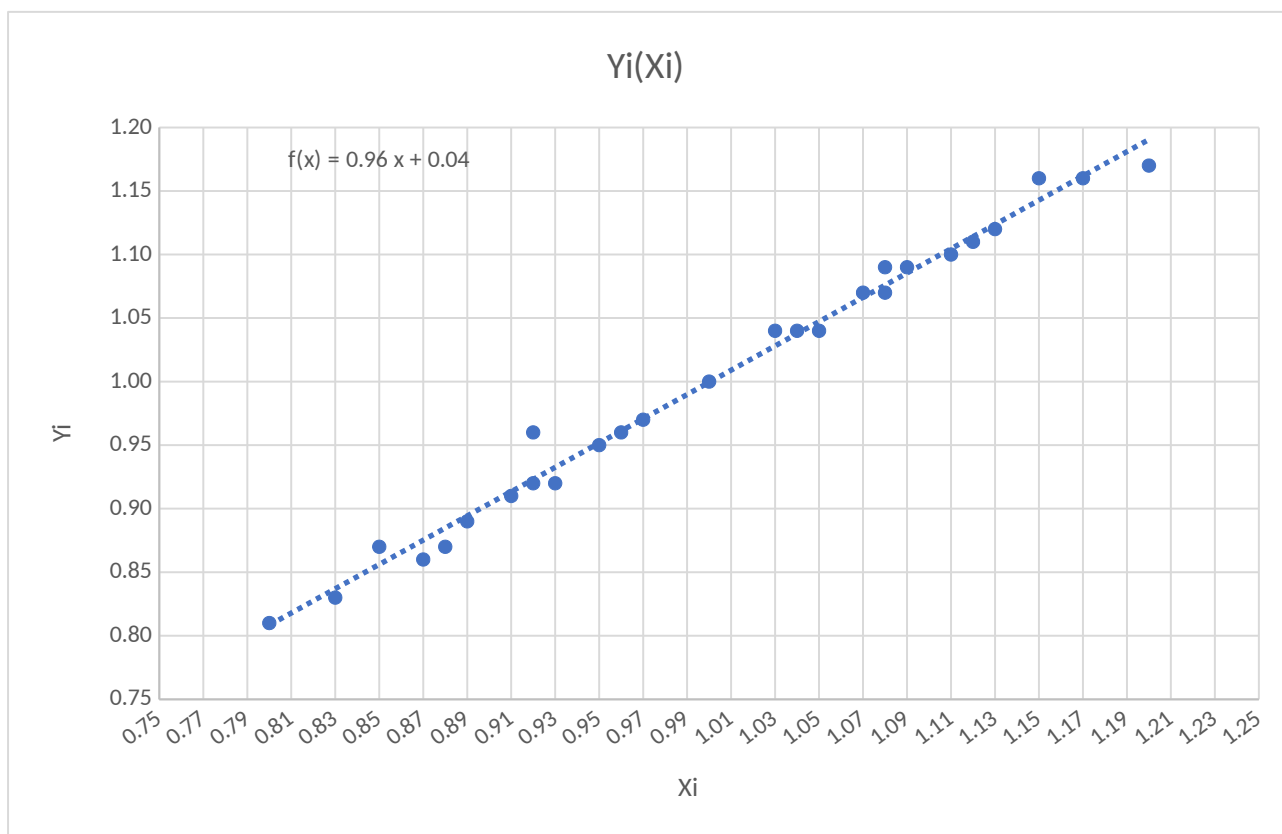
Найдем коэффициенты прямой по следующим формулам:

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = 0.96$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 0.04$$

Следовательно,  $y = 0.96 * x + 0.04$

График  $Y_i(X_i)$  для упругого соударения



2) Неупругое соударение:

Таблица 2.2							
	m1(g)						
		200	220	240	260	280	300
m2(g)	200	0,50	0,52	0,55	0,57	0,58	0,60
		0,50	0,51	0,54	0,57	0,58	0,59
	220	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58
		0,49	0,50	0,53	0,55	0,56	0,57
	240	0,45	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56
		0,47	0,49	0,50	0,51	0,54	0,56
	260	0,43	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54
		0,43	0,45	0,48	0,50	0,51	0,53
	280	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52
		0,42	0,44	0,47	0,48	0,50	0,53
	300	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50
		0,40	0,42	0,44	0,46	0,47	0,50

где  $X_i = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$  – верхняя ячейка на пересечении строки и столбца

