**Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет**

**информационных технологий, механики и оптики ****УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ФТФ**

Группа P3110 К работе допущен Студенты Назирджанов Н, Киселев М, P3115 Работа выполнена

Преподаватель Сорокина Е. К. Отчет принят

**Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.05**

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАВНОУСКОРЕННОГО ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ (МАЯТНИК ОБЕРБЕКА)**

1. **Цель работы.**

* Изучение характеристик затухающих колебаний физического маятника

1. **Задачи, решаемые при выполнении работы.**
2. **Объект исследования.**
3. **Метод экспериментального исследования.**
4. **Рабочие формулы и исходные данные.**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. | среднее арифметическое значение |
| 2. | период колебаний |
| 3. | Линейный закон амплитудных значений для сухого трения |
| 4. | Коэффициенты в МНК |
| 5. | расстояние центра груза от оси вращения |
| 6. | момент инерции груза |
| 7. | полный момент инерции физического маятника  I0 - момент инерции ступицы и крестовины |
| 8. | период колебаний маятника |
| 9. | Коэффициент в МНК и его СКО, если график проходит через начало координат |
| 10. | Период колебаний маятника через приведенную длину маятника |
| 11. | Приведенная длина маятника (для расчетов теоретических значений) |
| 12. | Параметры D и di в МНК |
| 13. | СКО коэффициентов a и b в МНК |
| 14. | доверительный интервал случайной погрешности (случайная погрешность) |
| 15. | абсолютная погрешность измерения с учетом случайной погрешности и инструментальной погрешности |
| 16. | Относительная погрешность |
| 17. | Абсолютная погрешность |
| 18. | оценка среднего квадратического отклонения (СКО) результата измерения |
| 19. | Погрешность рассчитанной величины по МНК |

1. **Измерительные приборы.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование | Используемый диапазон | Используемый диапазон | Погрешность прибора |
| 1 | Шкала | Механический | 60° | 1° |
| 2 | Цифровой секундомер | Электронный | 200 с | 0,005 с |

**Схема установки (перечень схем).**

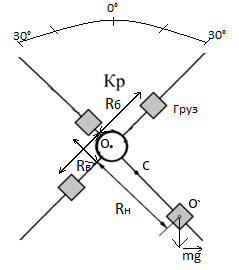


Рисунок (схема измерительной установки)

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Рисунок (циферблат секундомера)

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

**Таблица 1. Время десяти (N=10) колебаний маятника (боковые грузы на трех рисках).**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | **T, c** |
| 18,08 | 18,21 | 18,22 | 18,17 | 1,82 |

***-*** среднее время десяти колебаний (по формуле 1)

***–*** период колебаний (по формуле 2)

**Таблица 2. Время достижения амплитуды отклонения (боковые грузы на третьей риске)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Амплитуда отклонения**  **Время** | **25°** | **20°** | **15°** | **10°** | **5°** |
|  | 12,90 | 27,35 | 43,35 | 56,67 | 77,77 |
|  | 14,45 | 27,16 | 41,48 | 57,67 | 75,60 |
|  | 12,91 | 27,66 | 43,13 | 59,69 | 77,91 |
|  | 16,32 | 25,54 | 35,74 | 46,01 | 59,07 |

***-*** среднее время достижения амплитуды отклонения 25° (по формуле 1)

**Таблица 3. Время десяти (N=10) колебаний маятника для разных положений боковых грузов**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Положение боковых грузов** |  |  |  |  | **T, c** |
| **1 риска** | 16,21 | 16,13 | 16,24 | 16,19 | 1,62 |
| **2 риски** | 17,05 | 17,12 | 16,98 | 17,05 | 1,71 |
| **3 риски** | 18,08 | 18,21 | 18,22 | 18,17 | 1,82 |
| **4 риски** | 19,37 | 19,46 | 19,44 | 19,42 | 1,94 |
| **5 рисок** | 20,89 | 20,81 | 20,9 | 20,87 | 2,09 |
| **6 рисок** | 22,25 | 22,28 | 22,17 | 22,23 | 2,22 |

***-*** среднее время десяти колебаний для 1 риски (по формуле 1)

***–*** период колебаний для 1 риски (по формуле 2)

1. **Расчет результатов косвенных измерений (*таблицы. примеры расчетов*).**

По графику видно, что в затухании колебаний главную роль играет сухое трение.

