

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций  
Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
СибГУТИ

Кафедра ИКСС

Отчет по лабораторной работе №1.4  
“Упрощенная процедура обработки результатов прямых измерений с  
многократными наблюдениями”  
Вариант 26

Выполнил  
студент  
группы ММ-  
11:  
Шумилов А.Е.  
Проверил преподаватель:

Новосибирск 2023 г.

## 1. Цель работы.

Ознакомление с упрощенной процедурой обработки результатов прямых измерений с многократными наблюдениями. Получение, применительно к упрощенной процедуре, навыков обработки результатов наблюдений, оценивания погрешностей результатов измерений и планирования количества наблюдений.

## 2. Программа лабораторной работы.

2.1. Выполнить независимые многократные наблюдения в автоматическом режиме.

2.2. Произвести автоматизированную упрощенную процедуру обработки результатов независимых многократных наблюдений.

2.3. Оформить полученные результаты в отчете. 2.4. Провести анализ и сделать выводы по работе.

## 3. Метрологические характеристики.

Модель электронного цифрового мультиметра служит для измерения постоянного тока и напряжения, измерения среднеквадратических значений тока и напряжения в цепях переменного тока синусоидальной формы, измерения сопротивления по постоянному току. Ниже приведены некоторые характеристики модели:

- в режиме измерения постоянного и переменного напряжения пределы измерения могут выбираться в диапазоне от 1,0 мВ до 200 В;
- при измерении напряжения могут быть установлены следующие поддиапазоны: от 0,0 мВ до 199,9 мВ; от 0,000 В до 1,999 В; от 0,00 В до 19,99 В; от 0,0 В до 199,9 В.
- диапазон рабочих-частот от 20 Гц до 100 кГц;
- пределы допускаемых значений основной относительной погрешности при измерении напряжения равны:

$$\delta = \pm \left[ 0,05 + 0,02 \left( \frac{U_K}{U} - 1 \right) \right], \%$$

- при измерении переменного напряжения во всем диапазоне частот, где  $U_K$  - конечное значение установленного предела измерений.  $U$  - значение измеряемого напряжения на входе мультиметра.

#### 4. Схема измерений.

Лабораторный стенд представляет собой LabVIEW компьютерную модель, располагающуюся на рабочем столе персонального компьютера (рис. 3.1).

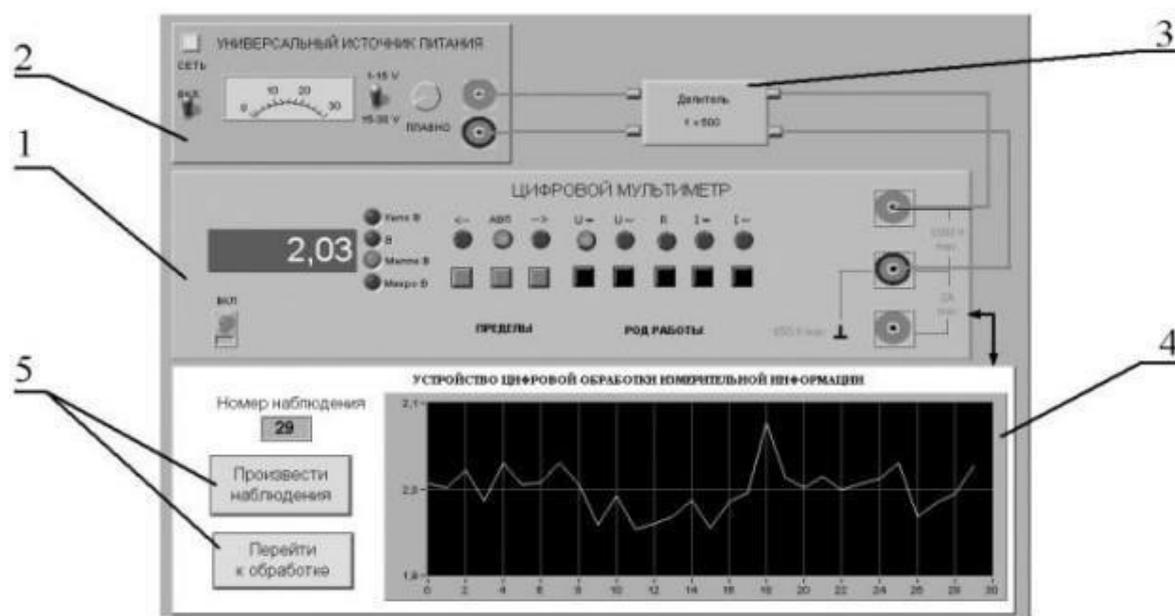


Рис. 1. Вид модели лабораторного стенда на экране монитора компьютера при выполнении лабораторной работы №1.4

- 1 - электронный цифровой мультиметр;
- 2 - универсальный источник питания (УИП);
- 3 - делитель напряжения;
- 4 - индикатор устройства обработки измерительной информации;
- 5 - органы управления устройством обработки измерительной информации.

