

ЗАДАЧА №2
**ТЕМА: "ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ
КОСВЕННОЙ ВЕЛИЧИНЫ"**

Для предложенной схемы измерения косвенной величины:

1. Описать метод измерения косвенной величины, рассчитать ее значение.
2. Назначить инструмент и задать абсолютные погрешности измерения первичных величин.
3. Рассчитать относительную и абсолютную погрешности косвенной величины.
4. Найти первичную величину, которая наиболее значительно влияет на относительную погрешность косвенной величины, уменьшить абсолютную погрешность первичной величины на 50 % и уточнить погрешность косвенной величины.
5. Сделать выводы по результатам работы.

При определении относительной погрешности косвенной величины $y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ использовать уравнения частного производного по влияющим факторам

$$\delta = \frac{\Delta y}{y} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\frac{\frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i}{f(x_i)} \right]^2}$$

Абсолютная погрешность определяется по зависимости

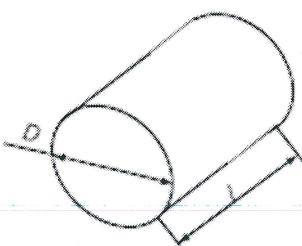
$$\Delta y = \delta \cdot y$$

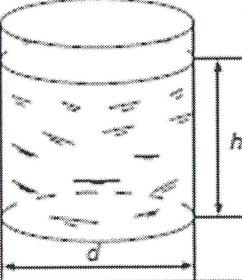
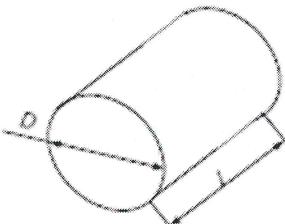
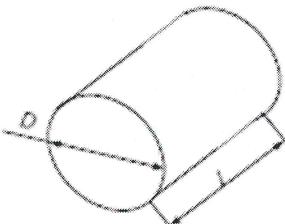
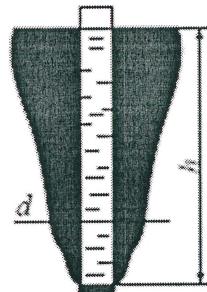
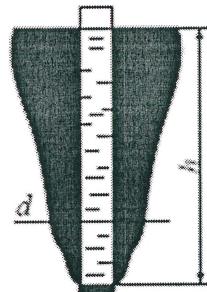
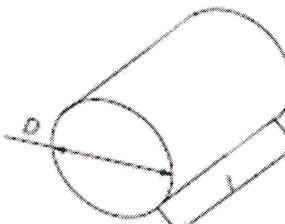
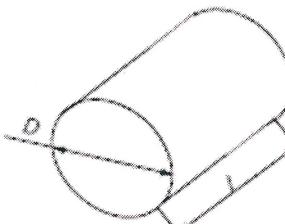
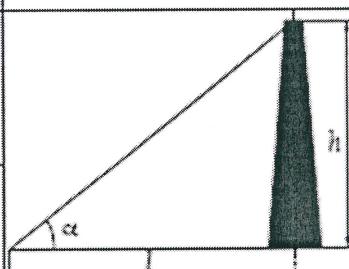
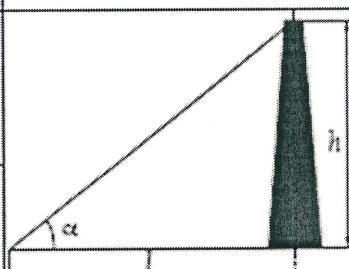
Формулы частного производного:

$$x' = 1; (Cx)' = Cx'; (1/x)' = -1/x^2; (x^n)' = nx^{n-1}; (a^x)' = a^x \ln a; (UV)' = U'V + UV' \\ (\sin x)' = \cos x; (\cos x)' = -\sin x; (\operatorname{tg} x)' = 1/\cos^2 x; (\operatorname{ctg} x)' = -1/\sin^2 x;$$

