

Практическая работа №2
Классы точности Средств Измерения.
Оценка погрешности измерения.

ЗАДАЧА №1

Вольтметром с пределом измерения 100 [В], класса точности 0,5; измерено напряжение 80 [В]. Определить абсолютную, относительную и приведенную погрешность измерения, записать результат измерения.

Класс точности средства измерений определяет предельную приведенную погрешность:

$$\gamma = \frac{\Delta u}{u_{НОМ}} \cdot 100\% .$$

Абсолютная погрешность СИ: $\Delta u = \frac{\gamma \cdot u_{НОМ}}{100\%} = \frac{0,5\% \cdot 100[B]}{100\%} = 0,5 [B] .$

Относительная погрешность СИ: $\delta = \frac{\Delta u}{u} \cdot 100\% = \frac{0,5[B]}{80} \cdot 100\% = 0,625\% .$

Результат измерения: $u = (80,0 \pm 0,5) [B], P=1$

ЗАДАЧА №2

Потенциометром постоянного тока класса точности 0,02/0,01 с пределом измерения 1 [В] измерили напряжение 0,75 [В]. Определить абсолютную, относительную и приведенную погрешность измерения, записать результат измерения.

Класс точности СИ определяет предельную относительную погрешность:

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{x_{НОМ}}{x} - 1 \right) \right] \%,$$

где $c=0,02$; $d=0,01$; $x_{НОМ}=1[B]$; $x=0,75[B]$.

Относительная погрешность СИ: $\delta = 0,02 + 0,01 \left(\frac{1}{0,75} - 1 \right) = 0,023\%$.

С другой стороны: $\delta = \frac{\Delta u}{u} \cdot 100\%$, следовательно абсолютная погрешность СИ: $\Delta = \frac{\delta \cdot u}{100\%} = \frac{0,023\% \cdot 0,75 [B]}{100\%} = 0,000175 [B]$

Приведенная погрешности СИ: $\gamma = \frac{\Delta u}{u_{ном}} \cdot 100\% = \frac{0,000175 [B]}{1 [B]} \cdot 100\% = 0,0175\%$.

Результат измерения: $u = (0,75 \pm 0,00018) [B]$, $P=1$

ЗАДАЧА №3 *Начало*

Аналоговый вольтметр класса точности 0,5 с диапазоном измерения (0...3) [В], и шкалой, содержащий 150 делений в нормальных условиях измерено напряжение постоянного тока. С округлением до десятых долей деления сделан отсчет: 51,3 дел. Выходное сопротивление источника сигнала можно принять 0 [Ом]. Определить абсолютную погрешность и записать результат измерения.

Найдем Цену_деления_шкалы = $\frac{3 [B]}{150 [дел]} = 0,02 [B \cdot дел^{-1}]$

Измеренное напряжение: $u = 51,3 [дел] \cdot 0,02 [B \cdot дел^{-1}] = 1,026 [B]$.

Проанализируем состав погрешностей. Предельное значение погрешности отсчета – $\Delta_{отс}$, принимается равным 0,1 [дел].

$$\Delta_{отс.н.} = \pm 0,1 [дел] \cdot 0,02 [B \cdot дел^{-1}] = \pm 0,002 [B]$$

Основная погрешность СИ определяется его классом точности:

$$\gamma = \frac{\Delta}{u_{НОМ}} \cdot 100\% \quad \Rightarrow \quad \Delta = \gamma \cdot \frac{u_{НОМ}}{100\%}$$

$$\Delta_{осн} = \frac{0,5\%}{100\%} \cdot 3[B] = 0,015[B]$$

Полная погрешность результата измерения (РИ), определяемая с вероятностью $P=1$, определяется арифметическим суммированием погрешностей:

$$\Delta_n = \Delta_{осн} + \Delta_{отс.п.} = 0,015[B] + 0,002[B] = 0,017[B] .$$

Результат измерения: $u = (1,026 \pm 0,017) [B], \quad P=1$

ЗАДАЧА №4 *Продолжение_1*

Аналоговым вольтметром класса точности 0,5 с диапазоном измерения $(0 \dots 3) [B]$, и шкалой, содержащий 150 делений при температуре, находящейся в пределах рабочих условий $10^{\circ}C \leq t \leq 35^{\circ}C$ измерено напряжение постоянного тока. С округлением до десятых долей деления сделан отсчет: 51,3 дел. Выходное сопротивление источника сигнала можно принять 0 [Ом]. Определить абсолютную погрешность и записать результат измерения.

Согласно **ГОСТ 8.711-78** (Амперметры и вольтметры. Общие технические требования.) дополнительная температурная погрешность не превышает основной погрешности на каждые $10^{\circ}C$.

Согласно **ГОСТ 22261-82** (Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические требования.) для СИ с классом точности 0,5 область нормальных значений температуры составляет $(20 \pm 2)^{\circ}C$.

