

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра приборостроения**

**Допущены**

к проведению занятий в 2016-2017 уч.году

Заведующий кафедрой

Профессор А.И. Потапов

«01» сентября 2016 г.

## **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ** для проведения лабораторных занятий по учебной дисциплине

**«ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ»**

**Направление подготовки:** *12.03.01 «Приборостроение»*

**Специализация (профиль):** *Приборы и методы контроля качества и диагностики»*

**Разработал:** *доцент Морокина Г.С.*

*Обсуждены и одобрены на заседании кафедры  
Протокол № 1 от 7 сентября 2016 г.*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2016**

Лабораторная работа №1.

### **Калибровка и градуировка измерительных приборов.**

Цель работы: изучение метрологических вопросов при калибровке, градуировке и поверке приборов.

Этапы работы: измерение метрологических параметров прибора.

Проведение измерений на мерах. Установка нуля: нижняя кнопка установки нуля на передней панели справа.

Затем подводится мера под контакт, там где расположен бумажный эталон и проводятся неоднократные измерения (10 измерений).

Во всех задачах студент выбирает вариант, номер которого совпадает с последней цифрой его шифра.

Одним прибором в одинаковых условиях была 10 раз измерена одна и та же образцовая мера (результаты измерений даны в табл. 1). По этим опытным данным:

- 1) установить наличие грубой погрешности и исключить ее;
- 2) оценить среднее квадратическое отклонение погрешности методом размаха;
- 3) вычислить наилучшие оценки систематической погрешности и/среднего квадратического отклонения погрешности;
- 4) построить доверительные интервалы для их истинных значений.

Указание. Существует несколько методов выявления грубой погрешности (анормального наблюдения). Часть из них изложена в ГОСТ 11.002 — 73 «Правила оценки анормальности результатов наблюдений». Применить можно также и следующий метод, требующий минимума вычислений.

Расположим данные в порядке возрастания:  $x_1, x_2, \dots, x_{10}$ .  
«Выскакивающий» результат либо самый большой ( $x_{10}$ ), либо самый

маленький ( $x_1$ ). Вычислим отношение:  $\frac{x_{10} - x_9}{x_{10} - x_1}$  или  $\frac{x_2 - x_1}{x_{10} - x_1}$ . Выберем уровень достоверности оценки 0,95 или 0,99, и по числу данных  $n = 10$  найдем граничное значение отношения (см. табл. 1. Приложения). Если вычисленное значение отношения, больше граничного, «выскакивающее» данное следует исключить из дальнейших расчетов как следствие грубой погрешности.

Напомним, что погрешность измерения равна разности между результатом измерения и размером образцовой меры, а систематическая погрешность — математическое ожидание погрешности измерения. Очевидно, среднее квадратическое отклонение погрешности измерения будет равно среднему квадратическому отклонению результата измерения. Его оценка методом размаха может быть получена по формуле

$$\tilde{\sigma} = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{d_n} \quad (1)$$

где  $x_{\max} - x_{\min}$  — размах выборки (коэффициент  $d_n$  находится по табл. 2 )

Таблица 1

### Критерий для исключения грубой погрешности

Уровень достоверности	n									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
95%	0,941	0,765	0,642	0,560	0,597	0,468	0,437	0,412	0,392	0,376
99%	0,988	0,889	0,780	0,698	0,637	0,590	0,555	0,527	0,502	0,482

Таблица 2

### Коэффициент $d_n$ для оценки $\sigma$ методом размаха

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$d_n$	1,13	1,69	2,06	2,33	2,53	2,70	2,85	2,97	3,08	3,17	3,26

Таблица 3

### Коэффициенты для расчета доверительных интервалов

k	$\alpha$

	0,90			0,95			0,99		
	$t_{\frac{1+\alpha}{2}}$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$t_{\frac{1+\alpha}{2}}$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$t_{\frac{1+\alpha}{2}}$	$\gamma_1$	$\gamma_2$
4	2,13	0,65	2,37	2,78	0,60	2,87	4,60	0,52	4,39
6	1,94	0,69	1,92	2,45	0,64	2,20	3,71	0,57	2,98
8	1,86	0,72	1,71	2,31	0,68	1,92	3,36	0,60	2,44
10	1,81	0,74	1,59	2,23	0,70	1,76	3,17	0,63	2,15
12	1,78	0,76	1,52	2,18	0,72	1,65	3,06	0,65	1,98
14	1,76	0,77	1,46	2,14	0,73	1,58	2,98	0,67	1,85
16	1,75	0,78	1,42	2,12	0,74	1,52	2,92	0,68	1,76
18	1,73	0,79	1,38	2,10	0,76	1,48	2,88	0,69	1,70
20	1,72	0,80	1,36	2,09	0,76	1,44	2,84	0,71	1,64
25	1,71	0,82	1,31	2,06	0,78	1,38	2,79	0,73	1,54
30	1,70	0,83	1,27	2,04	0,80	1,34	2,75	0,75	1,48