$Y_i = \frac{v}{v_{01}} = \frac{t_1}{t_2}$  – нижняя ячейка на пересечении строки и столбца

Зависимость  $Y_i = Y_i(X_i)$ :

Чтобы узнать угловой коэффициент данной зависимости, найдем среднее значение экспериментальных точек по следующим формулам:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i = \frac{18.00}{36.00} = 0.50$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum y_i = \frac{18.01}{36.00} = 0.50$$

Найдем коэффициенты прямой по следующим формулам:

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = 0.97$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 0.03$$

Следовательно,  $y = 0.97 * x + 0.03$

График  $Y_i(X_i)$  для неупругого соударения

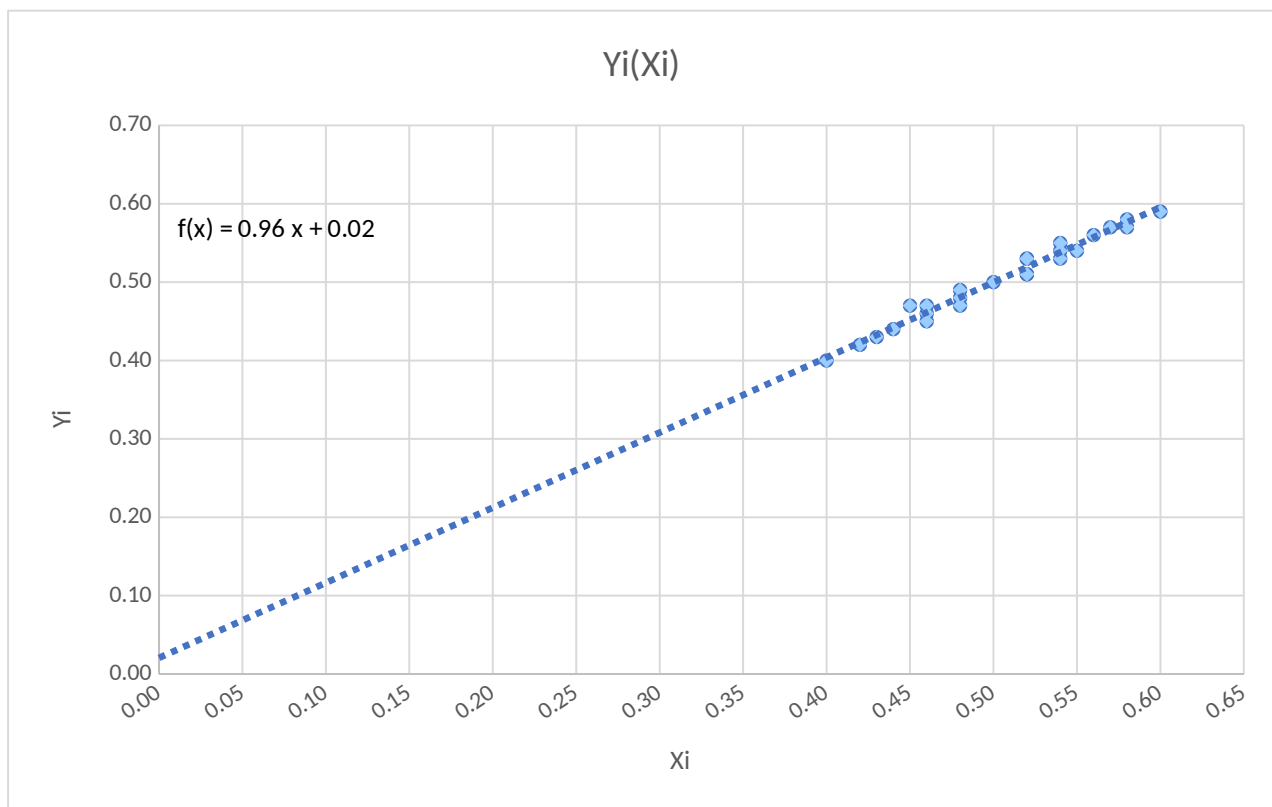
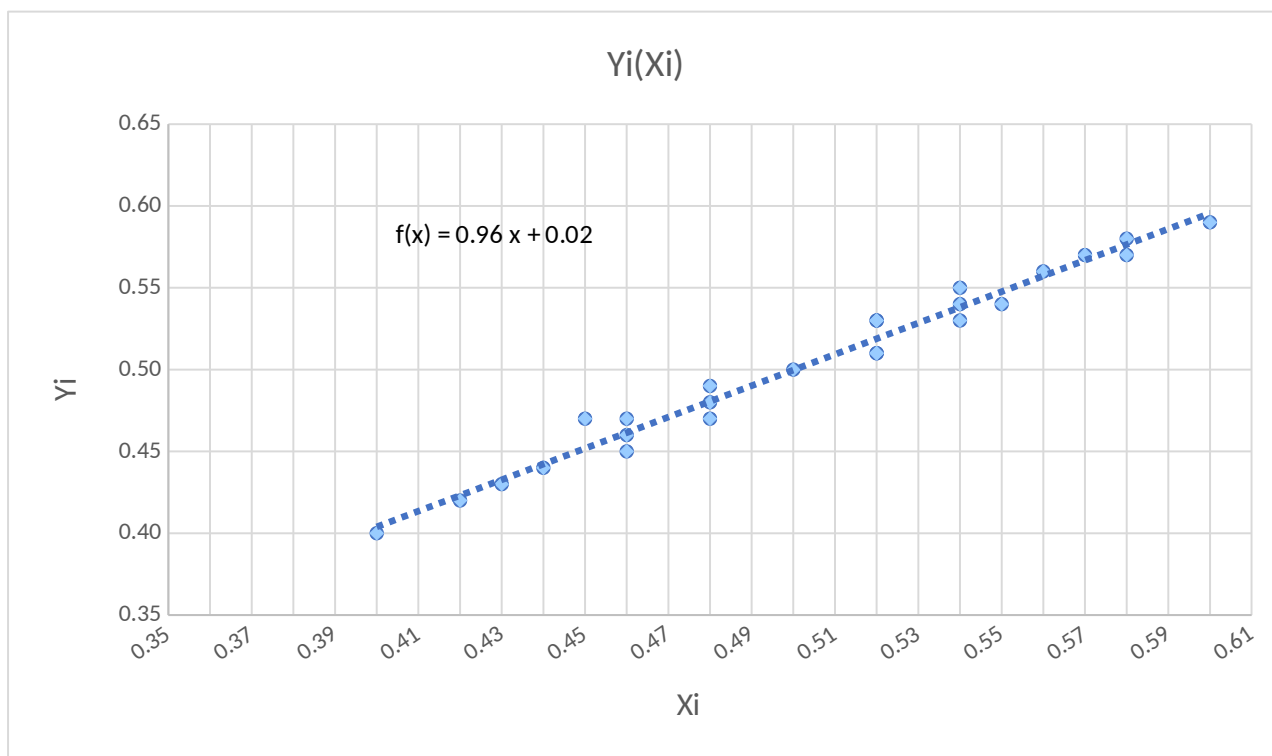


