



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Приборостроение»

7-8 классы

Заключительный этап

2024-2025

Задания, ответы и критерии оценивания

ЗАДАЧА 1 (10 баллов)

На настенных часах, спешащих на одну секунду в сутки, выставили верное время. Когда такие часы снова будут показывать верное время?

Решение:

Настенные часы снова будут показывать верное время, когда накопленная погрешность составит ровно 12 часов. В секундах такая погрешность составит:

$$12 \times 60 \times 60 \text{ с} = 43\,200 \text{ с}$$

Эта погрешность со скоростью 1 секунда в сутки накопится за 43 200 суток, т.е. в среднем с учетом високосного года (365,25 дней):

$$43\,200 / 365,25 = 118 \text{ лет } 100 \text{ дней } 12 \text{ часов}$$

ЗАДАЧА 2 (20 баллов)

Для определения коэффициентов номинальной статической характеристики медного термопреобразователя (термометра) сопротивления провели эксперимент по его нагреванию в термостате от 20°C до 200 °C.

Термометр сопротивления – это средство измерений температуры, состоящее из одного или нескольких термочувствительных элементов сопротивления и внутренних соединительных проводов, помещенных в герметичный защитный корпус, внешних клемм или выводов, предназначенных для подключения к измерительному прибору.

Чувствительный элемент первичного преобразователя выполнен из металлической проволоки бифилярной намотки или пленки, нанесенной на диэлектрическую подложку (рис. 1). Чувствительный элемент имеет выводы для крепления соединительных проводов и известную зависимость электрического сопротивления от температуры. Принцип работы термометра сопротивления основан на изменении электрического сопротивления термочувствительного элемента от температуры.

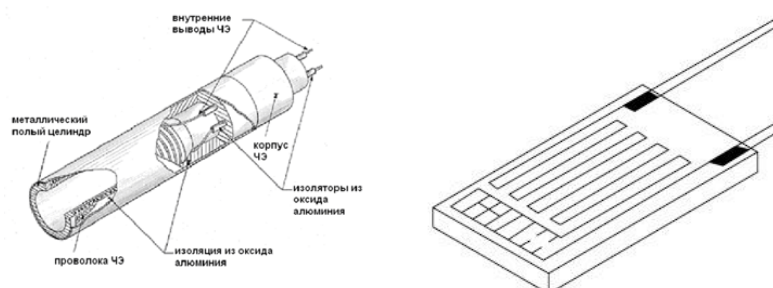


Рис. 1. Виды конструкций термометра сопротивления

В ходе измерительного эксперимента измерялось электрическое сопротивление чувствительного элемента термопреобразователя. В результате получили зависимость, приведенную на рис. 2.