Определим предельное значение влияющей величины:

$$\Delta\xi_B = 35 - 20 = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta\xi_H = 10 - 20 = -10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$|\Delta\xi_B| > |\Delta\xi_H|$$

предельное значение **дополнительной погрешности** будем вычислять по ξ_B :

$$\Delta_{\text{доп}} = \frac{\Delta\xi_B}{10 \left[^\circ\text{C} \right]} \cdot \Delta_{\text{осн}} = \frac{15 \left[^\circ\text{C} \right]}{10 \left[^\circ\text{C} \right]} \cdot 0,015 \text{ [B]} = 0,0225 \text{ [B]}$$

Теперь полная погрешность будет:

$$\Delta_n = \Delta_{\text{осн}} + \Delta_{\text{отс.п.}} + \Delta_{\text{доп}} = 0,015 \text{ [B]} + 0,002 \text{ [B]} + 0,0225 \text{ [B]} = 0,0395 \text{ [B]}.$$

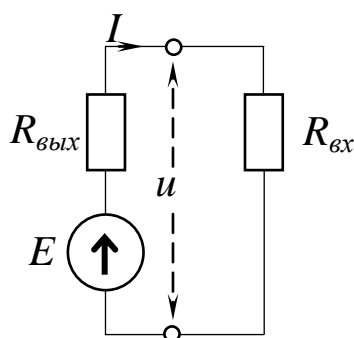
Округлив значение погрешности, получим $\Delta_n = 0,04 \text{ [B]}$.

Результат измерения: $u = (1,03 \pm 0,04) \text{ [B]}, P=1$

ЗАДАЧА №5 *Продолжение_2*

Аналоговым вольтметром класса точности 0,5 с диапазоном измерения (0...3) [B], и шкалой, содержащий 150 делений измерено напряжение постоянного тока. Выходное сопротивление объекта находится в пределах $\{0 \leq R_{\text{вых}} \leq 200 \text{ } \} \text{ [Ом]}$ и входное сопротивление вольтметра $R_{\text{вх}} = 10 \text{ [кОм]}$. С округлением до десятых долей деления сделан отсчет: 51,3 дел. Выходное сопротивление источника сигнала можно принять 0 [Ом]. Определить абсолютную погрешность и записать результат измерения.

Определим **методическую погрешность** от взаимодействия объекта измерения и средства измерения (вольтметра). Представим электрическую схему замещения



1) Рассмотрим идеальный случай: $R_{в\text{ых}}=0[\kappa\text{Ом}]$ и $R_{вх}=\infty[\text{Ом}]$, в этом случае $u=E$.

2) При подключении вольтметра:

$$I = \frac{E}{R_{в\text{ых}} + R_{вх}},$$

$$u = I \cdot R_{вх} = \frac{E \cdot R_{вх}}{R_{в\text{ых}} + R_{вх}}.$$

Методическая погрешность от взаимодействия:

$$\Delta_{мет} = u - E = \frac{E \cdot R_{вх}}{R_{в\text{ых}} + R_{вх}} - E = -E \cdot \frac{R_{в\text{ых}}}{R_{в\text{ых}} + R_{вх}},$$

так как $R_{в\text{ых}} \ll R_{вх}$, то $\Delta_{мет} \approx -E \cdot \frac{R_{в\text{ых}}}{R_{вх}}$

По условию задачи не задано значение E , поэтому абсолютную погрешность выразим через относительную:

$$\delta = \frac{\Delta}{E} \cdot 100\% = -\frac{E \cdot R_{в\text{ых}}}{R_{вх} \cdot E} \cdot 100\% = -\frac{200[\text{Ом}]}{10[\kappa\text{Ом}]} \cdot 100\% = -2\%.$$

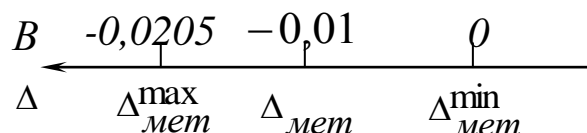
При измеренном значении напряжения $u=1,026 [B]$

$$\Delta_{мет}^{\max} = \frac{\delta \cdot u}{100\%} = \frac{-2\% \cdot 1,026 [B]}{100\%} = -0,0205 [B],$$

$$\Delta_{мет}^{\min} = 0 [B].$$

Следовательно, $\Delta_{мет} = (0 \dots -0,0205) [B]$ – несимметричный интервал.

Поэтому выделим центр интервала $M[\Delta_{мет}] = -0,5 \cdot 0,0205 = -0,01025 [B]$



В результат измерения вносится **ПОПРАВКА** на систематическую составляющую погрешности. Величина методической погрешности относительно центра интервала: $\Delta_{мет} = -0,01025 [B]$.

Величина поправки: $P = -\Delta_{мет} = 0,01025 [B]$.

Результат измерения: $u = 1,026 + 0,01025 = 1,03625 [B]$.

Тогда **суммарная предельная погрешность** РИ будет складываться:

$$\Delta_n = \Delta_{осн} + \Delta_{отс.п.} + \Delta_{доп} + \Delta_{мет} = 0,0395 [B] + 0,01025 [B] = 0,04975 [B] ,$$

или с округлением $\Delta_n = 0,05 [B]$

Результат измерения: $u = (1,04 \pm 0,05) [B]$, $P = 1$.