Таблица 3							
	m1(g)						
		200	220	240	260	280	300
m2(g)	200	0,50	0,50	0,47	0,42	0,42	0,41
		0,50	0,48	0,45	0,43	0,42	0,40
	220	0,50	0,50	0,45	0,44	0,43	0,43
		0,52	0,50	0,48	0,46	0,44	0,42
	240	0,52	0,50	0,50	0,50	0,47	0,43
		0,55	0,52	0,50	0,48	0,46	0,44
	260	0,58	0,55	0,52	0,50	0,50	0,47
		0,57	0,54	0,52	0,50	0,48	0,46
	280	0,58	0,55	0,52	0,52	0,50	0,46
		0,58	0,56	0,54	0,52	0,50	0,48
	300	0,60	0,59	0,56	0,54	0,54	0,50
		0,60	0,58	0,56	0,54	0,52	0,50

где  $\delta W_i^{(\vartheta)} = \frac{\Delta W}{W_0} = 1 - \frac{m_1 + m_2}{m_1} \left( \frac{t_1}{t_2} \right)^2$  - верхняя ячейка на пересечении строки и столбца

$\delta W_i^{(m)} = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$  - нижняя ячейка на пересечении строки и столбца

Зависимость  $\delta W_i^{(\vartheta)} = \delta W_i^{(m)} (\delta W_i^{(m)})$ :

Чтобы узнать угловой коэффициент данной зависимости, найдем среднее значение экспериментальных точек по следующим формулам:

$$\delta W^{(m)} = \frac{1}{n} \sum \delta W_i^{(m)} = \frac{18.00}{36.00} = 0.50$$

$$\delta W^{(\vartheta)} = \frac{1}{n} \sum \delta W_i^{(\vartheta)} = \frac{17.98}{36.00} = 0.50$$

Найдем коэффициенты прямой по следующим формулам:

