

измеренным ЭДС термомпар определяем температурный напор Δt :

Первый опыт:

$$\text{Значения_термомпары} = \begin{pmatrix} 0.55 \\ 0.82 \\ 0.53 \\ 0.54 \end{pmatrix} \quad \Delta t_1 = \begin{pmatrix} 8.5 \\ 12.667 \\ 8.167 \\ 8.333 \end{pmatrix}$$

$$8 + \frac{1}{0.58 - 0.52} (0.55 - 0.52) = 8.5 \quad 12 + \frac{1}{0.84 - 0.78} (0.82 - 0.78) = 12.66667$$

$$8 + \frac{1}{0.58 - 0.52} (0.53 - 0.52) = 8.16667 \quad 8 + \frac{1}{0.58 - 0.52} (0.54 - 0.52) = 8.33333$$

Второй опыт:

$$\text{Значения_термомпары} = \begin{pmatrix} 0.83 \\ 1.18 \\ 0.75 \\ 0.77 \end{pmatrix} \quad \Delta t_2 = \begin{pmatrix} 12.833 \\ 18.143 \\ 11.571 \\ 11.857 \end{pmatrix}$$

$$12 + \frac{1}{0.84 - 0.78} (0.83 - 0.78) = 12.83333 \quad 18 + \frac{1}{1.24 - 1.17} (1.18 - 1.17) = 18.14286$$

$$11 + \frac{1}{0.78 - 0.71} (0.75 - 0.71) = 11.57143 \quad 11 + \frac{1}{0.78 - 0.71} (0.77 - 0.71) = 11.85714$$

Третий опыт:

$$\text{Значения_термомпары} = \begin{pmatrix} 1.24 \\ 1.73 \\ 1.15 \\ 1.17 \end{pmatrix} \quad \Delta t_3 = \begin{pmatrix} 19 \\ 26.571 \\ 17.714 \\ 18 \end{pmatrix}$$

$$26 + \frac{1}{1.76 - 1.69} (1.73 - 1.69) = 26.57143 \quad 17 + \frac{1}{1.17 - 1.1} (1.15 - 1.1) = 17.71429$$

Плотность теплового потока на поверхности опытной трубки:

Первый опыт: $q_{c1} = \frac{1.3270}{\pi \cdot 0.03 \cdot 0.23} \quad q_{c1} = 4262.58456 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

Второй опыт: $q_{c2} = \frac{1.6490}{\pi \cdot 0.03 \cdot 0.23} \quad q_{c2} = 6809.06365 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

Третий опыт: $q_{c3} = \frac{2.1120}{\pi \cdot 0.03 \cdot 0.23} \quad q_{c3} = 11625.23063 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

Средняя температура теплоотдающей поверхности:

Первый опыт: $t_c = \frac{8.5 + 12.667 + 8.167 + 8.33}{4} + \frac{20.2 + 20.3 + 20.4 + 20.6}{4} \quad t_c = 29.791$

Второй опыт: $t_c = \frac{12.833 + 18.143 + 11.571 + 11.857}{4} + \frac{21.2 + 21.5 + 21.8 + 22.1}{4} \quad t_c = 35.251$

Третий опыт: $t_c = \frac{19 + 26.571 + 17.714 + 18}{4} + \frac{23 + 23.6 + 24 + 24.2}{4} \quad t_c = 44.02125$

Найдем $\alpha, \lambda, \beta, \nu$:

Первый опыт: $t_{ж} = 20.375 \quad q_c = 4.263 \times 10^3 \quad t_c = 29.791$

$$\alpha = \frac{q_c}{t_c - t_{ж}} \quad \alpha = 452.7400 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad \lambda = \left[59.9 + \frac{61.8 - 59.9}{10} (20.375 - 20) \right] \cdot 10^{-2} \quad \lambda = 0.59971 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$\beta = \left[1.82 + \frac{3.21 - 1.82}{10} (20.375 - 20) \right] \cdot 10^{-4} \quad \beta = 0.00019 \quad \frac{1}{\text{К}} \quad \nu = \left[1.006 + \frac{0.805 - 1.006}{10} (20.375 - 20) \right] \cdot 10^{-6}$$

$$\nu = 9.98462 \times 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}} \quad Pr_{ж} = 7.02 + \frac{5.42 - 7.02}{10} (20.375 - 20) \quad Pr_{ж} = 6.96 \quad Pr_c = 7.02 + \frac{5.42 - 7.02}{10} (29.791 - 20) \quad Pr_c = 5.45344$$