С помощью МНК рассчитаем ширину зоны застоя.

Рассматриваем формулу

Рассчитаем средние значения амплитуды и среднего времени.

– среднее значение амплитуды

- среднее значение среднего времени

Найдем коэффициент и

– коэффициент (по формуле 4)

- коэффициент (по формуле 4)

Выразим  **-** ширина зоны застоя

Оценим, через сколько периодов колебания прекратятся по формуле 3

*–* количество периодов, через которое колебания прекратятся

**Таблица 4. расстояния центров грузов от оси вращения, моменты инерции грузов, полный момент инерции физического маятника, приведенные длины маятника**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Риски** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
|  | 0,0770 | | | | | |
|  | 0,2020 | | | | | |
|  | 0,0770 | 0,1020 | 0,1270 | 0,1520 | 0,1770 | 0,2020 |
|  | 0,0239 | 0,0276 | 0,0322 | 0,0379 | 0,0446 | 0,0524 |
|  | 0,0319 | 0,0356 | 0,0402 | 0,0459 | 0,0526 | 0,0604 |
|  | 0,6523 | 0,7231 | 0,8212 | 0,9384 | 1,0831 | 1,2296 |
|  | 0,71 | 0,79 | 0,88 | 1,00 | 1,14 | 1,29 |

Рассчитаем расстояния центров грузов от оси вращения.

**–**расстояние от центра верхнего груза до оси вращения (формула 5)

Рассчитаем моменты инерции грузов

- момент инерции груза при боковых на 1 риске(формула 6)

Рассчитаем полный момент инерции физического маятника

- полный момент инерции при боковых грузах на 1 риске (формула 7)

С помощью МНК найдем произведение ml по формуле 8

Рассматриваем формулу

Рассчитаем средние значения квадратов периодов и моментов инерции.

Найдем угловой коэффициент

*–* угловой коэффициент (формула 9)

Выразим – искомое произведение

Посчитаем , предполагая, что основная масса маятника сосредоточена в грузах на спицах

В силу симметрии боковых грузов достаточно найти центр масс между верхним и нижним грузом.

- расстояние от оси вращения до центра масс

Рассчитаем приведенные длины маятника

*-*приведенная длина для боковых грузов на 1 риске (формула 10)

Рассчитаем теоретические значения приведенной длины(ml – произведение, найденное ранее, l - lтеор)

- теоретическое значение приведенной длины для боковых грузов на 1й риске (формула 11)

1. **Расчет погрешностей измерений (*для прямых и косвенных измерений*).**

Найдем погрешность ширины зоны застоя

Так как ее находили через МНК, то рассчитаем параметры D и di

**Таблица 5. Параметры d для поиска погрешности с МНК**

|  |  |
| --- | --- |
| ***№*** |  |
| ***1*** | 0,507136 |
| ***2*** | -0,161308 |
| ***3*** | -0,369348 |
| ***4*** | -0,544502 |
| ***5*** | 0,591086 |

- параметр d для первого значения (по формуле 12)

- параметр D (формула 12)

Найдем СКО для и A0

*-*СКО для (формула 13)

– СКО для А0 (формула 13)

***-*** доверительный интервал для ширины зоны застоя (доверительная вероятность = 0.95)

Найдем погрешность произведения

Так как ее находили через МНК, то рассчитаем параметры di

**Таблица 5. Параметры d для поиска погрешности с МНК**

|  |  |
| --- | --- |
| ***№*** |  |
| ***1*** | 0,01495 |
| ***2*** | 0,00132 |
| ***3*** | 0,01403 |
| ***4*** | 0,02008 |
| ***5*** | 0,05313 |
| ***6*** | 0,01034 |

- параметр d для первого значения (по формуле 12)

