



# Издательство и Образовательный Центр "Лучшее Решение"

[лучшееерешение.рф](http://лучшееерешение.рф) [конкурс.лучшееерешение.рф](http://конкурс.лучшееерешение.рф) [квест.лучшееерешение.рф](http://квест.лучшееерешение.рф)  
[лучшийпедагог.рф](http://лучшийпедагог.рф) [publ-online.ru](http://publ-online.ru) [полезныекниги.рф](http://полезныекниги.рф)  
[t-obr.ru](http://t-obr.ru) [1-sept.ru](http://1-sept.ru) [v-slovo.ru](http://v-slovo.ru) [o-ped.ru](http://o-ped.ru) [na-obr.ru](http://na-obr.ru)

## Обработка прямых многократных измерений

**Авторы: Сухинин Сергей Владимирович  
и Гусарова Светлана Васильевна**

**СПБ ГБ ПОУ «Малоохтинский колледж»**

**Аннотация:** Обработка прямых многократных измерений — это важный процесс в научных исследованиях и инженерии, который включает в себя несколько этапов. В этой статье описывается порядок обработки результатов прямых многократных измерений. Сам алгоритм состоит из 7 этапов.

**Ключевые слова:** многократные измерения, обработка результатов.

Последовательность обработки результатов прямых многократных измерений состоит из ряда этапов.

1. Определение точечных оценок закона распределения результатов измерений.

На этом этапе определяются среднее арифметическое значение  $x$  измеряемой величины, СКО результата измерений  $S_x$ . В соответствии с критериями грубые погрешности исключаются, после чего проводится повторный расчет оценок среднего арифметического значения и его СКО.

2. Определение закона распределения результатов измерений или случайных погрешностей.

Здесь по результатам измерений и проведенным расчетам строится гистограмма или полигон. По виду построенных зависимостей может быть оценен закон распределения результатов измерений.

3. Оценка закона распределения по статистическим критериям.

При числе измерений  $n > 50$  для идентификации закона распределения используется критерий Пирсона. При  $50 > n > 15$  для проверки нормальности закона распределения применяется составной критерий. При  $n < 15$  принадлежность экспериментального распределения к нормальному не проверяется.

4. Определение доверительных границ случайной погрешности.

Если удалось идентифицировать закон распределения результатов измерений, то с его использованием находят квантильный множитель  $Z_p$  при заданном значении доверительной вероятности  $P$ . В этом случае доверительные границы случайной погрешности  $\Delta =$

$$+/- Zp * S_{\bar{x}}$$

Здесь  $S_{\bar{x}}$  – СКО среднего арифметического значения. При  $n < 30$  часто используют распределение Стьюдента, при этом доверительные границы случайной погрешности.  $\Delta P = +/- tp * \frac{Sx}{\sqrt{n}}$

Здесь  $tp$  – коэффициент Стьюдента, приведенный в табл. 1,  $n$  – количество измерений.

Таблица 1.- Величина  $tp$  при различных уровнях значимости

n	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001
2	3,08	6,31	12,71	31,82	63,66	127,32	318,3	636,61
3	1,84	2,92	4,3	6,96	9,99	14,09	22,3	31,6
4	1,64	2,35	3,18	4,54	5,84	7,45	10,21	12,92
5	1,53	2,13	2,78	3,75	4,6	5,6	7,17	8,61
6	1,48	2,02	2,57	3,36	4,03	4,77	5,89	6,87
7	1,44	1,94	2,45	3,14	3,71	4,32	5,21	5,96
8	1,41	1,89	2,36	3	3,5	4,03	4,74	5,41
9	1,4	1,8	2,31	2,9	3,36	4,83	4,5	5,04
10	1,38	1,83	2,26	2,82	3,25	3,64	4,3	4,78
11	1,37	1,81	2,23	2,76	3,17	3,5	4,14	4,59

#### 5. Определение границ неисключенной систематической погрешности результата измерения.

Под этими границами понимают найденные нестатистическими методами границы интервала, внутри которого находится неисключенная систематическая погрешность. Границы неисключенной систематической погрешности принимаются равными пределам допускаемых основных и дополнительных погрешностей средств измерений, если их случайные составляющие пренебрежимо малы.

