

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МАТЕМАТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Отчёт по лабораторной работе №1(г)

**«Многократные прямые измерения физических величин
и обработка результатов наблюдения»**

Выполнил студент:

Белобородов Дмитрий Александрович
группа: 23.C02-мм

Проверил:

к.ф.-м.н., доцент
Кац Виктор Михайлович

Санкт-Петербург, 2025 г.

Содержание

1	Введение	2
1.1	Задачи работы	2
2	Основная часть	2
2.1	Теоретическая часть	2
2.2	Эксперимент	3
2.3	Обработка данных и обсуждение результатов	5
	Графики	7
3	Выводы	10
4	Ссылки	10

1 Введение

Во время различных научных экспериментов часто возникает задача определить некоторую физическую величину при помощи измерительных приборов. При измерении невозможно получить ее абсолютно точное значение, так как не существует идеальных измерительных инструментов и методов.

По этой причине, после произведённого измерения физической величины, нужно указать погрешность измерения.

На значение конкретного измерения влияют систематические и случайные погрешности. Их источниками могут являться сами измерительные приборы. Кроме того, погрешность может возникать из-за несовершенства методики измерения и промахов самого экспериментатора. Для качественной оценки погрешности необходимо многократно измерять нужную величину.

1.1 Задачи работы

Таким образом, задачами данной работы являются:

1. Освоить методику использования измерительного прибора для многократного прямого измерения физической величины.
2. Выполнить простейшую статистическую обработку серии результатов наблюдений при прямых измерениях.

2 Основная часть

2.1 Теоретическая часть

Для оценки погрешности измерения физическую величину необходимо измерить несколько раз. Таким образом, будет получена соответствующая выборка:

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \quad (1)$$

Значения из выборки отличаются от истинного значения измеряемой физической величины. Это вызвано влиянием погрешностей на каждое единичное измерение.

Необходимо определить, что целесообразнее всего считать результатом измерения. В качестве оптимального значения измеряемой величины (то есть результата измерения) принимается среднее арифметическое.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

Приняв, что измеряемая величина равна среднему значению, можно производить дальнейший анализ полученных данных. Стоит убедиться в отсутствии

дрейфа - изменением значений с течением времени. Дальнейший анализ полученной выборки состоит в рассмотрении распределения результатов наблюдения с помощью гистограммы, графика зависимости или наблюдении результатов на числовой оси.

С помощью графика зависимости можно определить дисперсию распределения (среднюю квадратическую погрешность отдельного наблюдения). Кроме того, дисперсию можно найти по приближенной формуле (6):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1} (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

Средняя квадратичная погрешность среднего связана с дисперсией следующей формулой:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (4)$$

где n - число измерений. Интервал, внутрь которого с заданной вероятностью попадает истинное значение задаётся следующим выражением:

$$x = \bar{x} \pm \sigma_{\bar{x}}, \quad (5)$$

2.2 Эксперимент

Лабораторная работа заключается в измерении электронным частотомером ЧЗ-32 частоты следования импульсов.

От генератора сигналов на частотомер подается последовательность прямоугольных импульсов, заданных параметров. Частота следования импульсов измеряется с помощью частотомера на двух шкалах: грубой и точной. В качестве генератора импульсов используется генератор Г5-15, а в качестве частотомера – ЧЗ–32.

Схема установки приведена на рис. 1. На рис. 2 представлена фотография установки, сделанная во время проведения лабораторной работы.

