



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

УЧЕБНЫЙ ВОЕННЫЙ ЦЕНТР

ВУС 670200

«Метрологическое обеспечение
вооружения и военной техники»



Средства измерений военного назначения и их поверка

Раздел № 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О
МЕТРОЛОГИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ
ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

Тема № 2. ОСНОВНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Практическое занятие № 1:

Расчет основных и дополнительных погрешностей средств измерений

Вопросы:

- 1. Расчет погрешности средств измерения в нормальных условиях эксплуатации**
- 2. Расчет погрешности средств измерения в реальных условиях эксплуатации**

Класс точности СИ -

обобщенная характеристика данного типа СИ, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемой основной, а в некоторых случаях и дополнительных погрешностей

При выражении предела допускаемой основной погрешности в форме абсолютной погрешности класс точности в документации и на СИ обозначается прописными буквами латинского алфавита или римскими цифрами. Чем дальше буква от начала алфавита, тем больше погрешность.

При выражении предела допускаемой основной погрешности в форме относительной или приведённой погрешности класс точности в документации и на СИ обозначается арабскими цифрами (число из ряда 1; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6, умноженное на 10^n ($n = 1, 0, -1, -2$ и т.д.)).

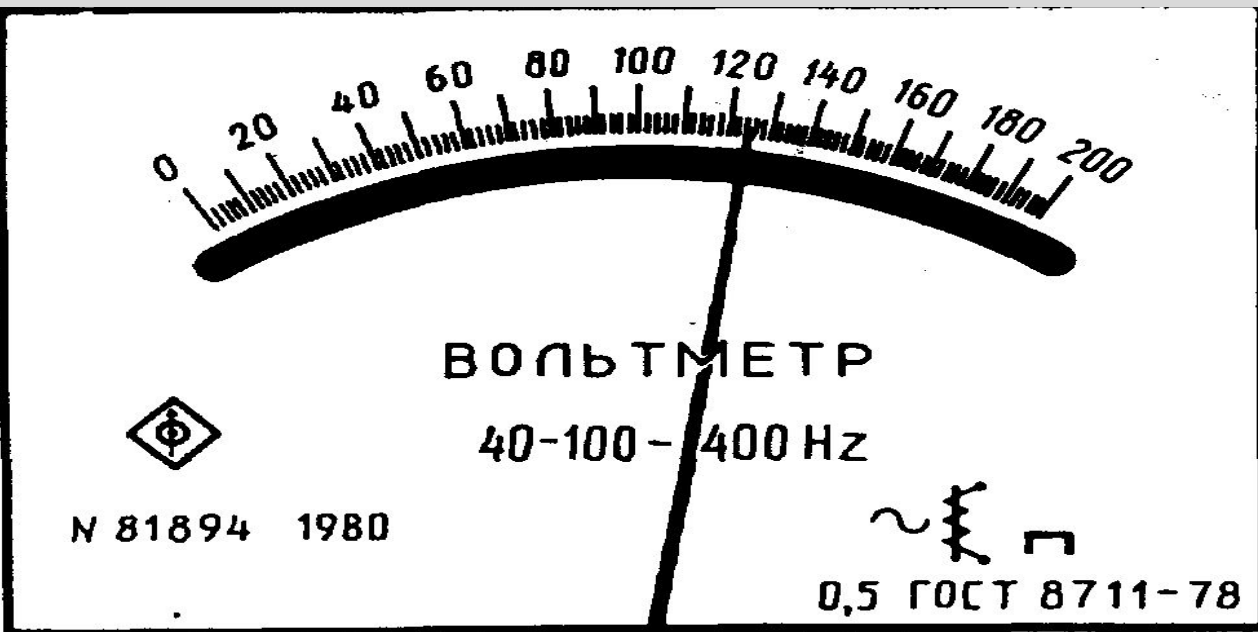
Правила округления результата измерения

Погрешность должна описываться двумя значащими цифрами если цифра старшего разряда погрешности 1, 2 или 3.

Погрешность может описываться одной значащей цифрой если цифра старшего разряда погрешности 4, 5, 6, 7,8 или 9.

Числовое значение результата должно оканчиваться цифрой того же порядка, что и погрешность.

Первый пример:



Указатель отсчетного устройства вольтметра класса точности 0,5 показывает 124 В. Чему равно измеряемое напряжение?

Решение.