Схема соединения приборов:



## 5. Выполнение задачи.

### 5.1 условие задачи:

В нормальных условиях произведено пятикратное измерение частоты. Класс точности измерителя частоты  $\gamma$  задан в таблице 1. Предельное (конечное) значение шкалы частотомера 150 Гц. Используя результаты наблюдений, определить:

- результат многократных наблюдений;
- оценку СКО результата наблюдения;
- оценку СКО результата измерения;
- доверительные границы случайной составляющей погрешности результата измерения для заданной доверительной вероятности;
- предел допускаемой абсолютной погрешности средства измерений (СИ) (оценку инструментальной погрешности);
- доверительные границы суммарной (случайной и инструментальной) погрешности.

Записать результат измерения частоты согласно МИ 1317-2004.

Результаты расчетов по задаче свести в таблицу.

Таблица №1- Исходные данные к задаче лабораторной работы .

i, № наблюдения	1	2	3	4	5
f, Гц	73,40	73,34	73,38	73,33	73,29
P - доверительная вероятность	0,900				
Класс точности средства измерения (СИ) $\gamma$ , %	0,1				

### 5.2 расчет задачи:

#### 5.2.1 среднее арифметическое значение результатов $\bar{x}$ :

$$\bar{f} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i = \frac{1}{5} (73,40 + 73,34 + 73,38 + 73,33 + 73,29) = 73,35 \text{ Гц}$$

#### 5.2.2 оценка СКО результата наблюдений S:

$$S = \sqrt{\square}$$

Погрешность округления:

$$\delta_{окр} = \frac{S_{окр} - S}{S} * 100\% = \frac{0.112 - 0.111803}{0.111803} * 100\% = 0.2\% (\dot{.}5\%)$$

6.2.3 оценка среднего квадратического отклонения результата измерения  $S(f)$

:

$$S(f) = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Погрешность округления:

$$\delta_{окр} = \frac{S(f)_{окр} - S(f)}{S(f)} * 100\% = \frac{0.05 - 0.0499998}{0.0499998} * 100\% = 0,0004\% (\dot{.}5\%)$$

5.2.4 граница доверительного интервала случайной составляющей погрешности результата измерений  $\Delta_{дог}$ :

t- взято из таблицы коэффициентов Стьюдента ([3, С.413])

$$\Delta_{дог} = t * S(f) = 2.13 * 0.111803 = 0.238140 \approx 0.24 \text{ Гц}$$

Погрешность округления:

$$\delta_{окр} = \frac{0.24 - 0.238140}{0.238140} * 100\% = 0.7\% (\dot{.}5\%)$$

5.2.5 предел допускаемой абсолютной погрешности средства измерений (инструментальная погрешность)  $\Delta_{СИ}$ :

$$\Delta_{СИ} = \frac{\gamma * F_{max}}{100\%} = \frac{0.1 * 150}{100\%} = 0.15 \text{ Гц} ([2], \Phi.2.10)$$

5.2.6 отношение предела допускаемой абсолютной погрешности средства измерения к доверительной границе случайной составляющей погрешности результата измерений

$$\frac{\Delta_{СИ}}{\Delta_{дог}} = \frac{0.15}{0.238140} = 0.629$$

5.2.7 границы абсолютной погрешности результата измерений  $\Delta_{\Sigma}$  :

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\square}$$

Погрешность округления:

$$\delta_{окр} = \frac{\Delta_{\Sigma_{окр}} - \Delta_{\Sigma}}{\Delta_{\Sigma}} * 100\% = \frac{0.29 - 0.281444}{0.281444} * 100\% = 3\% (\dot{.}5\%)$$

5.2.8 границы относительной погрешности результата измерений  $\delta_{\Sigma}$

$$\delta_{\Sigma} = \frac{\Delta_{\Sigma}}{f} * 100 = \frac{0.281444}{73.35} * 100 = 0.3837 \approx 0.384\% ([2], С.6)$$

Погрешность округления:

$$\delta_{окр} = \frac{0.384 - 0.3837}{0.3837} * 100\% = 0.01\% (\dot{.}5\%)$$

5.2.9 результаты измерения согласно МИ1317-2004:

$$f = 73.35 \text{ Гц} \pm 0.29 \text{ Гц};$$

$$f=73.35\text{Гц} \pm 0.384\%$$

$n=5$ ;  $P=0.98$ ; условия измерения нормальные.