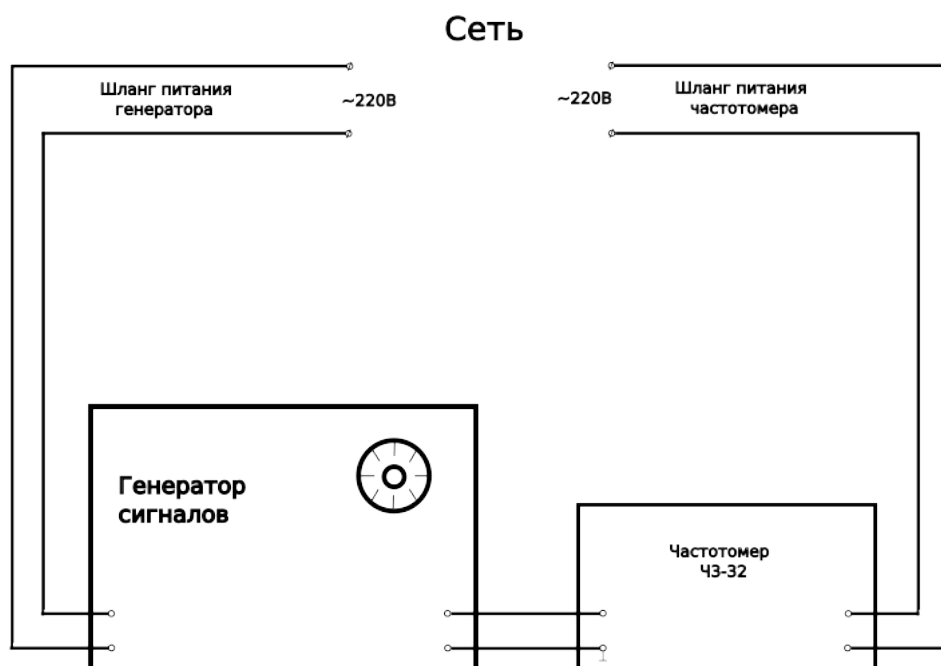


Рис. 1. Схема установки

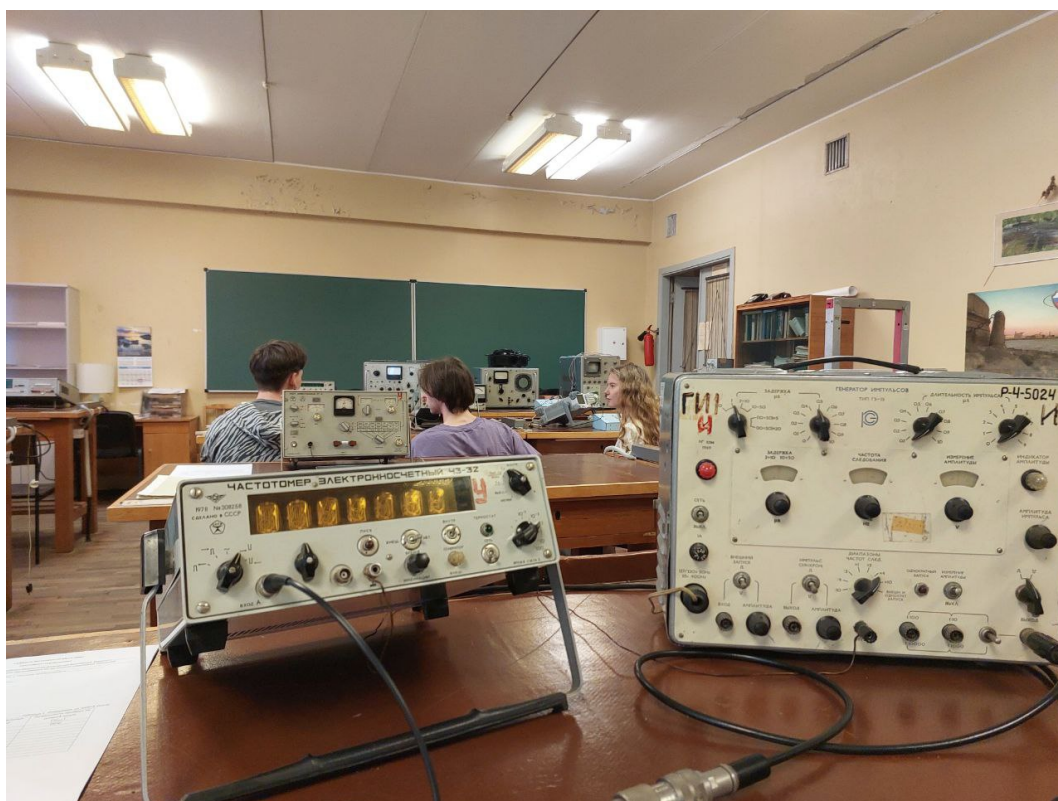


Рис. 2. Установка

2.3 Обработка данных и обсуждение результатов

Вычисление погрешности прибора Δf производится по следующим формулам:

$$\gamma_f = \frac{\Delta f}{f_x} * 100\% \quad (6)$$

$$\gamma_f = \pm(\gamma_0 + \frac{1}{(f_x * T)}) * 100, \quad (7)$$

где γ_f - относительная погрешность прибора, $\gamma_0 = \pm 5 * 10^{-7}$, $T = 0.1$ с на грубой шкале, $T = 1$ с на точной шкале.