Второй опыт: $t_{ж} = 21.65 \quad q_c = 6.809 \times 10^3 \quad t_c = 35.251$

$$\alpha = \frac{q_c}{t_c - t_{ж}} \quad \alpha = 500.6249 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad \lambda = \left[59.9 + \frac{61.8 - 59.9}{10} (21.65 - 20) \right] \cdot 10^{-2} \quad \lambda = 0.60213 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$\beta = \left[1.82 + \frac{3.21 - 1.82}{10} (21.65 - 20) \right] \cdot 10^{-4} \quad \beta = 0.0002 \quad \frac{1}{\text{К}} \quad \nu = \left[1.006 + \frac{0.805 - 1.006}{10} (21.65 - 20) \right] \cdot 10^{-6}$$

$$\nu = 9.72835 \times 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}} \quad Pr_{ж} = 7.02 + \frac{5.42 - 7.02}{10} (21.65 - 20) \quad Pr_{ж} = 6.756 \quad Pr_c = 5.42 + \frac{4.31 - 5.42}{10} (35.251 - 30) \quad Pr_c = 4.83714$$

Третий опыт: $t_{ж} = 23.7 \quad q_c = 1.163 \times 10^4 \quad t_c = 44.021$

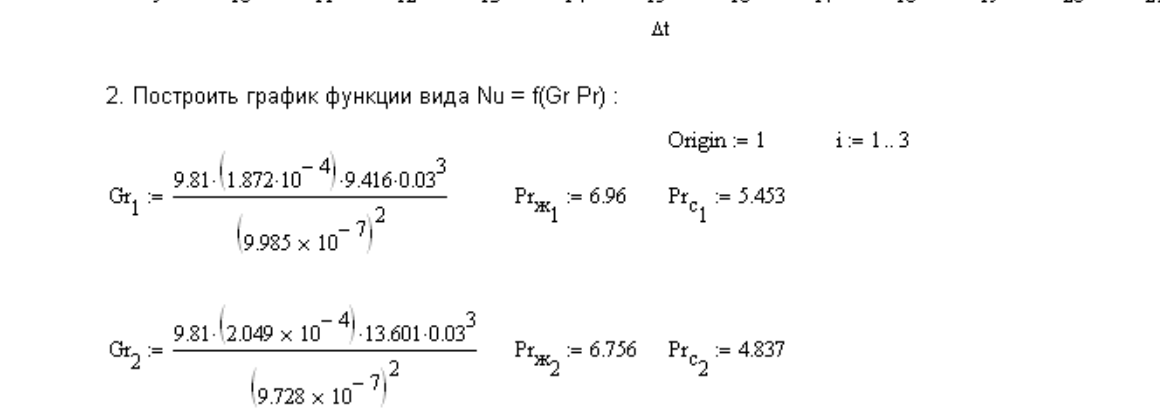
$$\alpha = \frac{q_c}{t_c - t_{ж}} \quad \alpha = 572.3143 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad \lambda = \left[59.9 + \frac{61.8 - 59.9}{10} (23.7 - 20) \right] \cdot 10^{-2} \quad \lambda = 0.60603 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$\beta = \left[1.82 + \frac{3.21 - 1.82}{10} (23.7 - 20) \right] \cdot 10^{-4} \quad \beta = 0.00023 \quad \frac{1}{\text{К}} \quad \nu = \left[1.006 + \frac{0.805 - 1.006}{10} (23.7 - 20) \right] \cdot 10^{-6}$$

$$\nu = 9.3163 \times 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}} \quad Pr_{ж} = 7.02 + \frac{5.42 - 7.02}{10} (23.7 - 20) \quad Pr_{ж} = 6.428 \quad Pr_c = 4.31 + \frac{3.54 - 4.31}{10} (44.021 - 40) \quad Pr_c = 4.00038$$

Графическая часть:

1. Построить график зависимости $\alpha = f(\Delta t)$: $\alpha = \begin{pmatrix} 452.74 \\ 500.625 \\ 572.314 \end{pmatrix} \quad \Delta t = \begin{pmatrix} 9.416 \\ 13.601 \\ 20.321 \end{pmatrix}$