Таблица 6

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

№ вар.	Исходные данные	Схема измерения	Задание	Уравнения косвенной величины
1	$L = 2 \text{ м}$ $l = 5 \text{ м}$ $\rho = 7800 \text{ кг/m}^3$		Определить массу стержня m , используя для определения внешнего диаметра D длину его окружности L	$m = V \cdot \rho$ $V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} l$ $D = \frac{L}{\pi}$
2	$L = 3 \text{ м}$ $l = 2 \text{ м}$ $\rho = 6300 \text{ кг/m}^3$			
3	$d = 0,5 \text{ м}$ $h = 1 \text{ м}$ $\tau = 250 \text{ с}$ $\rho = 1230 \text{ кг/m}^3$		Определить массовый расход жидкости G_m , кг/с , используя	$G_m = m/\tau$ $m = \rho \cdot V$ $V = \pi d^2 h / 4$

4	$d=0,02 \text{ м}$ $h=0,05 \text{ м}$ $t=10 \text{ с}$ $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$		метод налива за определенное время (объемный метод)	
5	$l=10 \text{ м}$ $D=10 \text{ мм}$ $\rho=0,05 \text{ Ом}\cdot\text{м}$		Измерить электрическое сопротивление проводника R по его длине l и площади поперечного сечения S	$R = \rho \frac{l}{S}$ $S = \frac{\pi D^2}{4}$
6	$l=25 \text{ м}$ $D=5 \text{ мм}$ $\rho=0,005 \text{ Ом}\cdot\text{м}$		Измерить электрическое сопротивление проводника R по его длине l и площади поперечного сечения S	$R = \rho \frac{l}{S}$ $S = \frac{\pi D^2}{4}$
7	$d=0,1 \text{ м}$ $V=100 \text{ л}$		Определить глубину скважины h по объему залившейся в нее воды V	$V = \frac{\pi d^2}{4} h$
8	$d=0,15 \text{ м}$ $V=500 \text{ л}$		Определить глубину скважины h по объему залившейся в нее воды V	$V = \frac{\pi d^2}{4} h$
9	$R=500 \text{ Ом}$ $d=0,5 \text{ мм}$ $\rho=0,005 \text{ Ом}\cdot\text{м}$		Определить длину проводника l по величине его электрического сопротивления R	$R = \rho \frac{l}{S}$ $S = \frac{\pi D^2}{4}$
10	$R=1200 \text{ Ом}$ $d=1 \text{ мм}$ $\rho=0,5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$		Определить длину проводника l по величине его электрического сопротивления R	$R = \rho \frac{l}{S}$ $S = \frac{\pi D^2}{4}$
11	$l=500 \text{ м}$ $\alpha=60^\circ$		Определить высоту трубы h по длине l и углу наклона α	$h=l \cdot \sin \alpha$
12	$l=200 \text{ м}$ $\alpha=40^\circ$		Определить высоту трубы h по длине l и углу наклона α	$h=l \cdot \sin \alpha$
13	$d=20 \text{ мм}$, $D=100 \text{ мм}$, $\varepsilon=1$ $\Delta P=630 \text{ мм в.ст.}$ $\rho=10^3 \text{ кг/м}^3$		Определить расход жидкости G , $\text{м}^3/\text{с}$ через сужающее устройство. Перепад статических давлений	$G = 111 \varepsilon \frac{d^2}{D^2} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$ $m = d^2 / D^2$