На грубой шкале было произведено 10 измерений, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Измерения на грубой шкале

№ п.п.	Диапазон показаний использованной шкалы прибора	Результаты отдельных наблюдений (f_i)	Погрешность прибора на данной шкале ($\Delta f_{\text{приб}}$)
	кГц	кГц	кГц
1	0-10 ⁵	4.56	0.0102
2	0-10 ⁵	4.54	0.0102
3	0-10 ⁵	4.54	0.0102
4	0-10 ⁵	4.56	0.0102
5	0-10 ⁵	4.56	0.0102
6	0-10 ⁵	4.56	0.0102
7	0-10 ⁵	4.58	0.0102
8	0-10 ⁵	4.56	0.0102
9	0-10 ⁵	4.58	0.0102
10	0-10 ⁵	4.56	0.0102

Так же было получено $\bar{f} = 4.56$ кГц.

На точной шкале погрешность прибора $\Delta f_{\text{приб}}$ составила 0.001000 кГц. Результаты 50 измерений, произведенных на точной шкале представлены в таблице 2.

Таблица 2. Измерения на точной шкале

№ п.п.	Результаты отдельных наблюдений (f_i)	Случайные откло- нения от среднего $d_i = f_i - \bar{f}$	Погрешность прибора на данной шкале $d_i^2 =$ $(f_i - \bar{f})^2$
	кГц	кГц	кГц ²
1	4.566	0.022	0.000484
2	4.564	0.020	0.000400
3	4.564	0.020	0.000400
4	4.563	0.019	0.000361
5	4.562	0.018	0.000324
6	4.564	0.020	0.000400
7	4.550	0.006	0.000036
8	4.542	-0.002	0.000004
9	4.540	-0.004	0.000016
10	4.538	-0.006	0.000036
11	4.542	-0.002	0.000004
12	4.542	-0.002	0.000004
13	4.542	-0.002	0.000004
14	4.540	-0.004	0.000016
15	4.542	-0.002	0.000004
16	4.542	-0.002	0.000004
17	4.542	-0.002	0.000004
18	4.542	-0.002	0.000004
19	4.542	-0.002	0.000004
20	4.542	-0.002	0.000004
21	4.544	0.000	0.000000
22	4.544	0.000	0.000000
23	4.544	0.000	0.000000
24	4.544	0.000	0.000000
25	4.544	0.000	0.000000
26	4.542	-0.002	0.000004
27	4.542	-0.002	0.000004
28	4.540	-0.004	0.000016
29	4.540	-0.004	0.000016
30	4.542	-0.002	0.000004
31	4.540	-0.004	0.000016
32	4.542	-0.002	0.000004
33	4.540	-0.004	0.000016
34	4.540	-0.004	0.000016
35	4.540	-0.004	0.000016
36	4.538	-0.006	0.000035
37	4.540	-0.004	0.000016
38	4.540	-0.004	0.000016

№ п.п.	Результаты отдельных наблюдений (f_i)	Случайные откло- нения от среднего $d_i = f_i - \bar{f}$	Погрешность прибора на данной шкале $d_i^2 =$ $(f_i - \bar{f})^2$
	кГц	кГц	кГц ²
39	4.540	-0.004	0.000016
40	4.540	-0.004	0.000016
41	4.540	-0.004	0.000016
42	4.538	-0.006	0.000036
43	4.540	-0.004	0.000016
44	4.538	-0.006	0.000036
45	4.540	-0.004	0.000016
46	4.538	-0.006	0.000036
47	4.538	-0.006	0.000036
48	4.538	-0.006	0.000036
49	4.542	-0.002	0.000004
50	4.541	-0.003	0.000009
	$\bar{f} = 4.544$	$d_i = 0.004$	$d_i^2 = 0.0002907$

Графики

На рис. 3 приведён график зависимости результатов наблюдений от времени.

