

В идеальном случае все смещения должны быть убраны до начала эксперимента

В идеальном случае все смещения должны быть убраны до начала эксперимента.
В случае серии измерений:

В случае единичного измерения погрешности типа А можно учесть следующим образом

$$s_A(y) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}.$$

$$u_A(y) = s_A(y)$$

В случае n измерений погрешности типа А можно учесть следующим образом:

$$s_A(y) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}.$$

$$u_A(\bar{y}) = \frac{s_A(y)}{\sqrt{n}}$$

В случае n измерений в классическом подходе число степеней свободы равняется n .

Погрешности типа Б учитываются исходя из спецификации измерительного оборуд

$$u_B(y) = \frac{U}{2}$$

Для высокоточных измерений распределение считают равномерным, в этом случае:

$$u_B(y) = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

Этот же подход используют для приборов с неизвестным распределением или для п

Для измерений приборами с аналоговой шкалой используют треугольное распредел

$$u_B(y) = \frac{U}{\sqrt{6}}$$

Если использовано высококачественное поверенное оборудование, тогда можно счи

$$v_B \cong \frac{1}{2} \left[\frac{\Delta u_B(y)}{u_B(y)} \right]^{-2}$$

Использовано два осциллографа: National Instruments PXI-5124 и Tektronix TDS 302

№	Эталон (V)	Измеритель (V)	ΔV
1	354.0	338.2	15.8
2	350.1	336.6	13.5
3	354.0	337.1	16.9
4	352.2	336.3	15.9
5	354.0	338.0	16.0
6	352.0	337.1	14.9

Прибор	Распределение	u_B
PXI-5124 (измеритель)	Нормальное	1.70 В
TDS 3024 (эталон)	Нормальное	4.05 В

1) Вычисляем среднее квадратичное отклонение эталона:

$$s_A(y) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}.$$

1) Вычисляем среднее квадратичное отклонение по эталону:

$$s_A(y) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}.$$

2) Вычисляем неопределённость типа A эталона:

$$u_{A,\text{std}}(y) = \frac{2.43}{\sqrt{30}} = 0.44 \text{ V}$$

3) Расширенная неопределённость (по RSS):

$$u_{c,\text{std}}(y) = \sqrt{u_{A,\text{std}}^2(y) + u_{B,\text{std}}^2(y)} = \sqrt{(0.44)^2 + (4.05)^2} = 4.07 \text{ V}$$

3) Расширенная неопределённость (по RSS):

$$u_{c,\text{std}}(y) = \sqrt{u_{A,\text{std}}^2(y) + u_{B,\text{std}}^2(y)} = \sqrt{(0.44)^2 + (4.05)^2} = 4.07 \text{ V}$$

4) Считаем степени свободы (по Уэлчу-Саттерсвэйту, TDS 3024 считаем поверенными)

$$v_{\text{eff}} = \frac{u_{c,\text{std}}^4(y)}{\frac{u_A^4(y)}{v_{A,\text{std}}} + \frac{u_B^4}{v_{B,\text{std}}}} = \frac{(4.07)^4}{\frac{(0.44)^4}{29} + \frac{(4.05)^4}{+\infty}} \gg 30$$

5) Из таблиц берём t_p при степенях свободы $\gg 30$:

$$k = t_{0.975}(30) = 2.04$$

5) Из таблиц берём t_p при степенях свободы $\gg 30$:

$$k = t_{0.975}(30) = 2.04$$

6) Считаем измерения высокоточными:

$$U = ku_c(y) = (2.04)(4.07) \cong 8.3V$$

5) Из таблиц берём t_p при степенях свободы $\gg 30$:

$$k = t_{0.975}(30) = 2.04$$

6) Считаем измерения высокоточными:

$$U = ku_c(y) = (2.04)(4.07) \cong 8.3V$$

7) Тогда доверительный интервал измерений по эталону:

$$\bar{y}_{\text{std}} \pm U = 353.5 \pm 8.3V$$

1) Аналогично для единичного измерения тестера:

$$u_A(y) = 0.91 \text{ V}$$

$$u_B(y) = 1.70 \text{ V}$$

1) Аналогично для единичного измерения тестера:

$$u_A(y) = 0.91 \text{ V}$$

$$u_B(y) = 1.70 \text{ V}$$

2) Тогда сдвиг можно посчитать как:

$$\begin{aligned}\hat{\delta} &= \frac{\sum_{i=1}^{30} (\text{Standard}_i - \text{Tester}_i)}{30} = \bar{y}_{\text{Standard}} - \bar{y}_{\text{Tester}} \\ &= 353.5 - 337.6 = 15.9 \text{ V}.\end{aligned}$$

