

Решение метрологических их задач

1) При испытании образца на растяжение однократными измерениями получены значения силы $F=908,0$ Н и диаметра стержня $d=10,0$ мм.

Известны СКО $S_F = 0,5$ Н, $S_d = 0,1$ мм .

Определить значение предела прочности материала на растяжение с

доверительной вероятностью $P=0,95$

($t_p=1,96$), если

$$\sigma_v = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2}$$

Неисключенными систематическими погрешностями пренебречь.

Определяем абсолютные погрешности измерений F и d . Они определяются границами случайных погрешностей (т.к. неисключенными систематическими погрешностями можно пренебречь).

$\varepsilon_F (P=0,95) = t_p \cdot S_F = 1,96 \cdot 0,5 = 0,98$ $\varepsilon_d (P=0,95) = t_p \cdot S_d = 1,96 \cdot 0,1 = 0,196$
 $\Delta_F = \varepsilon_F = 0,98$ Н $\Delta_d = \varepsilon_d = 0,196$ мм. Определяем относительные погрешности

$$\delta_F = \frac{\Delta_F}{F} \cdot 100 = \frac{0,98}{908} \cdot 100 = 0,108\%;$$

$$\delta_d = \frac{\Delta_d}{d} \cdot 100 = \frac{0,196}{10} \cdot 100 = 1,96\%.$$

Рассчитываем косвенно измеряемую величину

$$\sigma_\varepsilon = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 908}{3,14 \cdot 0,01^2} = 11561015,07 \text{ Па}$$

Представляем формулу для определения предела выносливости в виде

$$\sigma_B = 4 \cdot F \cdot \pi^{-1} \cdot d^{-2}$$

$$\ln \sigma_B = \ln 4 + 1 \cdot \ln F + (-1) \ln \pi + (-2) \ln d$$

$$\gamma = 1 \quad \beta = -2.$$

$$\delta_{\sigma_\varepsilon} = \sqrt{(\gamma \cdot \delta_F)^2 + (\beta \cdot \delta_d)^2} = \sqrt{(1 \cdot 0,108)^2 + (-2 \cdot 1,96)^2} = 3,92\%$$

$$\Delta_{\sigma_\varepsilon} = \frac{\delta_{\sigma_\varepsilon} \cdot \sigma_\varepsilon}{100} = \frac{3,92 \cdot 11561015,07}{100} = 453191,79 \text{ Па.}$$

Округляем $\Delta_{\sigma_\varepsilon} = 4 \cdot 10^5$ Па.

Записываем ответ

$$\sigma_\varepsilon = (116 \cdot 10^5 \pm 4 \cdot 10^5) \text{ Па. при } P=0,95$$

2) Если предстоит измерить напряжение 220 В с гарантированной погрешностью, не превышающей $\pm 2\%$, то для этой цели должен подойти вольтметр с диапазоном измерения от 0 до 250 В класса точности ...

- **Решение** Определяем абсолютную погрешность $\Delta = \frac{220}{100} * 2 = 4,4$ В. Класс точности прибора $\gamma = \frac{4,4}{250} * 100 = 1,76 \cong 1,8\%$

3) Если при измерении электрического напряжения вольтметром класса точности 1,5 (без кружочка) с диапазоном измерения от 0 до 100 В прибор показал 75В, а неисключенная аддитивная систематическая погрешность прибора θ_a равна + 2В, то результат измерения должен быть представлен в виде ... (случайной погрешностью пренебречь)

- **Решение** Определяем абсолютную погрешность $\Delta = \frac{\gamma * 100}{100} = \frac{1,5 * 100}{100} = 1,5 \text{ В.}$
- $U = 75 - 2 = 73 \text{ В}$
- $U = (73,0 \pm 1,5) \text{ В}$

4) Ваттметр, имеющий предел измерения 600 Вт, при измерении мощности 475 Вт с погрешностью не более 1,3% должен иметь класс точности ...

Решение Определяем абсолютную

погрешность $\Delta = \frac{475}{100} * 1,3 = 6,175$ В. Класс

точности прибора $\gamma = \frac{6,175}{600} * 100 = 1,029 \cong$
1,0%

5) Если при измерении мощности 170 Вт ваттметром с пределом измерения 300 Вт получили показания образцового прибора 171,21, то класс точности ваттметра равен ...

- **Решение** Определяем абсолютную погрешность $\Delta = 171,2 - 170 = 1,2$ Вт

Определяем приведенную погрешность

$$\gamma = \frac{1,2}{300} * 100 = 0,4\%$$

6) Если наибольшая абсолютная погрешность при измерении тока амперметром с верхним пределом измерения 10 А при измерении тока 7 А составляет 0,08 А, то класс точности прибора равен ...