Таблица №2 Результаты расчетов по задаче

Упрощенная процедура обработки результатов прямых измерений с многократными наблюдениями	
Наименование	Значение
Число многократных наблюдений	5
Среднее арифметическое результатов наблюдений, Гц	73.35
Оценка СКО ряда наблюдений, Гц	$0.111803 \approx 0.112$ $\delta_{окр} = 0,2\%$
Оценка СКО результата измерения, Гц	$0.0499998 \approx 0.05$ $\delta_{окр} = 0.0004\%$
Вычисление доверительных границ погрешности результата измерения	
Доверительная вероятность	0,900
Квантиль распределения Стьюдента	0.1
Доверительные границы случайной составляющей погрешности результата измерений, Гц	$0.238140 \approx 0.24$ $\delta_{окр} = 0,7\%$
Предел допускаемой абсолютной погрешности средства измерений (инструментальная погрешность), Гц	0.15
Отношение предела допускаемой абсолютной погрешности средства измерения к доверительной границе случайной составляющей погрешности результата измерений	0.629
Доверительные границы абсолютной погрешности результата измерений, Гц	$0.281444 \approx 0.29$ $\delta_{окр} = 3\%$
Результаты измерений	$73.35\text{Гц} \pm 0.29\text{Гц}$ $73.35\text{Гц} \pm 0.384\%$ $P=0,900$ $n=5$ Условия измерения нормальные

## 6. Выполнение лабораторной работы

$$P = 0,990 U = 20 \text{ мВ}$$

$$n_1 = 4, n_2 = 23, n_3 = 30$$

Таблица 4

*процедура обработки результатов прямых измерений с многократными наблюдениями*

<b>Наименование</b>	<b>Значение</b>		
Число многократных наблюдений	4	23	30
Среднее арифметическое результатов наблюдений, мВ	19.3042	19.2582	19.1820
Оценка СКО ряда наблюдений, мВ	0.0226	0.0223	0.0546
Оценка СКО результата измерений, мВ	0.0113	0.0042	0.0100
<b><i>Вычисление доверительных границ погрешности результата измерения</i></b>			
Доверительная вероятность	0.990		
Квантиль распределения Стьюдента	5.8409	2.8187	2.7563
Доверительные границы случайной составляющей погрешности результата измерений, мВ	0.0661	0.0131	0.0275
Предел допускаемой абсолютной погрешности средства измерений (инструментальная погрешность), мВ	0.0458	0.0458	0.0457
Отношение предела допускаемой абсолютной погрешности средства измерения к доверительной границы случайной составляющей погрешности	0.6931	3.4885	1.6660

Оценка СКО

результата измерений			
Доверительные границы абсолютной погрешности результата измерений, мВ	0.0804	0.0476	0.0534
Результаты измерений, мВ	19.30±0.08	19.25±0.05	19.19±0.05

## 7. Вывод.

В ходе лабораторной работы была освоена работа с упрощенной процедурой обработки результатов прямых измерений с многократными наблюдениями. Теоретически, отношение инструментальной погрешности к доверительной границе случайной составляющей погрешности результата измерения должна увеличиваться с ростом числа многократных наблюдений. На практике это частично подтвердилось, но частично нет, так как результат второго измерения в разы больше остальных.  $0,6931 < 3.4885 > 1.6660$

## 8. Литература

- Упрощенная процедура обработки результатов прямых измерений с многократными наблюдениями. Л.В. Гребцова, И.Н. Запасный, В.Б. Папэ, В.И. Сметанин; С.6. Новосибирск. 2010
- Оценка инструментальных погрешностей при экспериментальных исследованиях. Методическое пособие под редакцией Н.И. Горлова, И.Н. Запасного, В.И. Сметанина, Новосибирск, 2015г.
- Метрология, стандартизация и измерения в технике связи. Под редакцией Б.Г. Хромого, М., Радио и Связь, 1986г.