3) Поскольку было проведено 30 измерений, тогда:

$$u(\hat{\delta}) = \frac{2.90}{\sqrt{30}} = 0.53$$

3) Поскольку было проведено 30 измерений, тогда:

$$u(\hat{\delta}) = \frac{2.90}{\sqrt{30}} = 0.53$$

4) Расширенная неопределённость измерений тестера:

$$\begin{aligned} u_c(y) &= \sqrt{u_A^2(y) + u_B^2(y) + u^2(\hat{\delta})} \\ &= \sqrt{(0.91)^2 + (1.70)^2 + (0.53)^2} = 1.99 \text{ V} \end{aligned}$$

5) Для упрощения расчетов примем, что данные производителя тестера верны, тогда

$$\begin{aligned} v_{\text{eff}} &= \frac{u_c^4(y)}{\frac{A_u(y)}{v_A} + \frac{u_B^4(y)}{v_B} + \frac{u^4(\delta)}{v_\delta}} \\ &= \frac{(1.99)^4}{\frac{(0.91)^4}{29} + \frac{(1.70)^4}{+\infty} + \frac{(0.53)^4}{29}} \gg 30 \end{aligned}$$

6) Уточнение доверительного интервала:

$$k = t_{0.975}(30) = 2.04$$

$$U = ku_c(y) = (2.04)(1.99) \cong 4.1$$

7) Итого:

$$\left(\bar{y}_{\text{Tester}} + \hat{\delta}\right) \pm U = (337.6 + 15.9) \pm 4.1 = 353.5 \pm 4.1$$

GUM рекомендует оставлять не более двух или трёх значащих цифр после запятой.

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$$

Здесь X_i - «оценка» случайной величины, Y — «оценка» измеряемой величины.

$$V = IR$$

$$V = IR$$

$$V = f(I, R) = IR.$$

$$V = IR$$

$$V = f(I, R) = IR.$$

Модель повышенной сложности:

$$V = f(I, R_0, T, a) = IR_0[1 + a(T - T_0)]$$

1) Формулировка модели измерения с учётом вспомогательных и поправочных коэф

- 1) Формулировка модели измерения с учётом вспомогательных и поправочных коэф
- 2) Определение распределений для каждой случайной величины, расчёт стандартны

- 1) Формулировка модели измерения с учётом вспомогательных и поправочных коэф
- 2) Определение распределений для каждой случайной величины, расчёт стандартных
- 3) Расчёт суммарной стандартной неопределённости для каждой случайной величины

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

Чаще всего производную не ищут аналитически, а раскладывают в ряд Тейлора, из

4) Далее для каждой случайной величины рассчитывают частную производную в то

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$$

4) Далее для каждой случайной величины рассчитывают частную производную в то

5) Исходное выражение для оценки $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$ измеряемой величины заменяют аппро

В нелинейном случае:

$$\bar{y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_N)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_k = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n f(x_{1,k}, x_{2,k}, \dots, x_{N,k})$$

6) Далее рассчитывается коэффициент охвата: $k = t_p(\nu_{eff})$

Степени свободы вычисляют по Уэлчу – Саттертуэйту (W-S).

