

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 21.4см с помощью микрометра.

Номер замера	Результат замера
1	21.473
2	21.296
3	21.571
4	21.580
5	21.391
6	21.327
7	21.552
8	21.358
9	21.494
10	21.564
11	21.310
12	21.531
13	21.550
14	21.527
15	21.597
16	21.490
17	21.284
18	21.455
19	21.508
20	21.556
21	21.429

Номер замера	Результат замера
22	21.291
23	21.313
24	21.493
25	21.229
26	21.496
27	21.312
28	21.448
29	21.309
30	21.417
31	21.474
32	21.582
33	21.514
34	21.444
35	21.561
36	21.305
37	21.572
38	21.513
39	21.463
40	21.465
41	21.476

Таблица 1. Результат замера диаметра цилиндра с помощью микрометра

Статистическая оценка среднего значения 41 независимого измерения легче всего определяется как среднее арифметическое, по формуле:

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

$$q = (21.473 + 21.296 + \dots + 21.476) / 41 = \mathbf{21.452}$$

Статистическая оценка дисперсии генеральной совокупности:

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

$$s^2(q_k) = [(21.473 - 21.452)^2 + (21.296 - 21.452)^2 + \dots + (21.476 - 21.452)^2] / 40 = \mathbf{0.011}$$

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

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

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

$$s^2(q) = 0.011 / 41 = \mathbf{0.000268}$$

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

Таким образом, для величины диаметра, полученного в результате 41 независимого измерения, неопределённость типа А среднего значения является $u(q) = s(q)$:

$$u_A(q) = 0.016371$$

| 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: $u^2(R_s) = (50 \text{ мкОм})^2 = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ Ом}^2$.

Дата редакции статьи: 20.04.2017

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

Дата формирования документа: 22.08.2017 17:59

*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.*