• **Решение** 1) $\gamma = \frac{0,08}{10} * 100 = 0,8\%$

• 2) $\delta = \frac{0,08}{7} \cdot 100 = 1,14$ (1,1)

7) Омметр, имеющий предел измерения 1000 Ом, при измерении сопротивления 500 Ом с погрешностью не более 5% должен иметь класс точности ...

- **Решение** Определяем абсолютную

погрешность $\Delta = \frac{\delta * R}{100} = \frac{5 * 500}{100} = 25 \text{ Ом}$

$$\gamma = \frac{25}{1000} * 100 = 2,5\%$$

8) Если при измерении напряжения 250 В вольтметром с пределом измерения 300 В получили показания образцового прибора: 249,4, то класс точности вольтметра равен ...

- **Решение** Определяем абсолютную погрешность $\Delta = 250 - 249,4 = 0,6$ Вт

Определяем приведенную погрешность

$$\gamma = \frac{0,6}{300} * 100 = 0,2\%$$

9) Если при измерении мощности ваттметром класса точности 1,0 с диапазоном измерения от 0 до 500 Вт показание прибора равно 245 Вт, а неисключенная аддитивная систематическая погрешность прибора $\theta_a = +4$ Вт, то результат измерения должен быть представлен в виде... (случайной погрешностью пренебречь).

- **Решение** Определяем абсолютную

погрешность $\Delta = \frac{500}{100} * 1 = 5 \text{ Вт.}$

$$W = 245 - 4 = 241 \text{ Вт}$$

$$W = (241 \pm 5) \text{ Вт}$$

10) Для измерения тока использованы четыре прибора, имеющие следующие характеристики: **первый – класса точности 0,1 с пределом измерения 15 мА;** второй – класса точности 0,1 с пределом измерения 100 мА; **третий – класса точности 0,5 с пределом измерения 15 мА;** четвертый – класса точности 0,5 с пределом измерения 30 мА.

Наибольшую точность измерения тока 10 мА обеспечит

миллиамперметр №

• **Решение** Определяем абсолютную погрешность

$$\Delta_1 = \frac{15}{100} * 0,1 = 0,015 \text{ В.} \quad \delta = \frac{0,015}{10} 100 = 0,15$$
$$\frac{1}{\delta} = \frac{1}{0,15} = 6,67$$

$$\Delta_2 = \frac{100}{100} * 0,1 = 0,1 \text{ В.} \quad \delta = \frac{0,1}{10} 100 = 1$$
$$\frac{1}{\delta} = \frac{1}{1} = 1$$

$$\Delta_3 = \frac{15}{100} * 0,5 = 0,075 \text{ В.} \quad \delta = \frac{0,075}{10} 100 = 0,75$$
$$\frac{1}{\delta} = \frac{1}{0,75} = 1,33$$

$$\Delta_4 = \frac{30}{100} * 0,5 = 0,15 \text{ В.} \quad \delta = \frac{0,15}{10} 100 = 1,5$$
$$\frac{1}{\delta} = \frac{1}{1,5} = 0,67$$

Ответ - №1

11) Если при измерении электрического тока амперметром класса точности 1,5/0,5 с диапазоном измерения от 0 до 10 А зарегистрирована величина равная 5А, то абсолютная погрешность будет равна _____ А.

- **Решение** Определяем относительную погрешность

$$\delta = 1,5 + 0,5 \left(\frac{10}{5} - 1 \right) = 2,0\%$$

$$\Delta = \frac{2 * 5}{100} = 0,1 \text{ А.}$$

12) Класс точности
магнитоэлектрического
миллиамперметра с конечным
значением шкалы $I_K = 0,5$ мА для
измерения тока $I = 0,1 \dots 0,5$ мА с
относительной погрешностью
измерения тока δ_I , не
превышающей 1%, равен

- **Решение** Наибольшая относительная погрешность имеет место при наименьшей измеренной величине. Исходя из этого

$$\Delta = \frac{1 * 0,1}{100} = 0,001 \text{ мА}$$

Класс точности прибора $\gamma = \frac{0,001}{0,5} 100 = 0,2\%$

13) Амперметр с классом точности 0,5 и пределом измерения 10 А измеряет ток 8 А с относительной погрешностью, не более _____ %.

- **Решение** Определяем абсолютную погрешность

$$\Delta = \frac{10}{100} * 0,5 = 0,05 \text{ В.}$$

$$\delta = \frac{0,05}{8} 100 = 0,625\%$$

14) Если при поверке вольтметра с пределом измерения 500 В в точке 100В получили показания образцового прибора 99,4, то класс точности вольтметра равен ...

- **Решение** Определяем абсолютную погрешность $\Delta = 100 - 99,4 = 0,6 \text{ В}$

Определяем приведенную погрешность

$$\gamma = \frac{0,6}{500} * 100 = 0,12\%$$

15) Амперметр, имеющий класс точности 1,0/0,5 и предел измерения 5 А, измерит ток 3,5 А с относительной погрешностью не более _____ % и абсолютной погрешностью....

