

-1. Термодатчик

Условие

Задача 9-1. Термодатчик

В данной работе вам следует исследовать электрические свойства датчика температуры и самостоятельно сконструировать и исследовать свойства электронного термометра.

Приборы и оборудование: Датчик температуры (термосопротивление); мультиметр, термометр, источник напряжения, 2 переменных резистора, постоянный резистор известного сопротивления, ключ, соединительные провода, стакан, горячая и холодная вода.

Часть 1. Сопротивление при комнатной температуре. *В данном пункте рекомендуем использовать мультиметр в режиме измерения напряжения.*

Вам необходимо экспериментально исследовать зависимость силы тока через датчик от приложенного к нему напряжения при комнатной температуре (укажите ее значение).

1.1 Приведите электрическую схему, позволяющую измерить требуемую зависимость. 1.2 Проведите измерения зависимости силы тока через датчик от приложенного напряжения. 1.3 Постройте график полученной зависимости. 1.4 Укажите, можно ли считать сопротивление датчика постоянным (не зависящим от приложенного напряжения). 1.5 Используя полученную зависимость, рассчитайте сопротивление датчика с максимальной точностью. Оцените погрешность полученного значения.

Часть 2. Сопротивление при повышенной температуре. *В данном пункте рекомендуем использовать мультиметр в режиме измерения сопротивления.*

В данной части вам необходимо исследовать зависимость сопротивления датчика от температуры. Для этого поместите его в стакан с горячей (не более 60°C) водой, температуру которой можете измерять с помощью выданного Вам электронного термометра.

2.1 Измерьте зависимость сопротивления датчика от температуры. 2.2 Постройте график полученной зависимости. 2.3 В диапазоне температур от 20°C до 60°C зависимость сопротивления от температуры t° может быть описана приближенной формулой

$$R = \frac{a + bt^{\circ}}{t^{\circ}} \quad (1)$$

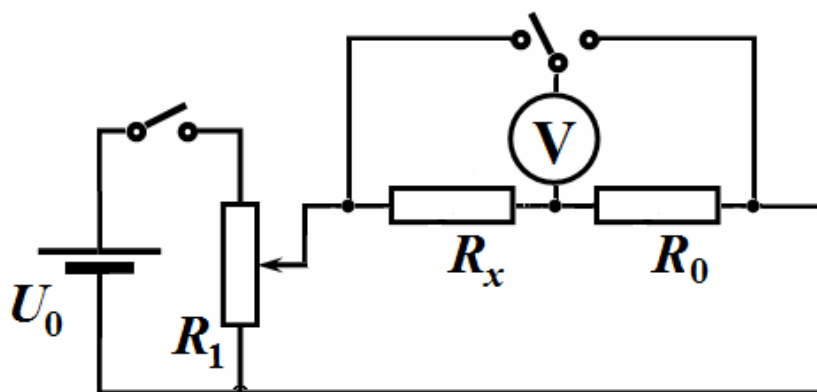
Докажите, что данная формула описывает полученную вами зависимость. Определите численные значения параметров a, b , не забудьте указать размерности этих величин (оценивать их погрешность не требуется)

Часть 3. Конструирование. 3.1 Предложите электрическую схему, позволяющую измерять температуру так, чтобы показания вольтметра в милливольтмах в 10 раз превышали температуру терморезистора в градусах Цельсия. Укажите численные значения сопротивлений переменных резисторов, которые использовались в вашей схеме. 3.2 Проведите тестирование вашей схемы: измерьте зависимость показаний мультиметра от температуры и постройте график полученной зависимости.

Решение

Задача 9-1. Термодатчик

Часть 1. Сопротивление при комнатной температуре.