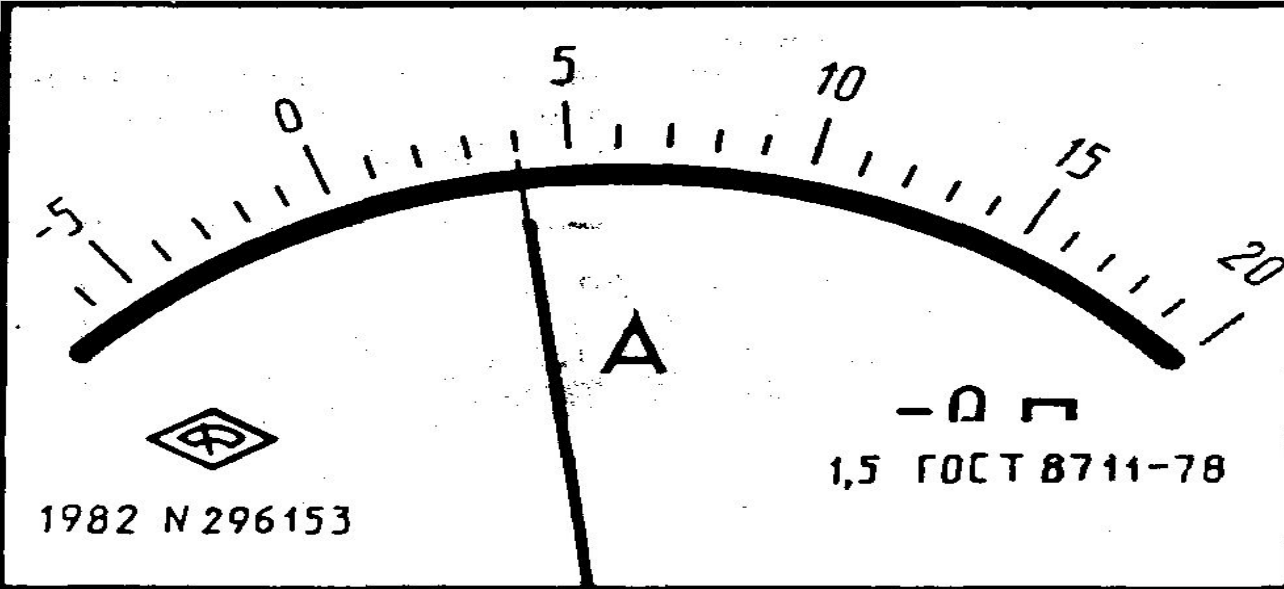
$$\gamma = \pm 100 \Delta_x / x_N; \Rightarrow \Delta_x = \pm (\gamma x_N) / 100 = \pm 0,5 \cdot 200 / 100 = \pm 1 \text{ В}$$

Следовательно, измеряемое напряжение $U = 123 \dots 125 \text{ В}$.

Стандартная неопределённость тип В: $u_B(x) = \Delta/k$, $\Delta = X_{\max} - X_{\min}$

$$k = 2\sqrt{3}. \quad u_B(x) = (125 - 123) / 2\sqrt{3} = 0,58 \text{ В}$$

Второй пример:



Указатель отсчетного устройства амперметра класса точности 1,5 показывает 4 А.

Чему равна измеряемая сила тока?

Решение.