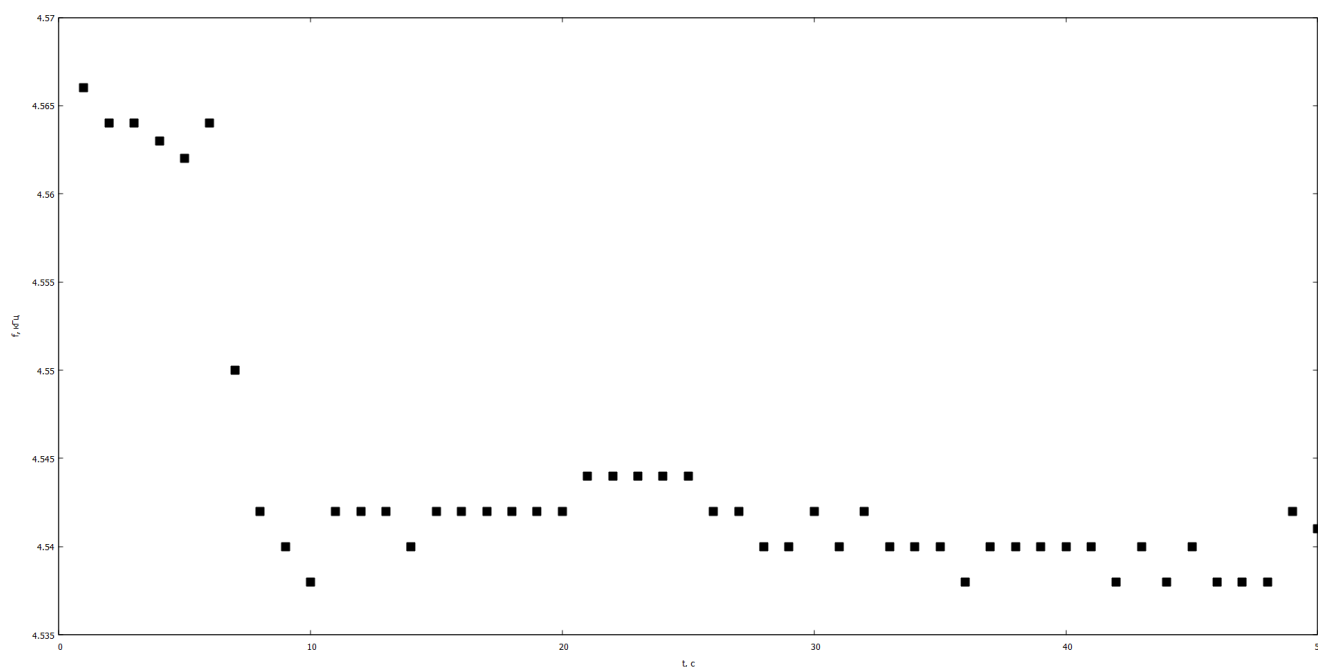


Рис. 3. Зависимость результатов наблюдений от времени

На рис. 4 представлено распределение результатов наблюдений на числовой оси.