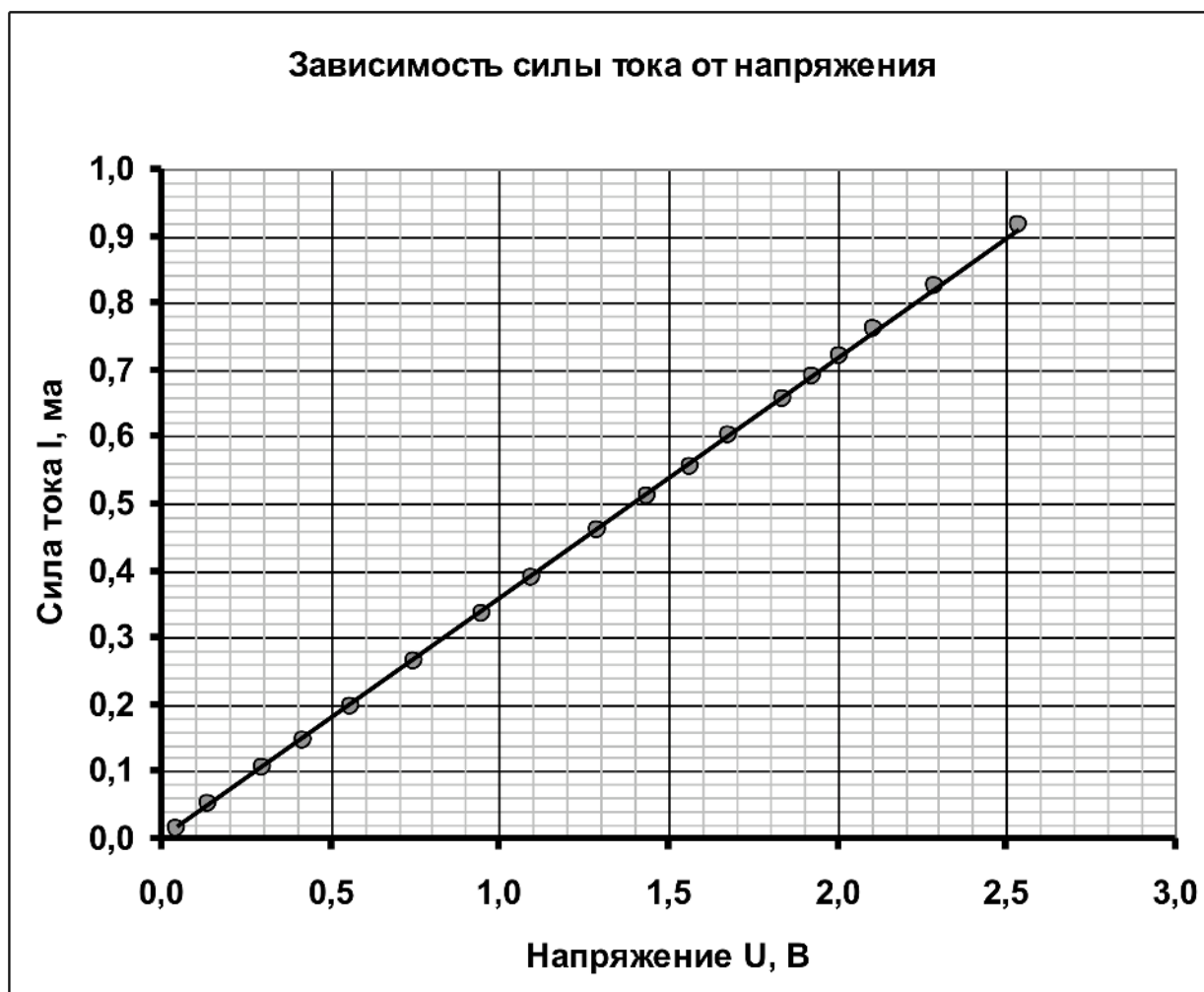
1.1 Электрическая схема, позволяющая измерить требуемую зависимость, является традиционной и показана на рисунке. Здесь $R_0 = 2,0$ кОм, R_x - исследуемое сопротивление (термодатчик). Сила тока через термодатчик рассчитывается по измеренному напряжению на резисторе R_0 с помощью формулы

$$I = \frac{U_0}{R_0}. \quad (1)$$

1.2 Результаты измерений зависимости силы тока от приложенного напряжения приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