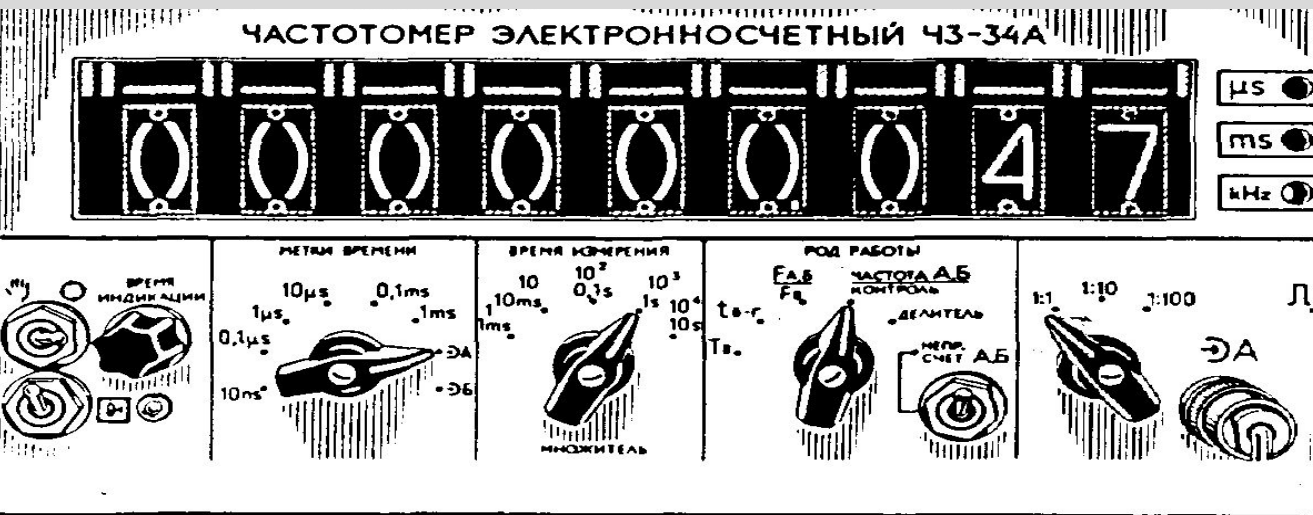
$$\gamma = \pm 100 \Delta_x / X_N; \Rightarrow \Delta_x = \pm (\gamma X_N) / 100 = \pm 1,5 \cdot 25 / 100 = \pm 0,38 \text{ А}$$

Округлим до одного знака, т.к. значащий разряд 4. Т.е. $\Delta_x = \pm 0,4 \text{ А}$
Поэтому измеряемая сила тока $I = 3,6 \dots 4,4 \text{ А}$.

Стандартная неопределённость тип В: $u_B(x) = \Delta/k$, $\Delta = X_{\max} - X_{\min}$

$$k = 2\sqrt{3}. \quad u_B(x) = (4,4 - 3,6) / 2\sqrt{3} = 0,23 \text{ А}$$

Третий пример:



Цифровой частотомер класса точности 2,0 с номинальной частотой 50 Гц показывает 47 Гц. Чему равна измеряемая частота?

Решение.

$$\gamma = \pm 100 \Delta_x / x_N; \Rightarrow \Delta_x = \pm (\gamma x_N) / 100 = \pm 2,0 \cdot 50 / 100 = \pm 1 \text{ Гц.}$$

Следовательно, измеряемая частота $f = 46 \dots 48 \text{ Гц}$.

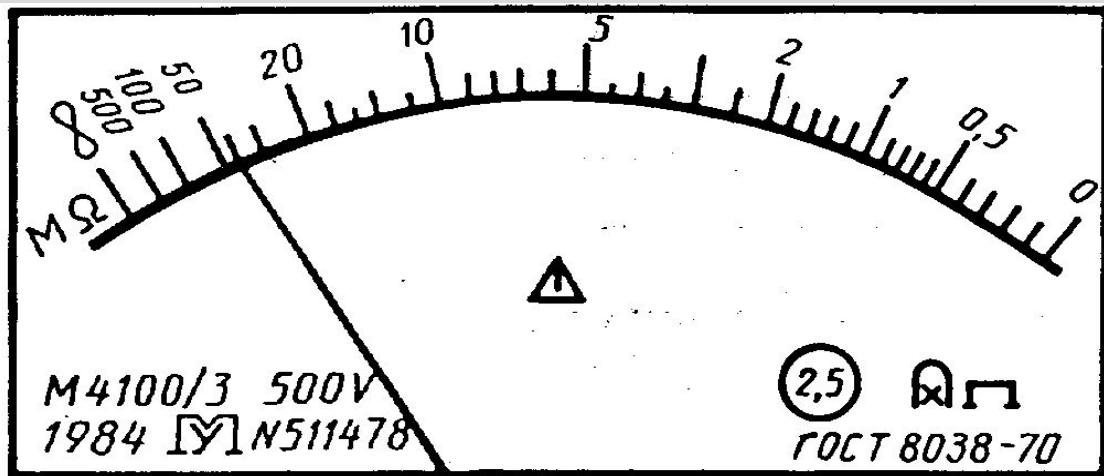
Стандартная неопределённость тип В: $u_B(x) = \Delta/k$, $\Delta = X_{max} - X_{min}$

$$k = 2\sqrt{3}. \quad u_B(x) = 2 / 2\sqrt{3} = 0,58 \text{ Гц}$$

Четвёртый пример:

Указатель
отсчетного устройства
мегомметра класса
точности 2,5 с
неравномерной шкалой
показывает 40 МОм.