2. Построить график функции вида $Nu = f(Gr \cdot Pr)$:

$$Gr_1 = \frac{9.81 \cdot (1.872 \cdot 10^{-4}) \cdot 9.416 \cdot 0.03^3}{(9.985 \cdot 10^{-7})^2} \quad Pr_{ж1} = 6.96 \quad Pr_{c1} = 5.453 \quad Origin = 1 \quad i = 1..3$$

$$Gr_2 = \frac{9.81 \cdot (2.049 \cdot 10^{-4}) \cdot 13.601 \cdot 0.03^3}{(9.728 \cdot 10^{-7})^2} \quad Pr_{ж2} = 6.756 \quad Pr_{c2} = 4.837$$

$$Gr_3 = \frac{9.81 \cdot (2.334 \cdot 10^{-4}) \cdot 20.321 \cdot 0.03^3}{(9.316 \cdot 10^{-7})^2} \quad Pr_{ж3} = 6.428 \quad Pr_{c3} = 4$$

$$Nu_1 = 0.5 \cdot (Gr_1 \cdot Pr_{ж1})^{0.25} \quad Nu_1 = \begin{pmatrix} 21.24465 \\ 23.95615 \\ 27.61493 \end{pmatrix}$$

- Теоретические значения, по экспериментальным Gr и Pr

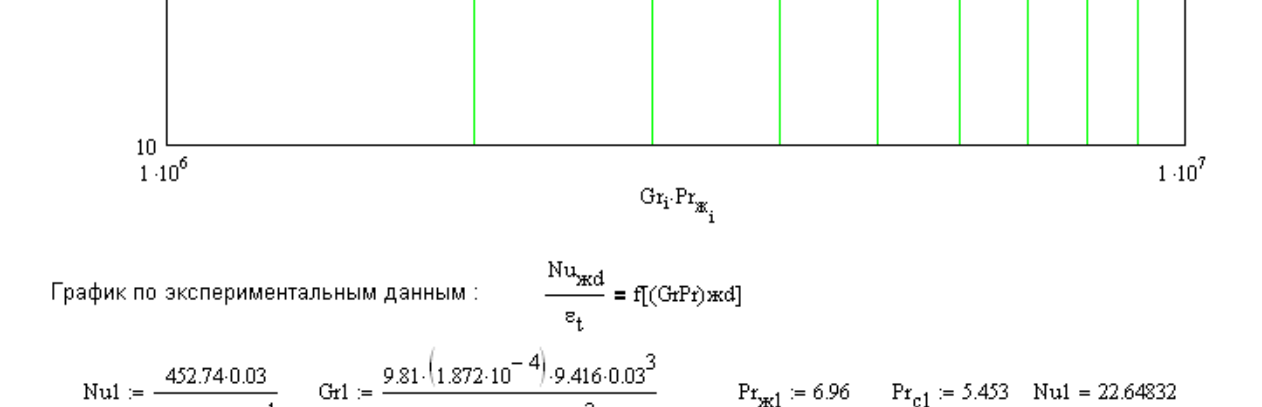


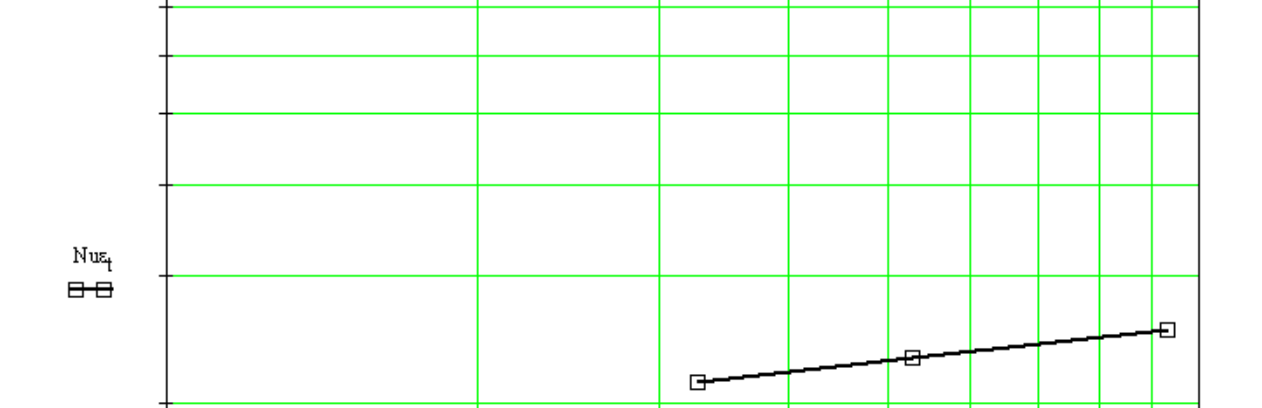
График по экспериментальным данным: $\frac{Nu_{эксп}}{Pr_t} = f(Gr \cdot Pr)$