14	$d=50 \text{ мм}$, $D=100 \text{ мм}$, $\varepsilon=1$ $\Delta P=630 \text{ мм в.ст.}$ $\rho=2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$		изменений ΔP измеряется жидкостным микроманометром в мм в.ст.	$m=0,2$: $\alpha=0,66 D^{-0,012}$; $m=0,5$: $\alpha=0,75 D^{-0,013}$. ΔP - [Па] 1 мм в.ст.=10 Па
15	$D=100 \text{ мм}$, $\Delta H_{\text{дин}}=120 \text{ мм}$ в.ст. $\rho=1,23 \text{ кг/м}^3$		Определить расход воздуха в воздуховоде G_v , $\text{м}^3/\text{с}$, измеряя динамический напор трубкой Прандтля. Пере-пад давлений измеряется жидкостным микроманометром в мм в.ст.	$G_v=V \cdot S$ $V = \sqrt{\frac{2 \Delta H_{\text{дин}}}{\rho}}$ $S = \frac{\pi D^2}{4}$ $\Delta H_{\text{дин}} - [\text{Па}]$ 1 мм в.ст.=10 Па
16	$D=150 \text{ мм}$, $\Delta H_{\text{дин}}=220 \text{ мм в.ст.}$ $\rho=1,5 \text{ кг/м}^3$		изменений ΔP измеряется жидкостным микроманометром в мм в.ст.	$\Delta H_{\text{дин}} - [\text{Па}]$ 1 мм в.ст.=10 Па
17	$l=2 \text{ м}$ $\Delta l=1 \text{ мм}$ $d=10 \text{ мм}$ $E=2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$		Измерить массу m груза, используя закон Гука, по длине стержня l , его удлинению Δl и площади попечного сечения S	$\sigma = E \varepsilon$ $\sigma = \frac{P}{S}$ $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ $m = \frac{P}{g}$ $S = \frac{\pi d^2}{4}$
18	$l=1 \text{ м}$ $\Delta l=1,5 \text{ мм}$ $d=5 \text{ мм}$ $E=1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$		изменений m груза, используя закон Гука, по длине стержня l , его удлинению Δl и площади попечного сечения S	$\sigma = E \varepsilon$ $\sigma = \frac{P}{S}$ $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ $m = \frac{P}{g}$ $S = \frac{\pi d^2}{4}$
19	$h=200 \text{ м}$ $\alpha=48^\circ$		Определить расстояние l до объекта по известной его высоте h и углу наклона α	$l = h / \tan \alpha$
20	$h=450 \text{ м}$ $\alpha=13^\circ$		известной его высоте h и углу наклона α	$l = h / \tan \alpha$

Примечание: Вариант задания выбирается по двум последним цифрам номера зачетной книжки. Причем, если предпоследняя цифра этого номера нечетная, то выбираются темы с №1 по №10, если четная – темы с №11 по №20. По последней цифре номера зачетной книжки выбирается вариант в диапазоне с №1 по №10 или с №11 по №20.

Пример: Последние две цифры номера зачетной книжки “15”, “35” или “55” и т.д. – соответственно выбирается вариант №5. При последних цифрах зачетной книжки “25”, “45” или “65” и т.д. – соответственно выбирается вариант №15.

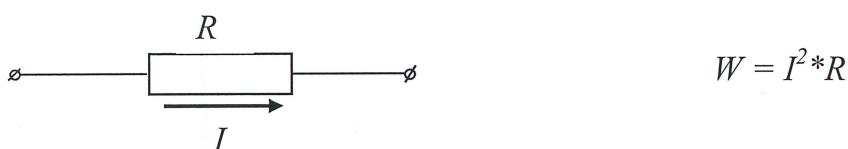
книжки выбирается вариант в диапазоне с №1 по №10 или с №11 по №20.

Пример: Последние две цифры номера зачетной книжки “15”, “35” или “55” и т.д. – соответственно выбирается вариант №5. При последних цифрах зачетной книжки “25”, “45” или “65” и т.д. – соответственно выбирается вариант №15.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Определить мощность электрического нагревательного прибора и погрешность измерения по измеренным значениям его внутреннего сопротивления $R = 25 \text{ Ом}$ и тока $I = 10 \text{ А}$.

Схема измерения и уравнение расчета
косвенной величины - мощности



Решение

1. Мощность, потребляемая нагревательным прибором, определяется по измеренным значениям тока и сопротивления прибора по известному уравнению взаимосвязи между ними.

$$W = I^2 * R = 10^2 * 25 = 2500 \text{ Вт}$$

2. Назначаем приборы и классы их точности. Ток измеряется амперметром класса $K_I = 0,5$, сопротивление - омметром класса $K_R = 2$.

3. Относительная основная погрешность приборов определяется из класса точности

$$\delta_I = K_I = 0,5 \%$$

$$\delta_R = K_R = 2 \%$$

Абсолютная погрешность приборов определяется

$$\Delta I = \frac{\delta_I \cdot I}{100} = \frac{0,5 \cdot 10}{100} = 0,05 \text{ А} \quad (1)$$

$$\Delta R = \frac{\delta_R \cdot R}{100} = \frac{2 \cdot 25}{100} = 0,5 \text{ Ом} \quad (1)$$

Примечание: Для линейных размеров абсолютную погрешность можно определить, как половину цены деления выбранного инструмента.