- **Решение** Определяем относительную погрешность

$$\delta = 1,0 + 0,5 \left(\frac{5}{3,5} - 1 \right) = 1,21\%$$

$$\Delta = \frac{1,21 * 3,5}{100} = 0,04 \text{ A.}$$

16) Миллиамперметр при измерении силы тока показал значение 12,35 мА с погрешностью $\pm 0,015$ мА. Согласно правилам округления, результат измерения должен быть представлен в виде ...

Решение

$$J = (12,350 \pm 0,015) \text{ мА}$$

17) Для измерения тока 10 мА использованы два прибора, имеющие пределы измерения 15 мА и 100 мА, класс точности 0,1. Абсолютные погрешности миллиамперметров будут равны _____ мА.

- **Решение** Определяем абсолютные погрешности

- $\Delta_1 = \frac{15}{100} * 0,1 = 0,015 \text{ мА.}$

- $\Delta_2 = \frac{100}{100} * 0,1 = 0,1 \text{ мА.}$

18) Если при измерении электрического напряжения используется вольтметр класса точности $0,5$, то допустимая абсолютная погрешность измерения при значении напряжения равного 100 В составит _____ В, при 50В

• **Решение** Определяем абсолютные погрешности

•
$$\Delta_1 = \frac{100}{100} * 0,5 = 0,5 \text{ В.}$$

•
$$\Delta_2 = \frac{50}{100} * 0,5 = 0,25 \text{ В.}$$

19) Амперметр, имеющий класс точности 1,0 и предел измерения 5 А, измерит ток 3,5 А с относительной погрешностью не более _____ %.

- **Решение** Определяем абсолютную погрешность

- $$\Delta = \frac{5}{100} * 1 = 0,05 \text{ A.}$$

- $$\delta = \frac{0,05}{3,5} 100 = 1,43\%$$

20) Если при проведении 9-ти измерений электрического тока амперметром класса точности 1,0 с диапазоном измерения от 0 до 10 А среднеквадратическое отклонение полученной выборки результатов измерений S_x составила $\pm 0,03\text{А}$, то погрешность измерения для доверительной вероятности 0,95 ($t_{pn} = 2,302$) будет равна ___ А.

- **Решение** Определяем абсолютную погрешность

- $$\Delta = \frac{10}{100} * 1 = 0,1 \text{ А.}$$

- Случайная погрешность $\varepsilon(p = 0,95) = t_p * S_x / \sqrt{n} = 2,302 * 0,03 / 3 = 0,023$

- Отношение
$$\frac{\theta}{S_{\bar{x}}} = \frac{0,1}{0,03/3} = 10 > 8$$

Пренебрегаем случайной погрешностью

- То есть $\Delta = 0,1 \text{ А.}$

21) Если при проведении 16-ти измерений электрического сопротивления омметром класса точности 0,5 с диапазоном измерения от 0 до 1000 Ом СКО измерений S_x составила ± 40 Ом, то случайная погрешность измерения для доверительной вероятности 0,95 ($t_{pn} = 2,132$) будет равна _____ Ом.

- **Решение**

Случайная погрешность $\varepsilon(p = 0,95) = t_p *$

$$S_x / \sqrt{n} = 2,132 * 40 / 4 = 21,32$$

22) Класс точности средства измерения 2,5/0,5 . Диапазон шкалы измерений 0- 100 В. Результат однократного измерения $x=45,5$ В. Априорно известно СКО $s_x=0,05$ В полученное при $n>30$ ($z_{p/2}=2,0$ при $P=0,95$). Определить погрешность измерений и записать результат

- **Решение** Определяем относительную погрешность
- $\delta = 2,5 + 0,5 \left(\frac{100}{45,5} - 1 \right) = 3,1\%$
- $\Delta = \frac{3,1 * 45,5}{100} = 1,4 \text{ В.} \quad \theta = \Delta$
- Определяем границы случайной погрешности
- $\varepsilon(p = 0,95) = z_{p/2} * S_x = 2,0 * 0,05 = 0,1$
- Отношение $\frac{\theta}{S_{\bar{x}}} = \frac{1,4}{0,05} = 28 > 8$ Пренебрегаем случайной погрешностью
- То есть $\Delta = 1,4 \text{ В.}$
- $x = (45,5 \pm 1,4) \text{ В}$ при $P = 0,95$

23) Проведены 16 измерений мощности. Результаты следующие: $\bar{W} = 130,2$ Вт; СКО результатов измерений относительно среднего $S_W = 0,0003$ Вт. Результаты измерений распределены нормально. Оцените доверительный интервал истинного значения мощности для вероятности 0,99 ($z_{p/2} = 3,169$).

Решение

$$W = \bar{W} + t_p \cdot S_W / \sqrt{n} = 130,2 \pm 3,169 \cdot 0,0003 / \sqrt{16} = (130,20000 \pm 0,00024)W$$