Чему равно
измеряемое
сопротивление?



Решение

$$\delta = 100 \cdot \Delta_x / x_{\text{изм}}; \Rightarrow \Delta_x = \pm (\delta \cdot x_{\text{изм}}) / 100 = \pm 2,5 \cdot 40 / 100 = \pm 1 \text{ МОм}$$

Следовательно, измеряемое сопротивление $R = 39 \dots 41 \text{ МОм}$.

Стандартная неопределённость тип B: $u_B(x) = \Delta/k$, $\Delta = X_{\text{max}} - X_{\text{min}}$

$$k = 2\sqrt{3}. \quad u_B(x) = 2 / 2\sqrt{3} = 0,57 \text{ МОм}$$

Пятый пример:



Определить значение измеренного R в диапазоне до 50 МОм (с учётом погрешности) прибора. Длина шкалы МОм = 200 мм, длина шкалы между цифрами 0 и 1 (верхней шкалы) = 60 мм.

Решение. . $\gamma = 1$. Приведенная к длине шкалы погрешность:

$$\Delta_I = \pm (\gamma \cdot 200) / 100 = 2.$$

Чувствительность СИ в области измерения:

$$C_n = 1 \text{ МОм} / 60 \text{ мм} = 0,017.$$

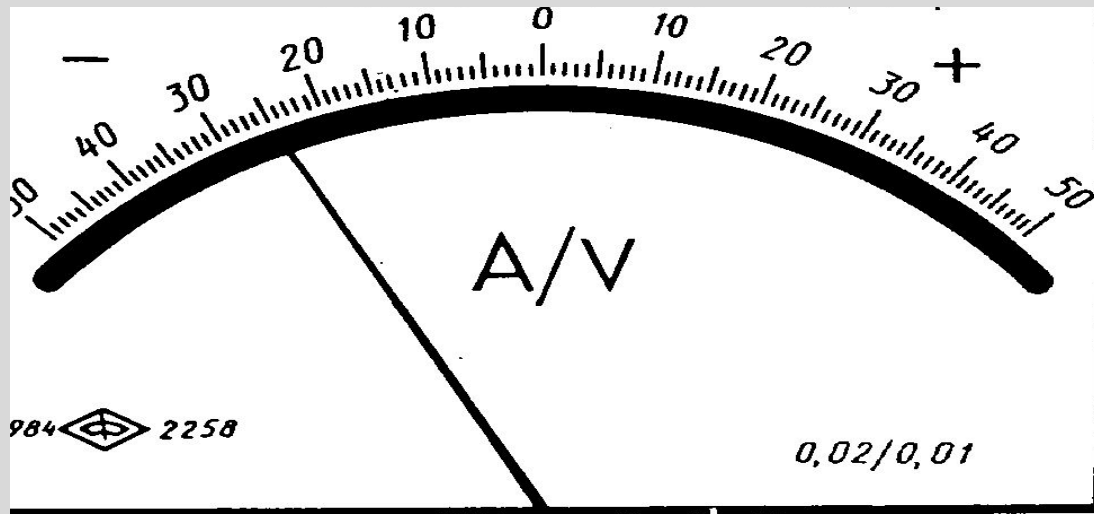
Приведенная к диапазону измерения погрешность:

$$\Delta_U = \Delta_I \cdot C_n = 0,017 \cdot 2 = \pm 0,034 \text{ МОм}.$$

Измеряемое сопротивление: $R = 0,5 \pm 0,03 = \text{МОм}$ (округлили)

Станд. неопр. тип В: $u_B(x) = 0,068 / 2\sqrt{3} = 0,02 \text{ МОм}.$

Шестой пример:



Указатель отсчетного устройства ампервольтметра класса точности 0,02/0,01 показывает «-25» А.

Чему равна измеряемая сила тока?