6) Далее рассчитывается коэффициент охвата: $k = t_p(\nu_{eff})$

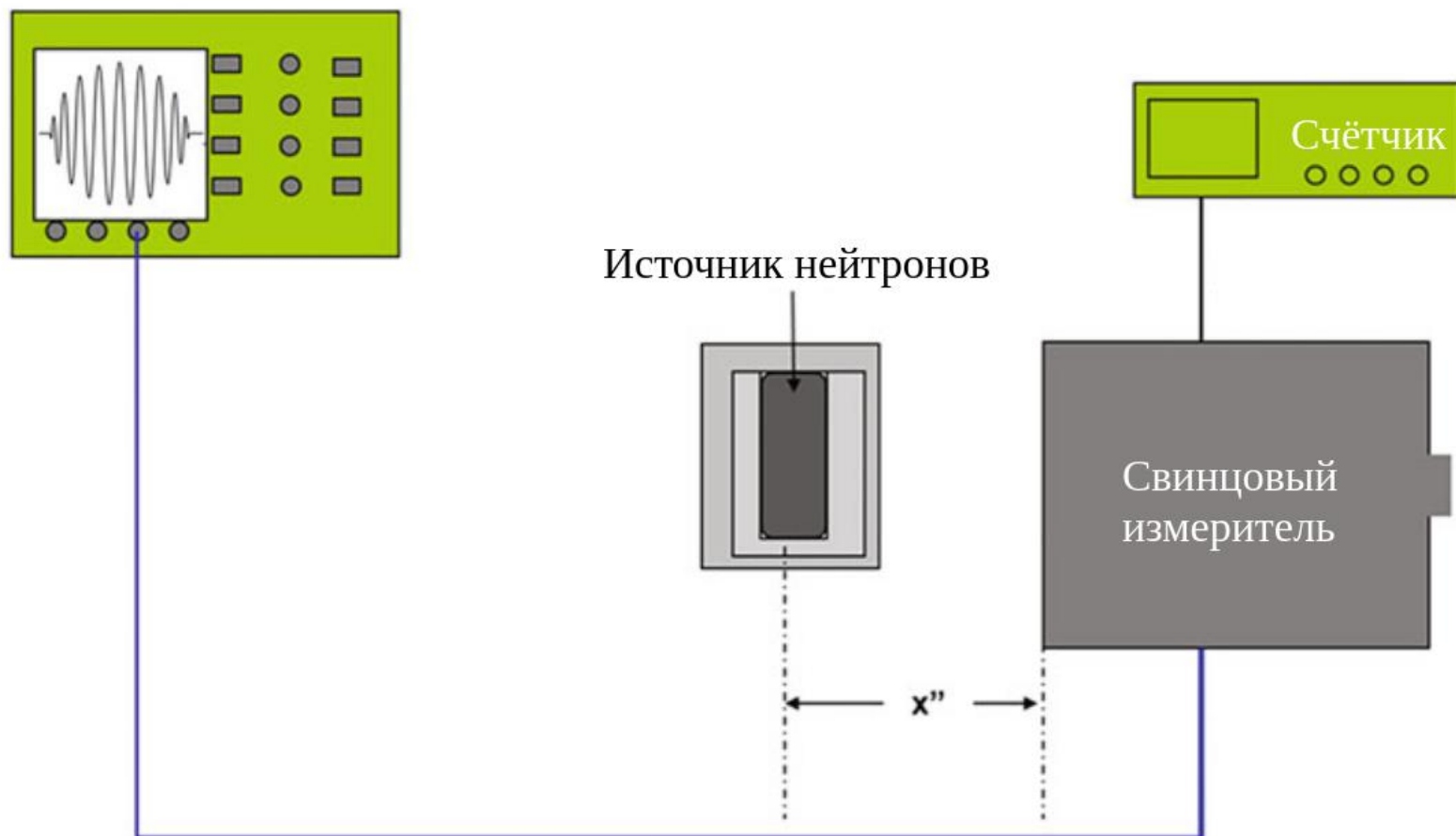
Степени свободы вычисляют по Уэлчу – Саттертуэйту (W-S).

7) Проводится расчет расширенной неопределённости:

$$U = ku_c(y)$$

$$\bar{y} \pm U$$

Также должна указываться вероятность охвата.



1) Модель измерения:

$$\eta = AfF(S - B)$$

2) Неопределённостями типа A характеризуются измерения S и B , неопределённость

2) Неопределённостями типа А характеризуются измерения S и B , неопределённость

План измерений: проводим 10 измерений фона, без включения источника нейтронов.