#### 6. Определение доверительных границ погрешности результата измерения.

Данная операция осуществляется путем суммирования СКО случайной составляющей  $S_{\bar{x}}$  и границ неисключенной систематической составляющей  $\theta$  в зависимости от соотношения  $\theta/S_{\bar{x}}$

#### 7. Запись результата измерения.

Результат измерения записывается в виде  $x = \bar{x} \pm \Delta P$  при доверительной вероятности  $P = P_d$ .

Пример:

Произвести обработку результатов измерений, данные которых представлены в Рис 1.

## Результаты измерений

№ п/п	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	36,008	-0,001	0,000001
2	36,008	-0,001	0,000001
3	36,008	-0,001	0,000001
4	36,008	-0,001	0,000001
5	36,010	0,001	0,000001
6	36,009	0	0
7	36,012	0,003	0,000009
8	36,009	0	0
9	36,011	0,002	0,000004
10	36,007	-0,002	0,000004
11	36,012	0,003	0,000009
12	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{11} x_i = 36,009$		$\sum_{i=1}^{11} (x_i - \bar{x})^2 = 0,000031$

Рис 1. Результаты измерений.

1. Определение точечных оценок закона распределения результатов измерений

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{11} X_i = 36,009$$

Среднее квадратическое отклонение результатов измерения

$$Sx = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{11-1}} * 0,000031 = 0,00194$$

Производим проверку на наличие грубых погрешностей в результатах измерения по критерию Диксона. Составим вариационный возрастающий ряд из результатов измерений: 36,007; 36,008; 36,009; 36,010; 36,011; 36,012. Найдем расчетное значение критерия для значения 36,012:

$$K_D = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1} = \frac{36,012 - 36,011}{36,012 - 36,007} = 0,2$$

Как следует из рис. 1, по этому критерию результат 36,012 не является промахом при всех уровнях значимости.

2. Предварительная оценка вида распределения результатов измерений или случайных погрешностей

При числе измерений меньше 15 предварительная оценка вида распределения результатов наблюдений не производится.

3. Оценка закона распределения по статистическим критериям.

При  $n < 15$  принадлежность экспериментального распределения к нормальному не

проверяется.

#### 4. Определение доверительных границ случайной погрешности.

При числе измерений  $n = 11$  используем распределение Стьюдента, при этом доверительные границы случайной погрешности

$$\Delta_p = \pm t_p * S_x / \sqrt{n}$$

Тогда доверительные границы случайной погрешности

$$\Delta_p = \pm 2,23 \frac{0,00194}{\sqrt{11}} = \pm 0,0012$$

#### 5. Определение границ неисключенной систематической погрешности результата измерения

Границы неисключенной систематической погрешности маются равными пределам допускаемых основных и дополнительных погрешностей средства измерения. Для рычажного микрометра допускаемая погрешность равна  $\pm 0,7$  мкм.

#### 6. Определение доверительных границ погрешности результата измерения

Согласно ГОСТ 8.207–76 погрешность результата измерения определяется по следующему правилу. Если границы неисключенной систематической погрешности

Место для уравнения.  $\theta < 0,8 S_x$ , то следует пренебречь систематической составляющей погрешности и учитывать только случайную погрешность результата. В нашем случае  $\theta = 1,4$  мкм, а  $S_x = 2$  мкм, т. е. соотношение  $\theta < 0,8 S_x$  выполняется, поэтому систематической погрешностью пренебрегаем

#### 7. Запись результата измерения.

Результат измерения:  $x = \bar{x} \pm \Delta_p = 36,009 \pm 0,001$  при доверительной вероятности  $P = 0,95$ .