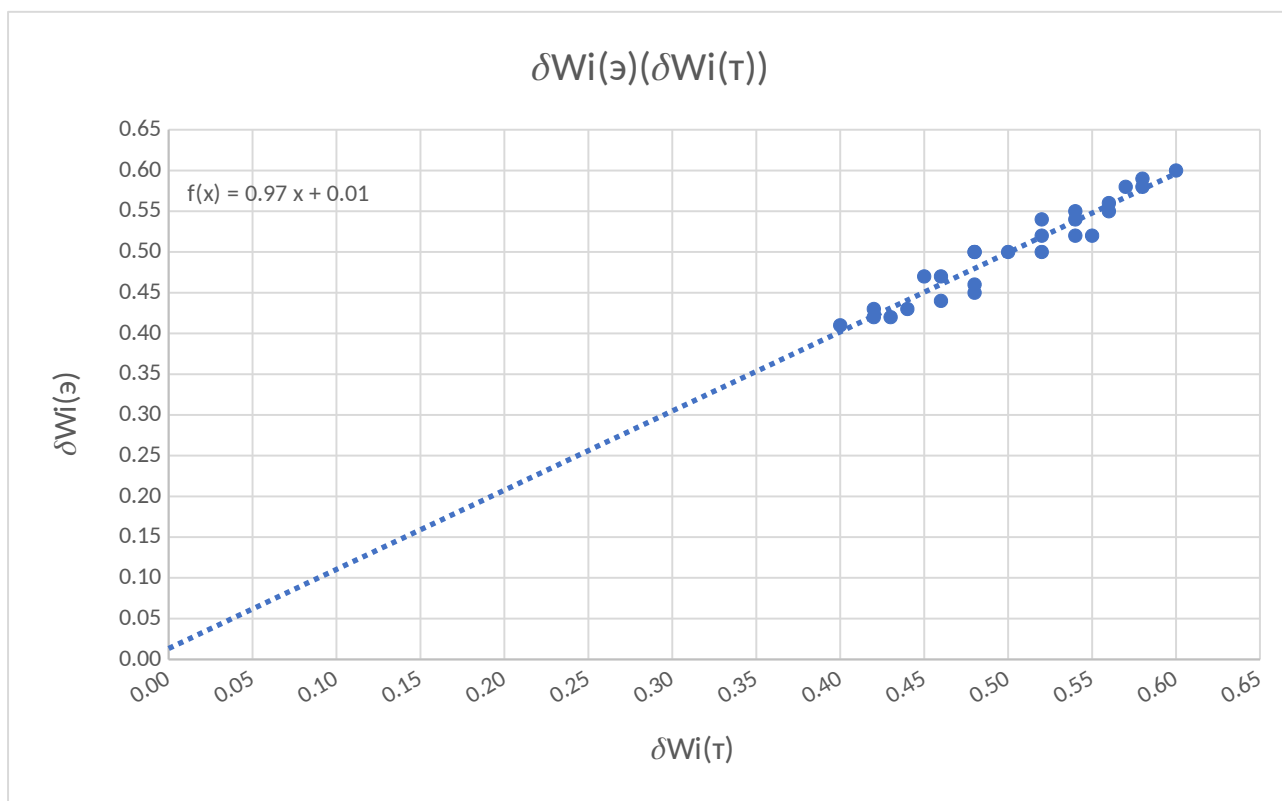
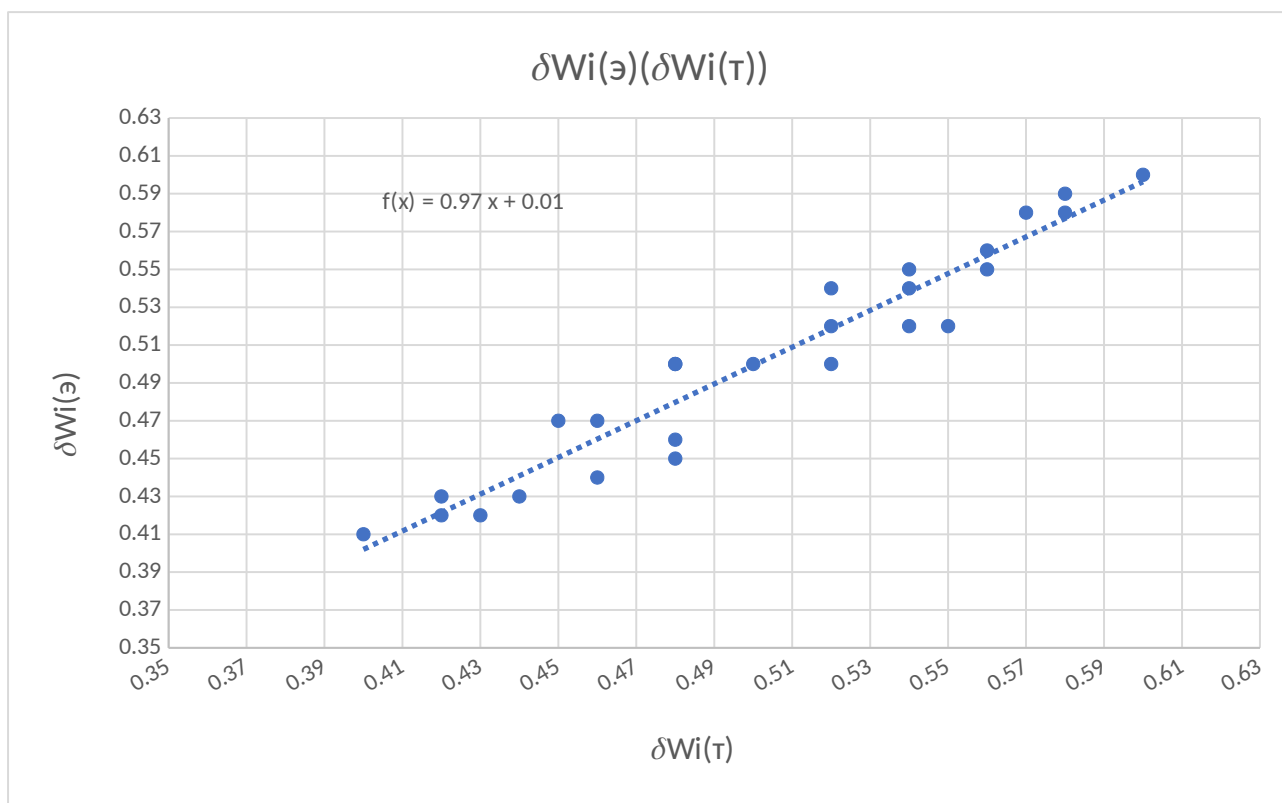
$$b = \frac{\sum (\delta W_i^{(m)} - \delta W^{(m)}) (\delta W_i^{(\vartheta)} - \delta W^{(\vartheta)})}{\sum (\delta W_i^{(m)} - \delta W^{(m)})^2} = 0.97$$