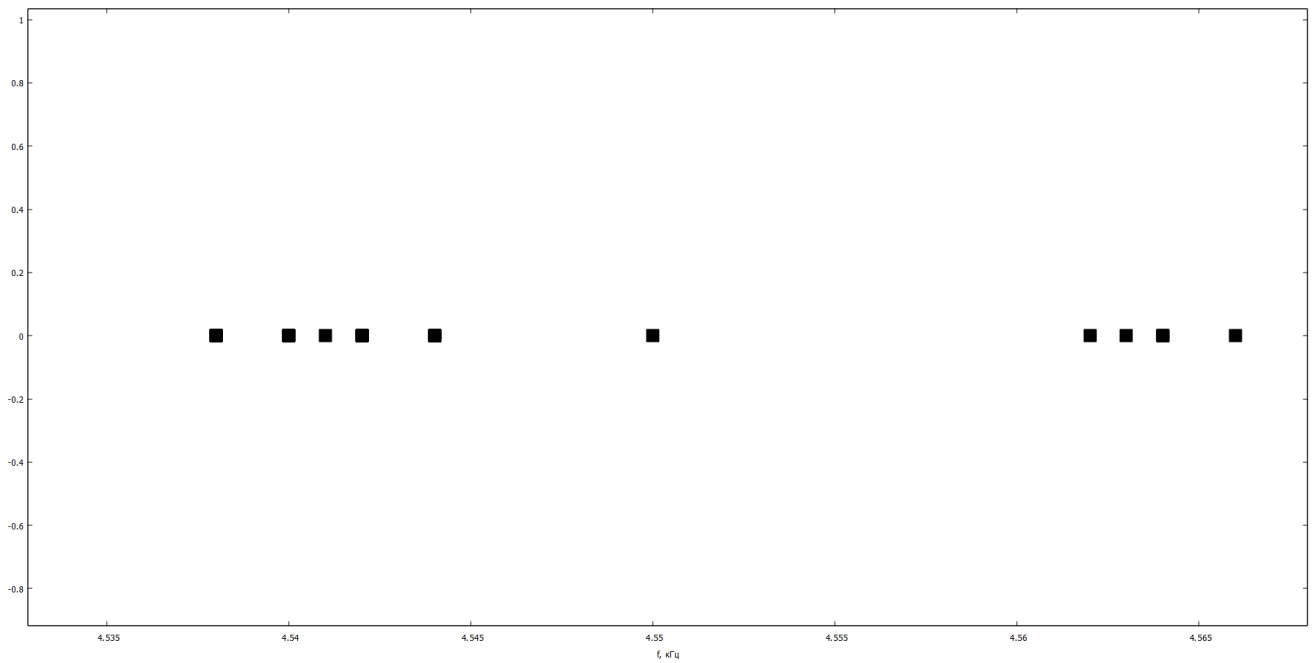


Рис. 4. Распределение результатов наблюдений на числовой оси

Таблица 3. Таблица распределения результатов

Номер интервала	Границы интервалов	Число случаев(Δn), когда результат наблюдения попадает в данный интервал	Доля (часть) полного числа результатов, по- падающих в этот ин- тервал $\delta n = \frac{\Delta n}{n}$
1	[4.538,4.542)	23	0.46
2	[4.542,4.546)	20	0.4
3	[4.546,4.550)	1	0.02
4	[4.550,4.554)	0	0
5	[4.554,4.568)	0	0
6	[4.568,4.562)	2	0.04
7	[4.562,4.566)	4	0.08