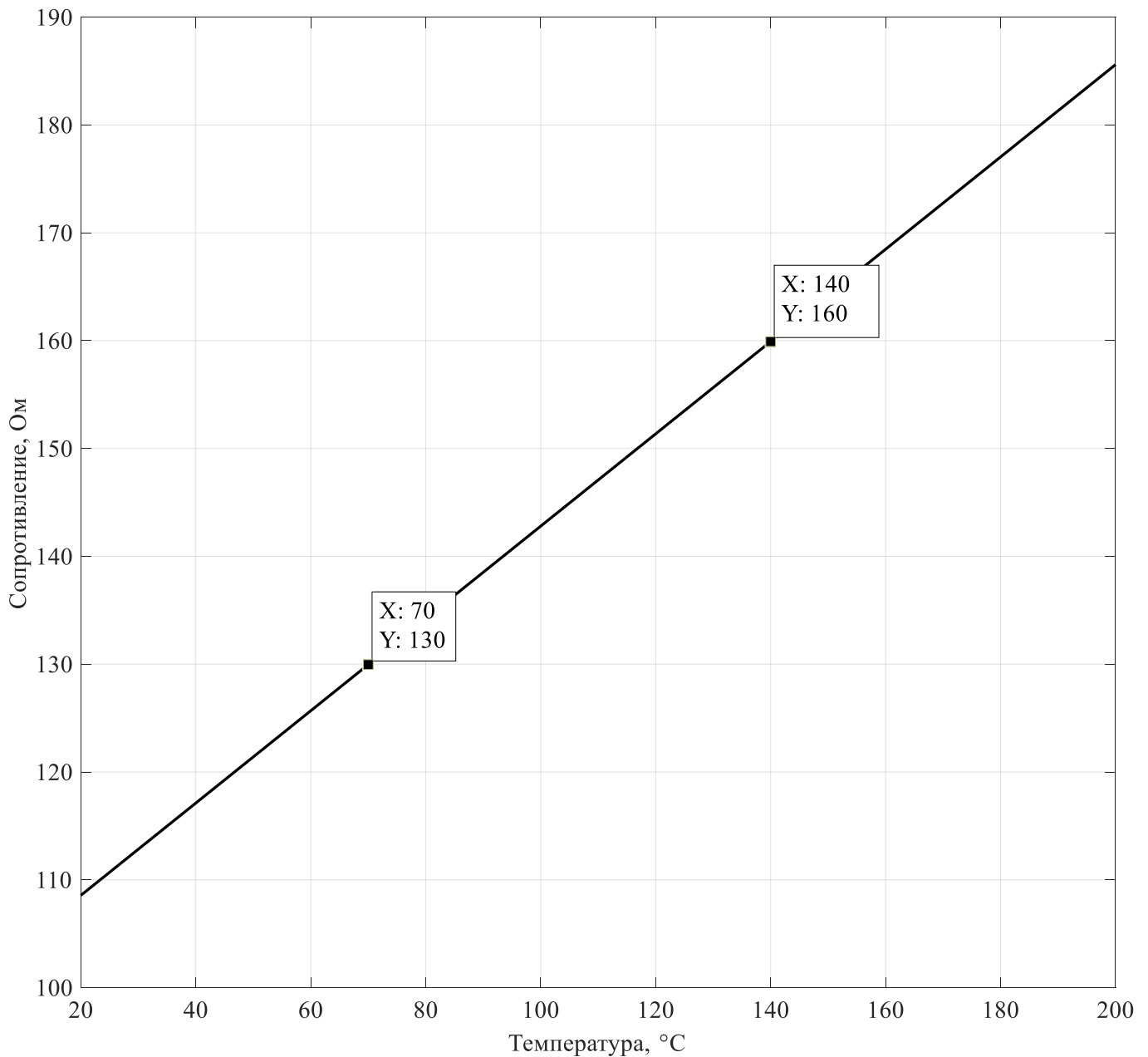


Рис. 2. Зависимость сопротивления термометра от температуры

Номинальная статическая характеристика медного термометра сопротивления в диапазоне измеряемых температур (0...200) °C по ГОСТ 6651–2009 описывается уравнением:

$$R_t = R_0(1 + At),$$

где R_t – сопротивление термометра при температуре t , °C; R_0 – сопротивление термометра при температуре 0°C; A – температурный коэффициент сопротивления.

По полученной экспериментальной зависимости выходного сопротивления термометра сопротивления от температуры определить коэффициенты R_0 и A , указать их единицы измерения.

Решение:

Номинальная статическая характеристика медного термометра сопротивления в диапазоне измеряемых температур (0...200) °C представляет собой линейную зависимость, поэтому для определения ее параметров необходимо составить систему из двух уравнений. По графику на рис. 2 найдем значения абсцисс и ординат двух точек диапазона: при температуре $t_1=70$ °C сопротивление термометра $R_1=130$ Ом и при $t_2=140$ °C сопротивление термометра $R_2=160$ Ом, соответственно.