U_x , В	U_0 , В	I_x , мА
2,54	1,83	0,915
2,29	1,65	0,825
2,11	1,52	0,760
2,01	1,44	0,720
1,93	1,38	0,690
1,84	1,31	0,655
1,68	1,20	0,600
1,57	1,11	0,555
1,44	1,02	0,510
1,29	0,92	0,460
1,10	0,78	0,390
0,95	0,67	0,335
0,75	0,53	0,265
0,56	0,39	0,195
0,42	0,29	0,145
0,30	0,21	0,105
0,14	0,10	0,050
0,05	0,03	0,015



1.3 График полученной зависимости показан на рисунке. 1.4 Полученная зависимость является прямо пропорциональной; это означает, что сопротивление датчика не зависит от приложенного напряжения. 1.5 Величина сопротивления точнее всего может быть найдена по наклону графика. Расчет¹ по МНК дает следующее значение сопротивления

$$R = (2,77 \pm 0,02) \text{ кОм.}$$

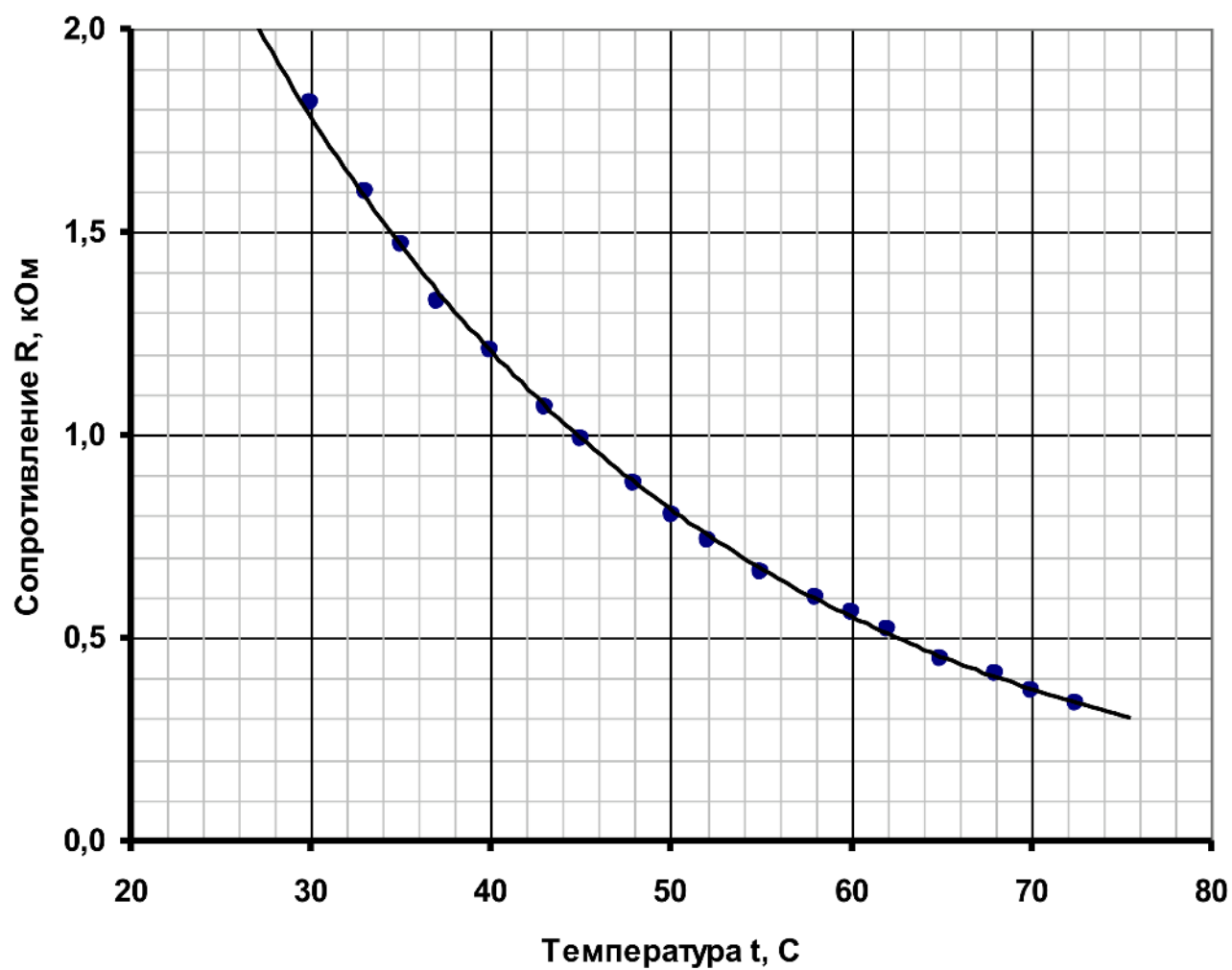
1 1

Часть 2. Сопротивление при повышенной температуре.

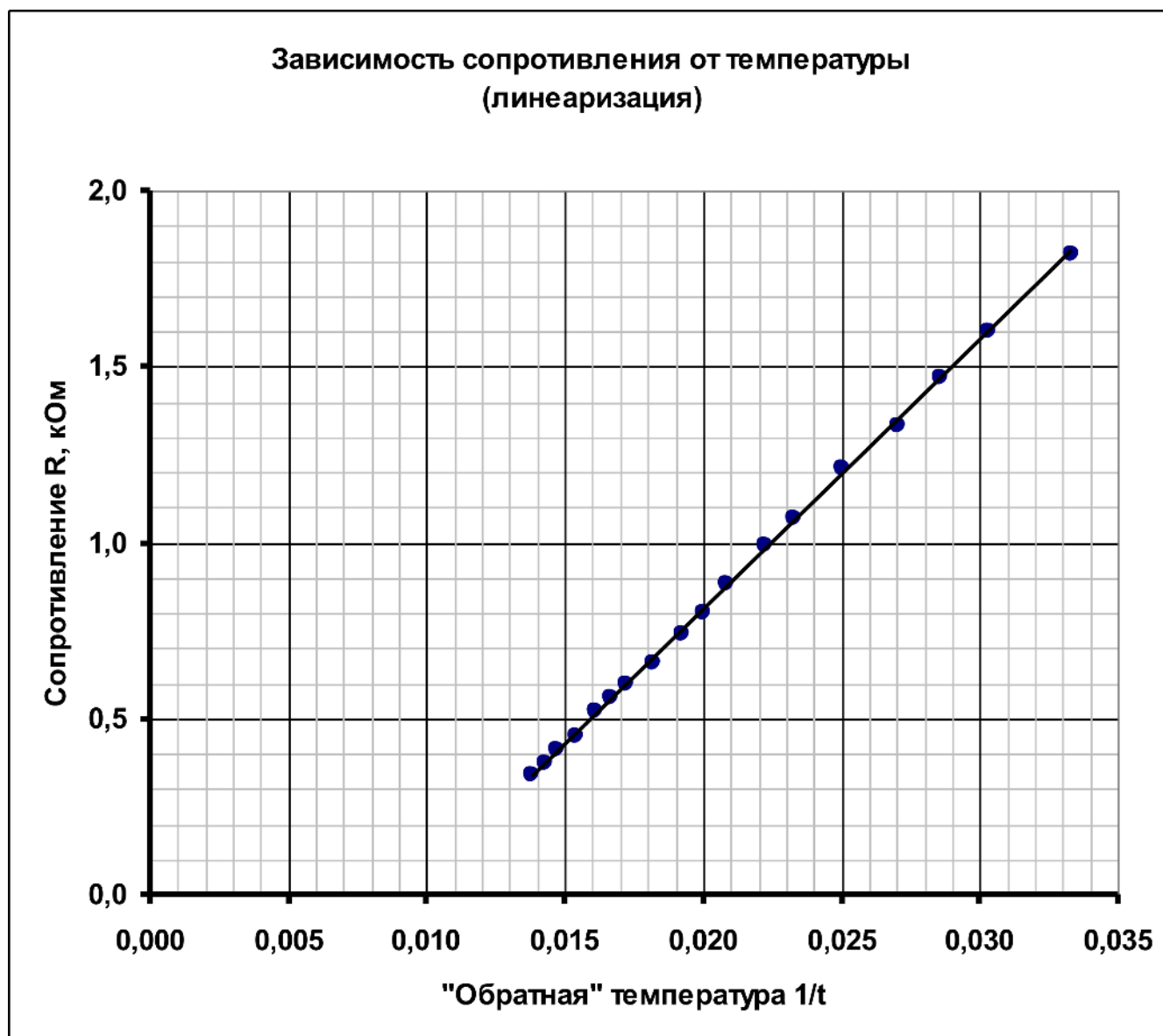
2.1 – 2.2 Результаты измерений зависимости сопротивления датчика от температуры приведены в Таблице 2 и показаны на графике.