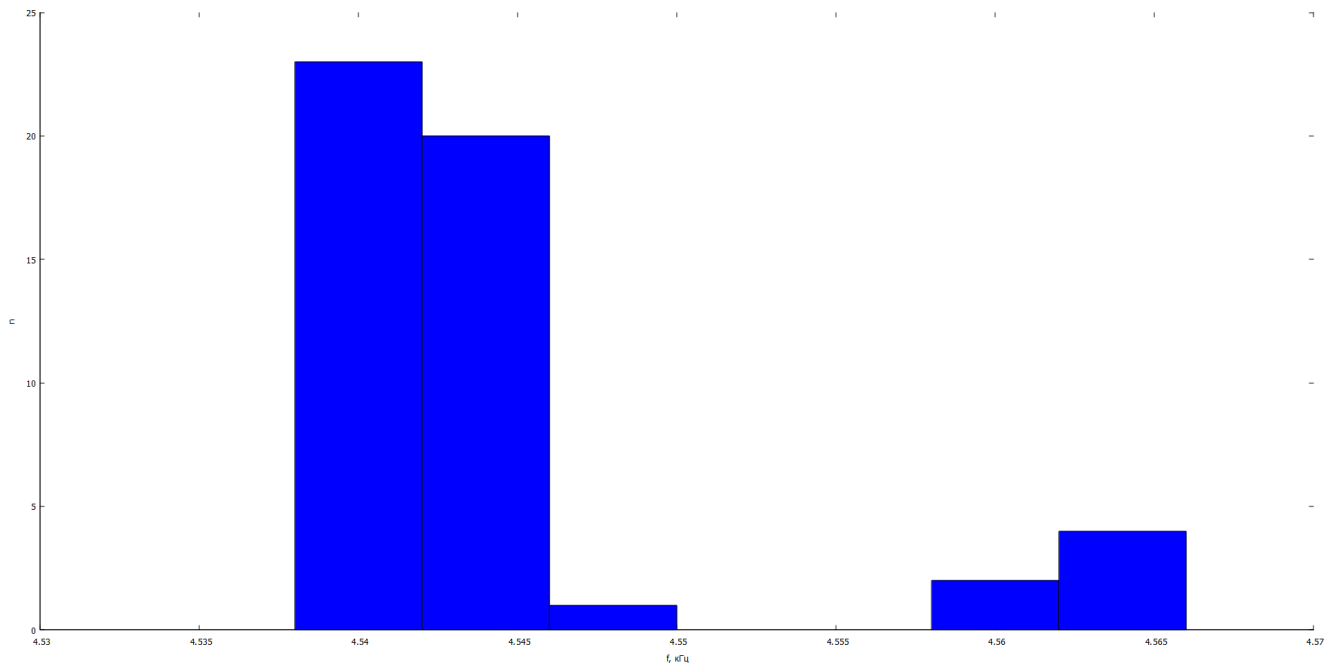


Рис. 5. Распределение результатов наблюдений: гистограмма

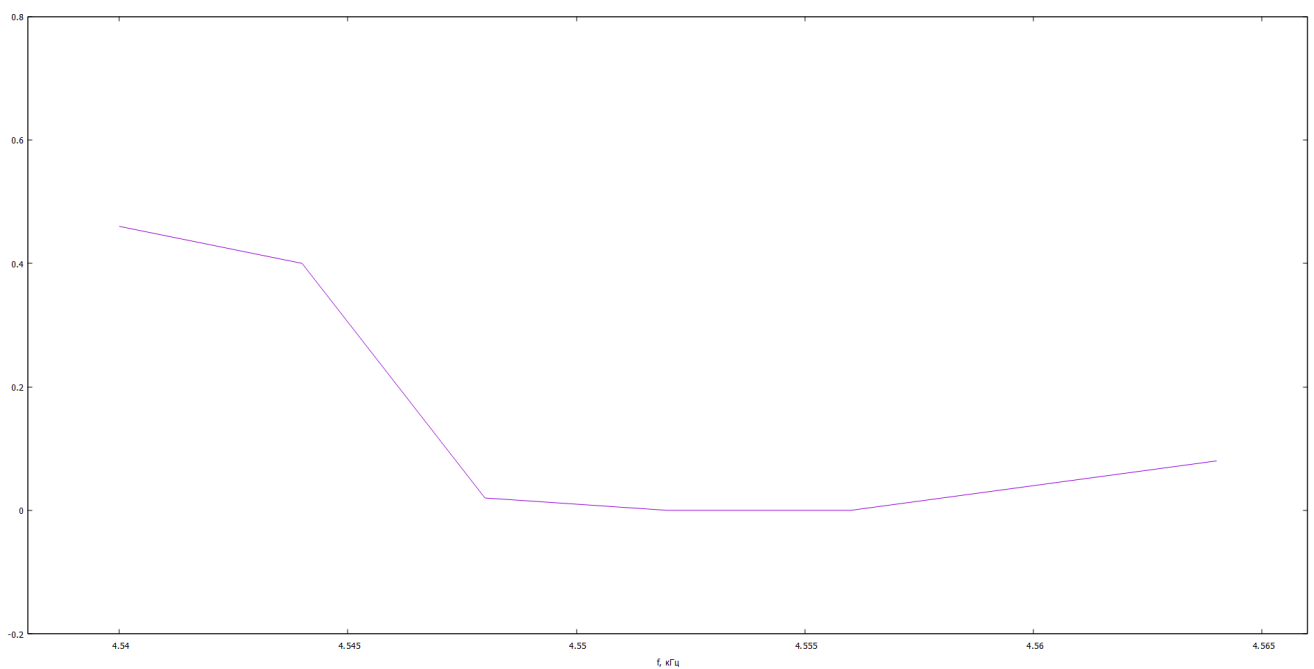


Рис. 6. Распределение результатов наблюдений: график

Вычисленные величины:

Дисперсия: $\sigma = 0.007780$

Средняя квадратичная погрешность среднего: $\sigma_f = 0.001100$

$f = 4.544 \pm 0.001100$

Так как случайная и системная погрешность одного порядка, применяем формулу: Суммарная погрешность: $\sigma = \sqrt{(\frac{\Delta f}{3})^2 + \sigma_f^2}$

$\sigma = 0,001065$

3 Выводы

В процессе этой лабораторной работы я ознакомился с методиками использования прибора (частотомера ЧЗ-32) для многократного измерения частоты. Кроме этого, я научился выполнять анализ, полученных данных, путём построения таблиц распределения, графиков, гистограмм; вычислять дисперсию, среднюю квадратичную погрешность среднего.

4 Ссылки

Исходный код - <https://github.com/st117207/Workshop1>