Решение.

$$\delta = 100\Delta_x / X_{узм} = [c+d(|X_k/X_{узм}|-1)]$$

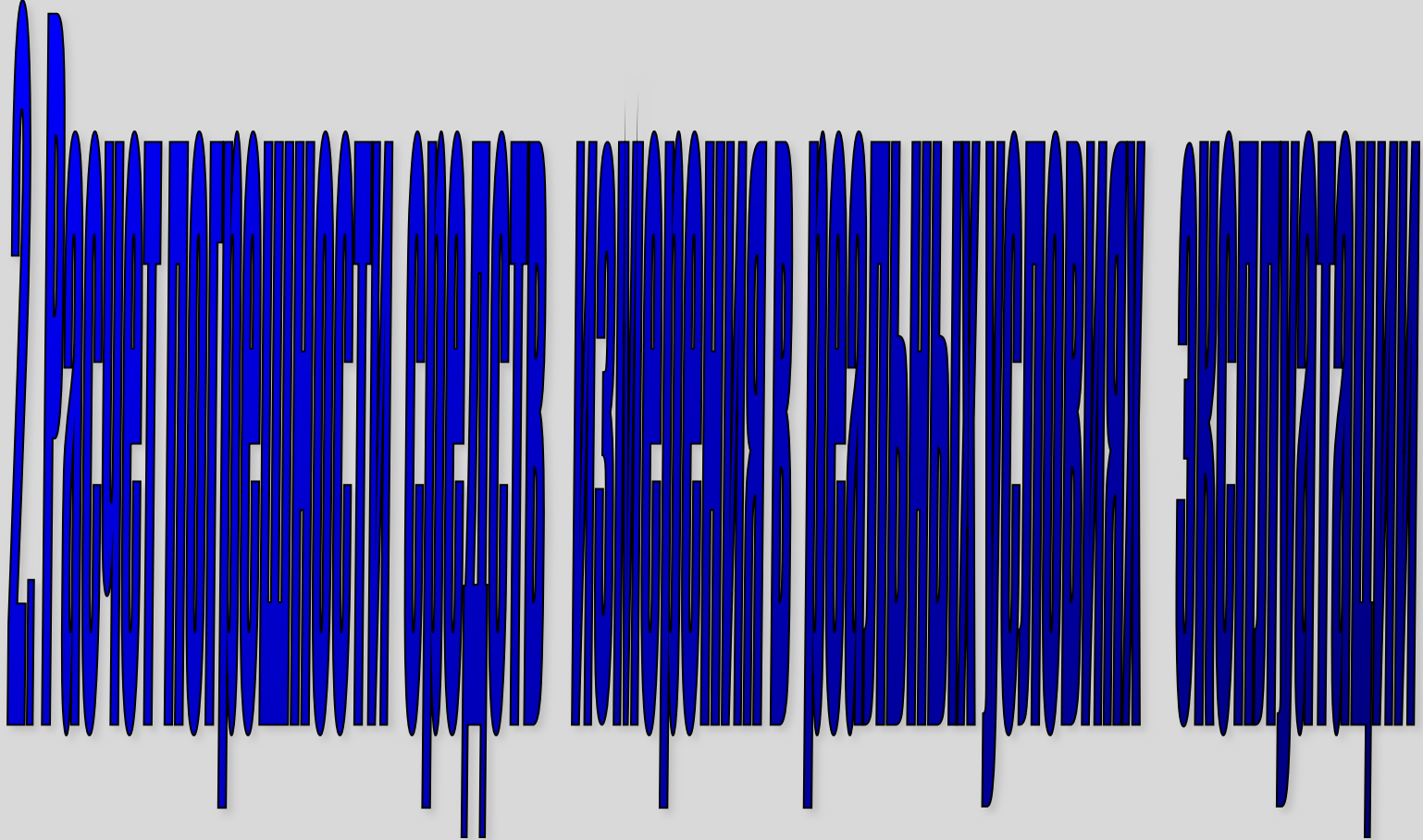
$$\delta = [0,02+0,01(|100/-25|-1)]=0,05; \Rightarrow \Delta_x = \pm (\delta \cdot X_{узм})/100$$

$$\Delta_x = \pm 0,05 \cdot 25/100 = \pm 0,0125 \text{ А} \quad \text{Округлим: } \Delta_x = \pm 0,01 \text{ А}$$

Следовательно, измеряемая сила тока $I = -24,99 \dots -25,01 \text{ А}$.

Станд. неопределённость тип В: $u_B(x) = \Delta/k$, $\Delta = X_{max} - X_{min}$

$$k = 2\sqrt{3}. \quad u_B(x) = 0,02/2\sqrt{3} = 0,006 \text{ А}$$



Задача 1:

Аналоговым вольтметром класса точности 0,5 с диапазоном измерения от 0 до 3 В и шкалой, содержащей 150 делений, в нормальных условиях измерено напряжение постоянного тока. С округлением до десятых долей деления сделан отсчет: 51,3 дел. Выходное сопротивление источника сигнала пренебрежимо мало. Требуется записать результат измерения.