$$a = \delta W^{(\vartheta)} - b \delta W^{(m)} = 0.03$$

Следовательно,  $W_i^{(\vartheta)} = 0.97 * W_i^{(m)} + 0.03$



График  $\delta W_i^{(\varepsilon)}(\delta W_i^{(\tau)})$  для неупругого соударения



10. Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).

Погрешность углового коэффициента b:

1) Упругое соударение:

$$d_i = y_i - (a + bx_i); \quad D = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

$$\sum d_i^2 = 0,004$$

$$D = 0,34$$

СКО коэффициента b:

$$S_b^2 = \frac{1}{D} \frac{\sum d_i^2}{n-2} = \frac{\frac{1}{0,34} * 0,004}{34} = 0,001$$

2) Неупругое соударение:

$$d_i = y_i - (a + bx_i); \quad D = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

$$\sum d_i^2 = 0,017$$

$$D = 0,09$$

СКО коэффициента b:

$$S_b^2 = \frac{1}{D} \frac{\sum d_i^2}{n-2} = \frac{\frac{1}{0,09} * 0,017}{34} = 0,006$$

11. Окончательные результаты.

$Y_i(X_i) = 0,96 * X_i + 0,04$  – для абсолютно упругого столкновения

$Y_i(X_i) = 0,95 * X_i + 0,05$  – для абсолютно неупругого столкновения

$W_i^{(э)} = 0,97 * W_i^{(т)} + 0,03$  – для абсолютно неупругого столкновения

12. Выводы и анализ результатов работы.

В ходе работы были получены:

- Линейная зависимость величин, выведенных по ЗСИ и ЗСЭ, что доказывает их справедливость при упругом соударении.
- Аналогично для абсолютно неупругого удара, только в случае неупругого соударения часть механической энергии теряется при столкновении.
- Для неупругого соударения: линейная зависимость экспериментальной относительной потери механической энергии от теоретической относительной потери, что доказывает справедливость представленных выше формул.

14. Дополнительные задания.

15. Выполнение дополнительных заданий.

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