Таблица 1

Заданные величины	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Размер образцовой меры, мм	8,000	40,200	3,510	19,500	12,100	15,200	1,0000	5,200	10,000	24,500
Результаты измерений, мм	7,984	40,36	3,500	20,02	12,24	15,00	1,0006	5,171	10,10	25,06
	8,003	39,90	3,468	20,29	11,95	15,12	1,0009	5,199	10,00	24,70
	7,992	39,72	3,502	20,15	12,02	14,60	1,0014	4,993	9,97	25,15
	7,983	39,94	3,526	20,20	11,54	14,81	1,0004	5,177	10,04	25,24
	7,999	39,47	3,558	20,23	11,81	14,92	1,0024	5,009	9,95	25,22
	7,968	40,26	3,489	19,64	11,76	15,56	0,9996	5,089	10,02	24,34
	8,033	40,30	3,498	20,12	12,04	15,20	0,9998	5,012	10,03	23,97
	7,971	39,83	3,490	19,38	11,97	14,87	0,9996	5,006	9,94	24,64

	7,972	40,64	3,512	19,70	12,25	14,85	0,9983	4,830	10,03	25,27
	7,997	40,13	3,483	19,87	12,12	14,93	1,0008	5,028	9,99	24,59

Наилучшие оценки систематической погрешности  $\tilde{\Delta}_c$  и среднего квадратического отклонения  $S$  находятся по известным формулам математической статистики.

Доверительные интервалы для  $\tilde{\Delta}_c$  и  $\sigma$  находятся по формулам:

$$\tilde{\Delta}_c - t_{\frac{1+\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \Delta_c \leq \tilde{\Delta}_c + t_{\frac{1+\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

и

$$\gamma_1 S \leq \sigma \leq \gamma_2 S \quad (3)$$

Критерий распределения Стьюдента  $t_{\frac{1+\alpha}{2}}$  и коэффициенты  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  находятся по выбранной доверительной вероятности  $\alpha$  к числу степеней свободы  $k$ , равному числу данных минус единица (см. табл. 3 Приложения).

Студент выбирает вариант, номер которого совпадает с последней цифрой его шифра.

1. Вычислить среднее значение измеренной меры  $\bar{X} = \sum_{i=1}^{10} X_i$

2. Провести расчеты для каждого измерения абсолютной погрешности:

$$\Delta X_i = | \bar{X} - X_i |$$

$X_1=1.2$ ;  $X_2=1.0$ ;  $X_3=1.3$ ;  $X_4=1.3$ ;  $X_5=1.0$ ;  $X_6=1.2$ ;  $X_7=1.3$ ;  $X_8=1.5$ ;  
 $X_9=1.4$ ;

$X_{10}=1.6$

Например:  $\bar{X} = (1.2+1.0+1.3+1.3+1.0+1.2+1.3+1.5+1.4+1.6):10=1.28$

1.  $\Delta X_1 = | \bar{X} - X_1 | = | 1.28 - 1.2 | = 0.08$  и т.д.

3. Вычислить относительную погрешность.

$$\sigma^2 = \left( \sqrt{\sum (\bar{X} - X_i)^2} \right) / (n-1)$$

5. Рассчитать коэффициент дисперсии  $D = \sqrt{\sigma^2}$  и вычислить

6. Определить коэффициент вариации  $\kappa = \frac{\sigma}{\bar{X}}$

7. Определить доверительный интервал

Критерий распределения Стьюдента  $t_{\frac{1+\alpha}{2}}$  и коэффициенты  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  находятся

по выбранной доверительной вероятности  $\alpha$  к числу степеней свободы  $k$ , равному числу данных минус единица.



Наилучшие оценки систематической погрешности  $\tilde{\Delta}_c$  и среднего квадратического отклонения  $S$  находятся по известным формулам математической статистики.

Доверительные интервалы для  $\tilde{\Delta}_c$  и  $\sigma$  находятся по формулам:

$$\tilde{\Delta}_c - t_{\frac{1+\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \Delta_c \leq \tilde{\Delta}_c + t_{\frac{1+\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

и

$$\gamma_1 S \leq \sigma \leq \gamma_2 S \quad (3)$$

Критерий распределения Стьюдента  $t_{\frac{1+\alpha}{2}}$  и коэффициенты  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  находятся по выбранной доверительной вероятности  $\alpha$  к числу степеней свободы  $k$ , равному числу данных минус единица (см. табл. 3 Приложения).

Студент выбирает вариант, номер которого совпадает с последней цифрой его шифра.

1. Вычислить среднее значение измеренной меры  $\bar{X} = \sum_{i=1}^{10} X_i$

2. Провести расчеты для каждого измерения абсолютной погрешности:

$$\Delta X_i = \bar{X} - X_i /$$

$X_1=1.2; X_2=1.0; X_3=1.3; X_4=1.3; X_5=1.0; X_6=1.2; X_7=1.3; X_8=1.5;$   
 $X_9=1.4;$   
 $X_{10}=1.6$

Например:  $\bar{X} = (1.2+1.0+1.3+1.3+1.0+1.2+1.3+1.5+1.4+1.6):10=1.28$

1.  $\Delta X_1 = \bar{X} - X_1 = 1.28 - 1.2 = 0.08$  и т.д.

3. Вычислить относительную погрешность.

$$\sigma^2 = \left( \sqrt{\sum (\bar{X} - X_i)^2} \right) / (n-1)$$

5. Рассчитать коэффициент дисперсии  $D = \sqrt{\sigma^2}$  и вычислить

6. Определить коэффициент вариации  $\kappa = \frac{\sigma}{\bar{X}}$

7. Определить доверительный интервал

Критерий распределения Стьюдента  $t_{\frac{1+\alpha}{2}}$  и коэффициенты  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  находятся

по выбранной доверительной вероятности  $\alpha$  к числу степеней свободы  $k$ , равному числу данных минус единица.