Решение. Цена деления шкалы вольтметра составляет:

$$ЦД = 3/150 = 0,02 \text{ В.}$$

Отсчет соответствует значению измеряемого напряжения:

$$U = 51,3 \cdot 0,02 = 1,026 = 1,03 \text{ В.}$$

$$\Delta_{\text{о}} = \pm (\gamma x_N) / 100 = \pm 0,5 \cdot 3 / 100 = \pm 0,015 = \pm 0,02 \text{ В}$$

Результат измерения: $U = 1,03 \pm 0,02 \text{ В}$

Задача 2:

Сохранив условия предыдущей задачи допустим, что температура окружающего воздуха изменяется в пределах рабочих условий (+5 ... +40°C), а вольтметр относится к СИ 2-й группы по ГОСТ 22261-82.

Изменение показаний, вызванное отклонением температуры от номинальной (20±5°C) на каждые 10°C, не должно превышать 0,2 % (т.к. 40–25=10°C, то погрешность составит 0,3 %).

Решение. Определим предельные значения влияющей

величины $t_e = 40 - 25 = 15$ С и $t_n = 15 - 10 = 5$ °С.

Поскольку $|t_e| > |t_n|$, предельное значение будем вычислять по формуле: $\Delta_t = (0,3 \cdot 3) / 100 = 0,9 / 100 = 0,009$ В

Суммарная погрешность:

$$\Delta_x = \pm \sum |\Delta| = \pm |\Delta_0 + \Delta_t| = \pm |0,015 + 0,009| = \pm 0,024 = \pm 0,02 \text{ В}$$

Результат измерения: $U = 1,03 \pm 0,02 \text{ В}$

Задача3:

Сохранив условия задачи №2 допустим, что контролируемое напряжение подводится к прибору посредством медных проводов диаметром 1,5 мм, длина линии 2 м. Потребляемый ток прибора $I = 3$ мА.

Сопротивление 1 м медной проволоки диаметром 1,5 мм равно 0,0099 Ом.

Решение. Сопротивление линии связи:

$$r = 0,0099 \text{ Ом/м} \cdot 4 \text{ м} = 0,0396 \text{ Ом.}$$

Падение напряжения за счет линии связи:

$$\Delta_{\text{св}} = I \cdot r = 0,003 \text{ А} \cdot 0,0396 \text{ Ом} = 0,00012 \text{ В.}$$

Суммарная погрешность:

$$\Delta_x = \pm \sum |\Delta| = \pm |\Delta_O + \Delta_{\text{св}} + \Delta_t| = \pm |0,015 + 0,00012 + 0,009|$$

$$\Delta_x = \pm 0,02412 = \pm 0,02 \text{ В}$$

Результат измерения: $U = 1,03 \pm 0,02 \text{ В}$

Задача 4:

Рассчитать погрешность измерения постоянного тока амперметром типа М343 класса точности **1,5** с верхним пределом **20 А**.

Условия проведения измерения: температуры $(10 - 35)^{\circ}\text{C}$; влажность $(65 \pm 15)\%$; величина внешнего магнитного поля 1 Эрст.

Погрешность прибора за счет отклонения температуры от номинальной на каждые 10°C , не должно превышать **20 %** от основной погрешности прибора.

Погрешность прибора за счет отклонения внешнего магнитного поля напряженностью 5 Эрст не должно превышать **2,5%**.

Решение.

Основная погрешность прибора: $\Delta_o = \frac{K_m I_k}{100} = \frac{1,5 \cdot 20}{100} = 0,3 \text{ A}$

Доп. погрешность прибора за счет отклонения температуры от номинальной на 10°C , не должно превышать **20 %** от 1,5: $\Delta_{\text{донт}} = \frac{1,5 \cdot 20 \cdot 0,2}{100} = 0,06 \text{ A}$

Доп. погрешность прибора за счет отклонения внешнего магнитного поля напряженностью 1 Эрст не должно превышать **0,5%**: $\Delta_{\text{донН}} = \frac{0,5 \cdot 20}{100} = 0,1 \text{ A}$

Суммарная погрешность $\Delta_{\Sigma} = \Delta_o + \Delta_{\text{донт}} + \Delta_{\text{донН}} = 0,46 \text{ B}$

END