

НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ

НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ТИПА А

К неопределённости типа А относят любые неопределённости, которые, по своей природе, могут быть посчитаны только статистически. Результатом подсчёта является закон распределения $p(q)$, для которого выполняются условия:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} p(q) dq = 1$$

$$\mu_q = \int_{-\infty}^{+\infty} qp(q) dq$$

$$\sigma_q^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (q - \mu_q)^2 p(q) dq$$

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ

Статистическая оценка среднего значения μ_q при n замеров в одинаковых условиях:

$$q = 1/n \sum_{k=1}^n q_k \quad (1)$$

Экспериментальная дисперсия - статистическая оценка дисперсии σ^2 :

$$s^2(q_k) = 1/(n-1) \sum_{j=1}^n (q_j - q)^2 \quad (2)$$

Статистическая оценка дисперсии среднего значения $\sigma(q)^2 = \sigma^2/n$:

$$s^2(q) = s^2(q_k)/n \quad (3)$$

ЗНАЧЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

Неопределённость $u(x_i)$ статистической оценки среднего значения n замеров величины X_i равна $s(X_i)$ (формула 3).

Степень свободы ν_i для значения $u(x_i)$, равная $n-1$ (n - количество измерений величины x_i) обязательно указывается в документации к определению неопределённости типа А.

СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

Статистическая оценка искомой величины Y , обозначаемая y , рассчитывается основываясь на статистических оценках величин x_1, x_2, \dots, x_n : $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Иногда предпочтительнее рассчитать статистическую оценку Y по формуле:

$$y = Y = 1/n \sum_{k=1}^n Y_k = 1/n \sum_{k=1}^n f(X_{1,k}, X_{2,k}, \dots, X_{n,k})$$

ПРИМЕР РАСЧЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПО ТИПУ А

Сложность расчёта неопределённости типа А заключается в правильном выборе метода статистического анализа, так, например, статистическая оценка дисперсии может быть получена по формуле математического ожидания, либо вычислена посредством аппроксимации закона распределения к нормальному распределению с последующим выбором доверительного интервала.

Рассмотрим пример замера диаметра цилиндра, номинальным диаметром 26.5см с помощью микрометра.

Номер замера	Результат замера
1	26.498
2	26.650
3	26.454
4	26.511
5	26.652
6	26.557
7	26.539
8	26.341
9	26.509
10	26.303
11	26.441
12	26.527
13	26.416
14	26.435
15	26.463
16	26.500
17	26.468
18	26.535
19	26.659
20	26.303
21	26.508

Номер замера	Результат замера
22	26.520
23	26.638
24	26.531
25	26.317
26	26.450
27	26.621
28	26.640
29	26.369
30	26.463
31	26.339
32	26.568
33	26.413
34	26.494
35	26.378
36	26.365
37	26.351
38	26.617
39	26.406
40	26.560
41	26.621
42	26.547
43	26.387
44	26.336
45	26.683
46	26.550

Таблица 1. Результат замера диаметра цилиндра с помощью микрометра

Статистическая оценка среднего значения 46 независимых измерений легче всего определяется как среднее арифметическое, по формуле:

$$q = 1/n (\sum_{k=1}^n q_k)$$

$$q = (26.498 + 26.65 + \dots + 26.55) / 46 = \mathbf{26.488}$$

Статистическая оценка дисперсии генеральной совокупности:

$$s^2(q_k) = 1/(n-1) \sum_{j=1}^n (q_j - q)^2$$

$$s^2(q_k) = [(26.498 - 26.488)^2 + (26.65 - 26.488)^2 + \dots + (26.55 - 26.488)^2] / 45 = \mathbf{0.011}$$

Мы получили статистическую оценку дисперсии и значение $\sigma = \sqrt{s^2}$ - экспериментальное значение стандартного отклонения.

Наилучшей статистической оценкой *стандартного отклонения среднего значения* является $\sigma^2(q) = s^2/n$, которую мы получим по формуле стандартной ошибки:

$$s^2(q) = s^2(q_k)/n$$

$$s^2(q) = 0.011 / 46 = \mathbf{0.000239}$$

Данное значение, $s^2(q)$, описывает интервал, в котором ожидается значение μ_q .

Таким образом, для величины диаметра, полученного в результате 46 независимых измерений, неопределённость типа А среднего значения является $u(q) = s(q)$:

$$u_A(q) = 0.015460$$

| ВАЖНО!

Данный пример является простым и не может применяться как общий случай для поиска неопределённости типа А в случаях со сложными моделями измерений. Во многих случаях, результатом измерения является сложная модель калибровки, например, основанная на методе наименьших квадратов. В таких случаях необходимо производить статистический анализ измерений. Для величин, зависящих от нескольких переменных, используется дисперсионный анализ.

НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ТИПА Б

Величины X_i , для которых статистическая оценка была получена не посредством измерений, а на основе некоторой научной информации, называется неопределённостью типа Б. Примером такой информации может послужить: данные предыдущих измерений, опыт, спецификация

производителя, данные калибровки, информация из справочников и другие источники априорных значений.

Правильное определение неопределённости типа Б основывается только на опыте и общем понимании процесса измерения. Неопределённость типа Б может быть также информативна как и неопределённость типа А исключительно в ситуациях, когда неопределённость типа А основывается на относительно малом количестве независимых измерений.

ПРИМЕРЫ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ТИПА Б

Неопределённость типа Б - это общее понятие, поэтому количество примеров может быть неограниченным, но общая идея - это интервал, например, "Доверительный интервал с уровнем доверия 82%", или "Неопределённость в пределах трёх стандартных отклонениях".

ПРИМЕР 1. НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ В СТАНДАРТНЫХ ОТКЛОНЕНИЯХ

В сертификате о калибровке указано, что действительное значение массы образца из нержавеющей стали, номинальным весом 1 кг, равно 1000,000325 г и "Неопределённость массы равна 240 мкг в пределах трёх стандартных отклонениях".

Таким образом, стандартная неопределённость: $u = 240 \text{ мкг}/3 = 80 \text{ мкг}$. Ожидаемая дисперсия: $u^2 = (80 \text{ мкг})^2 = 6,4 \cdot 10^{-9} \text{ г}^2$.

ПРИМЕР 2. НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ В ДОВЕРИТЕЛЬНОМ ИНТЕРВАЛЕ

В сертификате о калибровке указано, что сопротивление образца R_s , с номинальным сопротивлением 10 Ом, равно 10,000742 Ом \pm 129 мкОм и неопределённость 129 мкОм покрывает доверительный интервал с уровнем доверия 99%.

Стандартная неопределённость $u(R_s) = (129 \text{ мкОм})/2,58 = 50 \text{ мкОм}$ (про число 2,58 и доверительный интервал описано в [статье](#)). Относительная неопределённость $u(R_s)/R_s = 5,0 \cdot 10^{-6}$. Ожидаемая дисперсия: $u^2(R_s) = (50 \text{ мкОм})^2 = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ Ом}^2$.

УДК: 001.4 **ГРНТИ:** 90.01.33

Автор статьи: Телятников З.А.

Дата написания статьи: 08.04.2017

Дата редакции статьи: 20.04.2017

Адрес статьи в интернете: <http://k-tree.ru/articles/metrologiya/neopredelennost>

Дата формирования документа: 26.06.2017 20:24

*Все материалы данного файла являются объектами авторского права (в том числе дизайн).
Запрещается копирование, распространение (в том числе путем копирования на другие сайты и ресурсы в Интернете) или любое иное использование информации и объектов без предварительного согласия правообладателя.*