Составим систему уравнений на основе номинальной статической характеристики медного термометра сопротивления:

$$R_1 = R_0(1+At_1)$$

$$R_2 = R_0(1+At_2)$$

в которой неизвестными являются R_0 – сопротивление термометра при температуре 0°C и A – температурный коэффициент сопротивления.

Из решения системы:

$$130 = R_0(1+A \cdot 70)$$

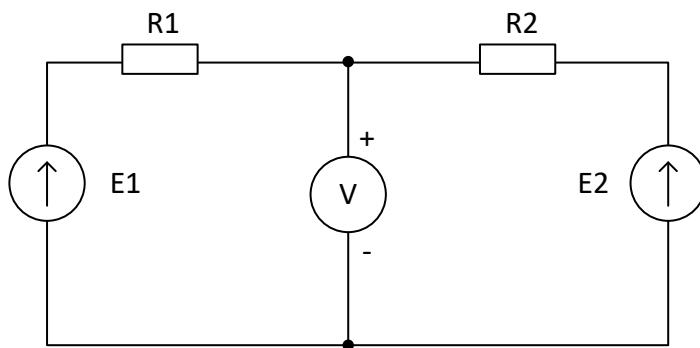
$$160 = R_0(1+A \cdot 140)$$

следует $R_0 = 100$ [Ом] и $A = 30/(70 \cdot 100)$ [1/°C] $\approx 0,0043$ [1/°C].

Ответ: $R_0 = 100$ [Ом] и $A \approx 0,0043$ [1/°C].

ЗАДАЧА 3 (30 баллов)

Источники ЭДС $E_1=10$ [В] и $E_2=-5$ [В] соединены цепью последовательно соединенных резисторов $R_1=20$ [Ом] и $R_2=30$ [Ом]. Определить показания идеального вольтметра V , подключенного к точке соединения резисторов.

**Решение:**

Обозначив искомое напряжение вольтметра U_x , по закону Ома для левого участка цепи имеем

$$I_{R1} = \frac{E1 - U_x}{R1}$$

для правого участка цепи имеем

$$I_{R2} = \frac{U_x - E2}{R2}$$

Учитывая идеальность вольтметра,

$$I_{R1} = I_{R2}$$

Следовательно,

$$\begin{aligned}\frac{E1 - U_X}{R1} &= \frac{U_X - E2}{R2} \\ R2(E1 - U_X) &= R1(U_X - E2) \\ U_X &= \frac{E1 \cdot R2 + E2 \cdot R1}{R1 + R2} \\ U_X &= \frac{10[B] \cdot 30[Om] + (-5[B]) \cdot 20[Om]}{20[Om] + 30[Om]} = 4[B]\end{aligned}$$

Ответ: 4 [В].

ЗАДАЧА 4 (40 баллов)

Проектная навигационная задача (на основе механики движения с постоянной скоростью)

Малый летательный аппарат в виде коптера вылетает из пункта А в пункт Б. Его полетное задание представлено в виде интервальных значений скоростей в моменты времени t_0 , t_1 , t_2 , t_3 . На интервале времени от t_0 до t_1 скорость горизонтального полета меняется равномерно от 0 до $V_{\max}$. На интервале времени от t_1 до t_2 скорость горизонтального полета остается постоянной равной $V_{\max}$. На интервале времени от t_2 до t_3 скорость горизонтального полета меняется равномерно от $V_{\max}$ до 0.

Данные для вычислений: $t_0=0$; $t_1=20$ секунд; $t_2=100$ секунд, $t_3=120$ секунд; $V_{\max}=200$ м/с.

Требуется:

Вычислить значение пройденного коптером пути на каждом временном интервале и суммарное расстояние между пунктами А и Б.

Построить на каждом временном интервале в масштабе графики скоростей и пройденного пути.

Формат графиков представлен на рисунке 1.