Таблица 2.

Зависимость сопротивления от температуры



$t, ^\circ C$	$R, \kappa O_M$	$1/t$
72,5	0,34	0,014
70,0	0,37	0,014
68,0	0,41	0,015
65,0	0,45	0,015
62,0	0,52	0,016
60,0	0,56	0,017
58,0	0,60	0,017
55,0	0,66	0,018
52,0	0,74	0,019
50,0	0,80	0,020
48,0	0,88	0,021
45,0	0,99	0,022
43,0	1,07	0,023
40,0	1,21	0,025
37,0	1,33	0,027
35,0	1,47	0,029
33,0	1,60	0,030
30,0	1,82	0,033



2.3 Указанную в условии задачи формулу можно записать в виде

$$R = \frac{a + bt^{\circ}}{t^{\circ}} = \frac{a}{t^{\circ}} + b, \quad (1)$$

из которого следует, что зависимость сопротивление от величины, обратной температуре, должна быть линейной. График такой зависимости показан на следующем рисунке. Линейность полученного графика подтверждает, что приведенная формула правильно описывает полученную зависимость. Расчет параметров этой зависимости по МНК дает следующие значения

$$a = (78,4 \pm 0,8) \frac{\text{кОм}}{\text{К}}$$

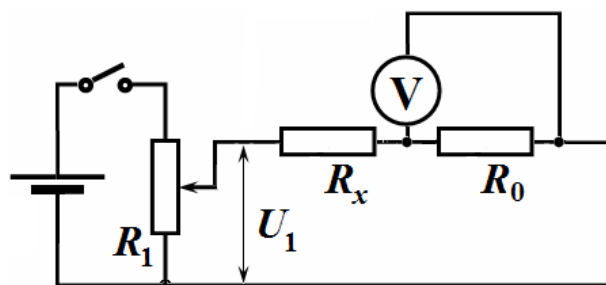
$$b = -(0,72 \pm 0,02) \text{ кОм}$$

Часть 3. Конструирование.

3.1 Схема для измерения температуры очевидна и показана на рисунке. Если выставить значение сопротивления

$$R_0 = -b = 0,72 \text{кОм},$$

то зависимость напряжения на этом резисторе от температуры будет иметь вид



$$U = \frac{U_1}{\frac{a}{t} + (R_0 - b)} R_0 = \frac{U_1 b}{a} t. \quad (2)$$

Теперь с помощью потенциометра R_1 следует выставить такое напряжение, чтобы выполнялось условие

$$\frac{U_1 b}{a} = 10 \quad \Rightarrow \quad U_1 = \frac{78,4}{0,72} = 108 \text{мВ}. \quad (4)$$

В этом случае показания вольтметра будут в 10 раз больше температуры датчика.

3.2 Тестирование схему подтверждает проделанные расчеты.

¹ Расчет графическим методом также допустим.