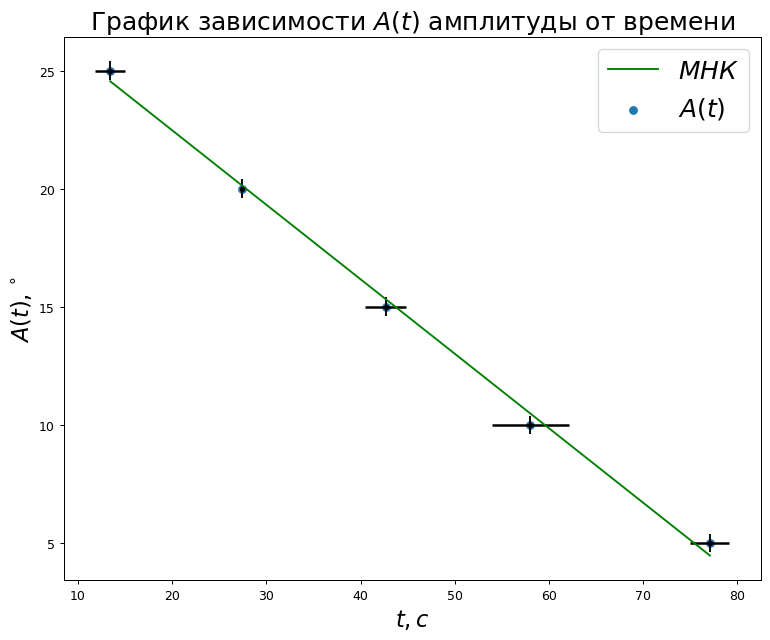
Найдем СКО для

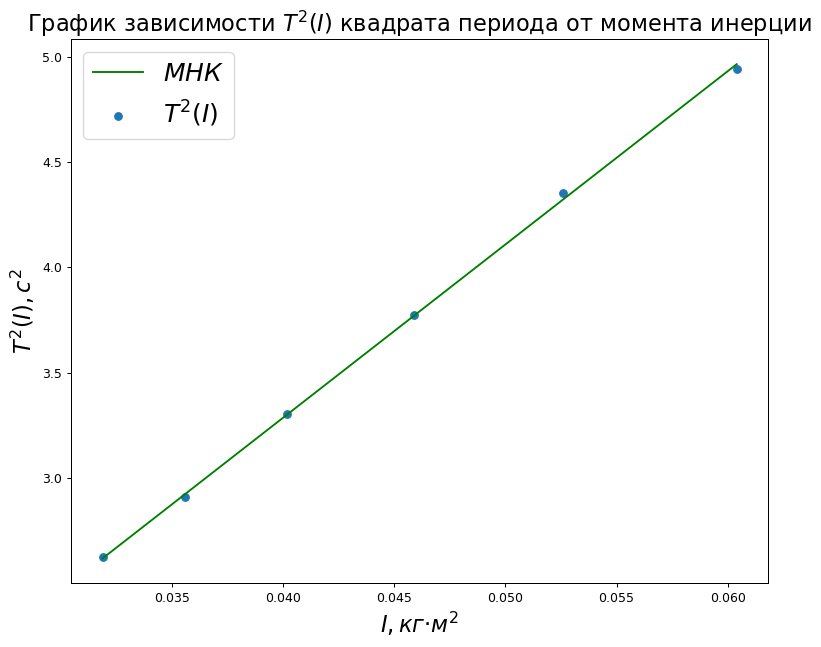
*-*СКО для (формула 9)

***-*** доверительный интервал для ширины зоны застоя (доверительная вероятность = 0.95)

Найдем погрешность

*–*абсолютная погрешность

**Графики (перечень графиков).**  
****

****

1. **Итоговые результаты**

**-** ширина зоны застоя

*-* расстояние от оси вращения до центра масс

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0,6523 | 0,7231 | 0,8212 | 0,9384 | 1,0831 | 1,2296 |
|  | 0,71 | 0,79 | 0,88 | 1,00 | 1,14 | 1,29 |