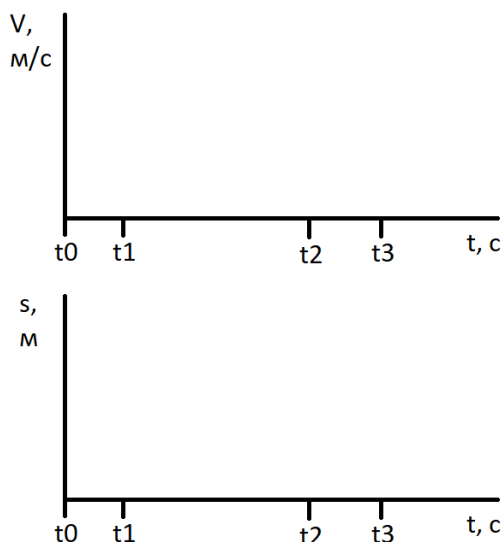


Рисунок 1 Формат представления графиков

Решение

1. Вычисление значения пути, пройденного коптером на каждом временном интервале, и суммарного расстояния между пунктами А и Б.

На интервале времени от t_0 до t_1 пройденный путь вычисляется по формуле (1) через среднее на интервале времени значение скорости $V_{\max}/2$:

$$s_{0,1} = (t_1 - t_0) \cdot V_{\max}/2. \quad (1)$$

Подстановка численных значений дает значение пройденного пути на интервале времени от t_0 до t_1 : $s_{0,1} = 2000$ метров.

На интервале времени от t_1 до t_2 пройденный путь вычисляется по формуле (2) через постоянное значение скорости $V_{\max}$:

$$s_{1,2} = (t_2 - t_1) \cdot V_{\max}. \quad (2)$$

Подстановка численных значений дает значение пройденного пути на интервале времени от t_1 до t_2 : $s_{1,2} = 16000$ метров.

На интервале времени от t_2 до t_3 пройденный путь вычисляется по формуле (3) через среднее значение скорости $V_{\max}/2$:

$$s_{2,3} = (t_3 - t_2) \cdot V_{\max}/2. \quad (3)$$

Подстановка численных значений дает значение пройденного пути на интервале времени от t_2 до t_3 : $s_{2,3} = 2000$ метров.

Суммарное значение пройденного коптером пути, которое является расстоянием между пунктами А и Б, вычисляется по формуле (4) через сумму отдельных участков траектории полета: $s_{0,3} = s_{0,1} + s_{1,2} + s_{2,3}$.

(4)

Подстановка численных значений дает значение расстояния между пунктами А и Б: $s_{0,3} = 20000$ метров.

2. Построение графиков скоростей и пройденного пути на каждом временном интервале.

График скоростей, построенный в масштабе по исходным данным, представлен на рисунке 2.

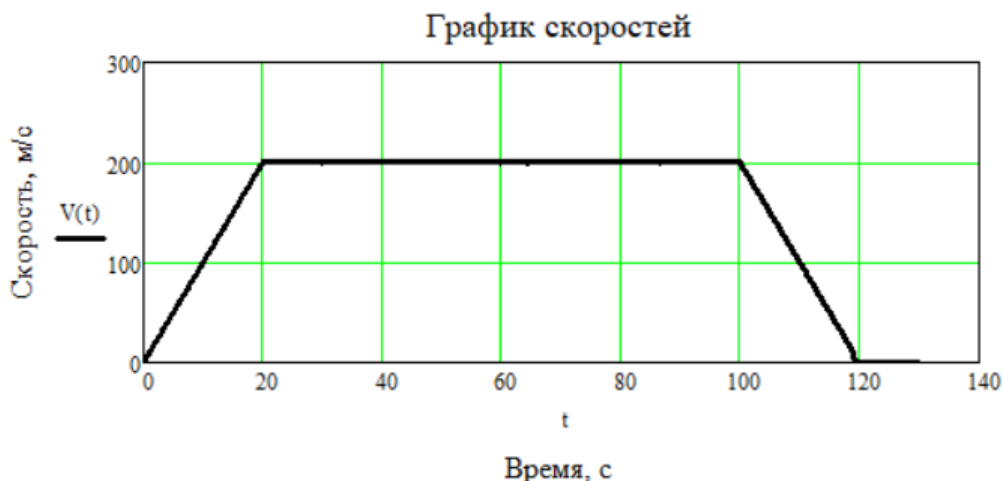


Рисунок 2 График скоростей, построенный по исходным данным

Вычисление точечных значений пути, пройденного коптером на всех интервалах времени от t_0 до t_3 .