4. Относительная погрешность косвенной величины определяется, как сумма частных производных её расчетной формулы по каждой влияющей величине, деленных на значение косвенной величины. То есть, для электрической мощности $W = I^2/R$ необходимо взять частные производные по току I и сопротивлению R и разделить на значение мощности

$$\delta_W = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\Delta x_i}{f(x_i)} \right]^2} = \sqrt{\left(\frac{\partial W}{\partial I} \frac{\Delta I}{W} \right)^2 + \left(\frac{\partial W}{\partial R} \frac{\Delta R}{W} \right)^2}. \quad (2)$$

Частные производные

$$\frac{\partial W}{\partial I} = 2I * R \quad \frac{\partial W}{\partial R} = I^2 \quad (3)$$

Относительная погрешность определения мощности

$$\begin{aligned} \delta_W &= \sqrt{\left(\frac{2IR\Delta I}{I^2 R} \right)^2 + \left(\frac{I^2 \Delta R}{I^2 R} \right)^2} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{2\Delta I}{I} \right)^2 + \left(\frac{\Delta R}{R} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 0,05}{10} \right)^2 + \left(\frac{0,5}{25} \right)^2} = \\ &= \sqrt{1 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-4}} = 0,022 \end{aligned} \quad (4)$$

Абсолютная погрешность определения мощности

$$\Delta W = \delta_W \cdot W = 0,022 \cdot 2500 = 55 \text{ Вт}$$

5. Из уравнения (4) следует, что наибольшее влияние на относительную погрешность δ_W оказывает погрешность сопротивления ΔR (составляющая по току равна $1 \cdot 10^{-4}$, а по сопротивлению – $4 \cdot 10^{-4}$). Уменьшаем величину абсолютной погрешности ΔR на 50 % (по заданию) - $\Delta R_2 = 0,25 \text{ Ом}$ и рассчитываем новые относительную

$$\begin{aligned} \delta_{W_2} &= \sqrt{\left(\frac{2\Delta I}{I} \right)^2 + \left(\frac{\Delta R}{R} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 0,05}{10} \right)^2 + \left(\frac{0,25}{25} \right)^2} = \\ &= \sqrt{1 \cdot 10^{-4} + 1 \cdot 10^{-4}} = 0,014 \end{aligned}$$

и абсолютную погрешности определения мощности

$$\Delta W_2 = \delta_{W_2} \cdot W = 0,014 \cdot 2500 = 35 \text{ Вт}.$$

Результат расчета: мощность нагревательного прибора при первых значениях назначеннной погрешности измерений ($\delta_J = 0,5 \%$, $\delta_R = 2 \%$) равна

$$W=2500\pm55 \text{ Вт.}$$

После уменьшения погрешности измерения сопротивления ($\delta_R=1 \%$) мощность нагревательного прибора равна

$$W=2500\pm35 \text{ Вт.}$$

8.2. Вопросы контроля знаний

Таблица 7

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

№ вопроса	Вопросы
Раздел 5.1	
1	Направления развития стандартизации. Российские и международные организации стандартизации.
2	Кодирование и классификация объектов стандартизации. Примеры классификаторов.
3	Характеристика унификации и агрегирования. Цель и объекты унификации.
4	Принцип предпочтительности (система предпочтительных чисел).
5	ЕСКД, цель, группы стандартизации.
6	ЕСТД, назначение. Классификация форм технологических документов.
7	Категории стандартов. ГОСТ, ОСТ.
8	Категории стандартов. ТУ, СТП, ИСО.
9	Факторы, влияющие на качество, показатели качества.
10	Аттестация качества.
Раздел 5.2	
1	Основные цели и объекты сертификации.
2	Качество продукции и защита потребителя.
3	Схемы и системы сертификации.
4	Обязательная и добровольная сертификация.
5	Органы по сертификации. Испытательные лаборатории.
Раздел 5.3	