Результаты эксперимента:

Входные переменные	μ	Тип А	Распределение Типа А	Тип Б	Распределение Типа Б
f	4353	0		0	
A	1,00			0,020	Равномерное
F	1,27			0,032	Равномерное
S	9700				
B	80				

Фоновые измерения проводятся с помощью счетчика импульсов. Единичное измере

Фоновые измерения проводятся с помощью счетчика импульсов. Единичное измере
Для десяти измерений со средним 80 получим:

$$u(B) = \frac{\sqrt{80}}{\sqrt{10}} = 2.83$$

Для измерения суммарного числа импульсов используем статистику Пуассона, поскольку

Для измерения суммарного числа импульсов используем статистику Пуассона, поскольку для единичного измерения со средним 9700 получим:

$$u(S) = \sqrt{9700} = 98.5$$

Результаты эксперимента:

Входные переменные	μ	Тип А	Распределение Типа А	Тип Б	Распределение Типа Б
f	4353	0		0	
A	1,00			0,020	Равномерное
F	1,27			0,032	Равномерное
S	9700	98,5	Пуассон		
B	80	2,83	Нормальное		

3, 4) В нашем примере производные легко найти аналитически, соответственно поим

$$\frac{\partial \eta}{\partial S} = AfF \quad \frac{\partial \eta}{\partial B} = -AfF$$

3, 4) В нашем примере производные легко найти аналитически, соответственно получим

$$\frac{\partial \eta}{\partial S} = AfF \quad \frac{\partial \eta}{\partial B} = -AfF$$

Суммарная неопределённость для типа А тогда рассчитывается следующим образом

$$\begin{aligned} u_A(\eta) &= \sqrt{(AfF)^2 u^2(S) + (-AfF)^2 u^2(B)} = \sqrt{(544539)^2 + (15645)^2} \\ &= 544800. \end{aligned}$$

3, 4) Для типа Б:

$$\frac{\partial \eta}{\partial A} = fF(S - B) \quad \frac{\partial \eta}{\partial F} = Af(S - B)$$

3, 4) Итоговая Суммарная неопределённость для типа А и типа Б тогда рассчитывается

$$u_c(\eta) = \sqrt{u_A^2(\eta) + u_B^2(\eta)} = \sqrt{(544\,800)^2 + (1\,710\,853)^2} \\ = 1.796 \times 10^6.$$

5) Поскольку расчетная формула линейна, можно рассчитать среднее количество не

$$\bar{\eta} = AfF(\bar{S} - \bar{B}) = (1.00)(4353)(1.27)(9700 - 80) = 5.32 \times 10^7$$

6) Далее рассчитываем степени свободы для неопределённостей типа А. В простейшем

$$\nu_S = 29 \quad \nu_B = 9$$

6) Для неопределённостей типа Б используем параметры согласно формуляру на стр

Согласно формуляру относите.

$$v_B \cong \frac{1}{2} \left[\frac{\Delta u_B(y)}{u_B(y)} \right]^{-2} \text{ределённости измерений для}$$

7) Расширенная неопределённость при вероятности охвата 95%:

$$U_{\eta}^{95} = t_{0.975}(29) \times u_c(\eta) = (2.05) \times (1.796 \times 10^6) = 3.672 \times 10^6$$

7) Расширенная неопределённость при вероятности охвата 95%:

$$U_{\eta}^{95} = t_{0.975}(29) \times u_c(\eta) = (2.05) \times (1.796 \times 10^6) = 3.672 \times 10^6$$

Итоговый результат:

$$\eta \pm U_{\eta}^{95} = 5.32 \times 10^7 \pm 3.67 \times 10^6 = 5.32 \times 10^7 \pm 6.9\%$$

Можно дополнительно оценить вклад каждой погрешности в общую неопределённость

$$\frac{(c_i u(x_i))^2}{u_c^2(y)} \times 100\%$$

Можно дополнительно оценить вклад каждой погрешности в общую неопределённость

f	0.0
A	35.1
F	55.7
S	9.2
B	0.0