Скорость движения коптера является переменной на интервале времени от t_0 до t_1 . Поэтому для построения графика пройденного коптером пути на интервале времени от t_0 до t_1 необходимо вычислить значения в нескольких промежуточных точках и соединить их на графике плавной кривой. В силу линейного изменения скорости достаточно вычислить значение в одной промежуточной точке, например, в средней точке временного интервала. Значение скорости в этой точке равно $V_{\max}/2$. Тогда пройденный коптером путь до этой точки определится по формуле (5):

$$s_{0,1,n} = (t_1 - t_0) \cdot V_{\max} / 4. \quad (5)$$

Подстановка численных значений дает значение пройденного пути на половине интервала времени от t_0 до t_1 : $s_{0,1,n} = 500$ метров.

Скорость движения коптера является постоянной на интервале времени от t_1 до t_2 . Поэтому, для построения графика пути, пройденного коптером на интервале времени от t_0 до t_1 , необходимо вычислить значения в двух точках, например, начальной и конечной, и соединить их на графике прямой линией. Значения в этих точках уже вычислены по выражениям (1) и (2).

На следующем интервале времени от t_2 до t_3 скорость движения коптера является переменной, линейно изменяющейся от значения $V_{\max}$ до 0 и график перемещения во времени вычисляется аналогично вычислению на интервале времени от t_0 до t_1 .

Результаты расчета точек графика перемещения коптера на интервале времени от t_0 до t_3 представлены на рисунке 3.

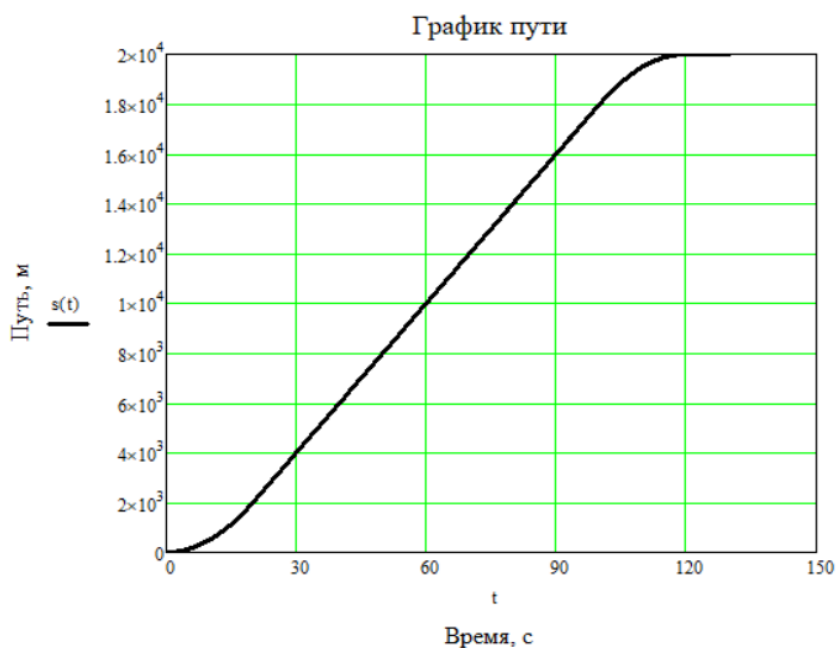


Рисунок 3 График перемещения коптера