$$Nu_1 = \frac{452.74 \cdot 0.03}{5.997 \cdot 10^{-1}} \quad Gr_1 = \frac{9.81 \cdot (1.872 \cdot 10^{-4}) \cdot 9.416 \cdot 0.03^3}{(9.985 \cdot 10^{-7})^2} \quad Pr_{ж1} = 6.96 \quad Pr_{c1} = 5.453 \quad Nu_1 = 22.64832$$

$$Nu_2 = \frac{500.625 \cdot 0.03}{6.021 \cdot 10^{-1}} \quad Gr_2 = \frac{9.81 \cdot (2.049 \cdot 10^{-4}) \cdot 13.601 \cdot 0.03^3}{(9.728 \cdot 10^{-7})^2} \quad Pr_{ж2} = 6.756 \quad Pr_{c2} = 4.837 \quad Nu_2 = 24.94395$$

$$Nu_3 = \frac{572.314 \cdot 0.03}{6.06 \cdot 10^{-1}} \quad Gr_3 = \frac{9.81 \cdot (2.334 \cdot 10^{-4}) \cdot 20.321 \cdot 0.03^3}{(9.316 \cdot 10^{-7})^2} \quad Pr_{ж3} = 6.428 \quad Pr_{c3} = 4 \quad Nu_3 = 28.33238$$

$$Nu_{теор1} = \begin{pmatrix} \frac{Nu_1}{(6.96)^{0.25}} \\ \frac{Nu_2}{(6.756)^{0.25}} \\ \frac{Nu_3}{(6.428)^{0.25}} \end{pmatrix} \quad Gr \cdot Pr = \begin{pmatrix} Gr_1 \cdot Pr_{ж1} \\ Gr_2 \cdot Pr_{ж2} \\ Gr_3 \cdot Pr_{ж3} \end{pmatrix} \quad Gr \cdot Pr = \begin{pmatrix} 3.25925 \times 10^6 \\ 5.26973 \times 10^6 \\ 9.30456 \times 10^6 \end{pmatrix}$$



Расчитать значения c и n для экспериментальной зависимости Nu от $Gr \cdot Pr$

Значения Nu рассчитываем по формуле $Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$ из опытных данных

$$Nu_{опыт} = \begin{pmatrix} 22.64832 \\ 24.94395 \\ 28.33238 \end{pmatrix}$$

Значения Nu рассчитываем по соотношению $Nu = 0.5 \cdot (Gr \cdot Pr_{ж})^{0.25}$

$$Nu_{теория} = \begin{pmatrix} 21.24465 \\ 23.95615 \\ 27.61493 \end{pmatrix}$$

Произведение $Gr \cdot Pr$ и в том и в другом случае равны $Gr \cdot Pr = \begin{pmatrix} 3.25925 \times 10^6 \\ 5.26973 \times 10^6 \\ 9.30456 \times 10^6 \end{pmatrix}$



Значение c и n

Первое приближение $c = 0.5 \quad n = 0.25$

$$Given \quad 22.648 = c \cdot (3.2593 \times 10^6)^n \quad 24.944 = c \cdot (5.2697 \times 10^6)^n \quad 28.332 = c \cdot (9.3046 \times 10^6)^n$$

Minerr(c,n) = ■ Средние по всей прямой значения $c = 0.90138 \quad n = 0.21487$

$$Given \quad 22.648 = c \cdot (3.2593 \times 10^6)^n \quad 24.944 = c \cdot (5.2697 \times 10^6)^n$$

Find(c,n) = ■ Первая и вторая точки

$$Given \quad 22.648 = c \cdot (3.2593 \times 10^6)^n \quad 28.332 = c \cdot (9.3046 \times 10^6)^n$$

Find(c,n) = ■ Первая и третья точки

$$Given \quad 24.944 = c \cdot (5.2697 \times 10^6)^n \quad 28.332 = c \cdot (9.3046 \times 10^6)^n$$

Find(c,n) = ■ Если рассмотреть только вторую и третью точки прямой

$$c = 0.77841 \quad n = 0.22401$$

Рассчитать значения c и n для экспериментальной зависимости Nu от $Gr \cdot Pr$

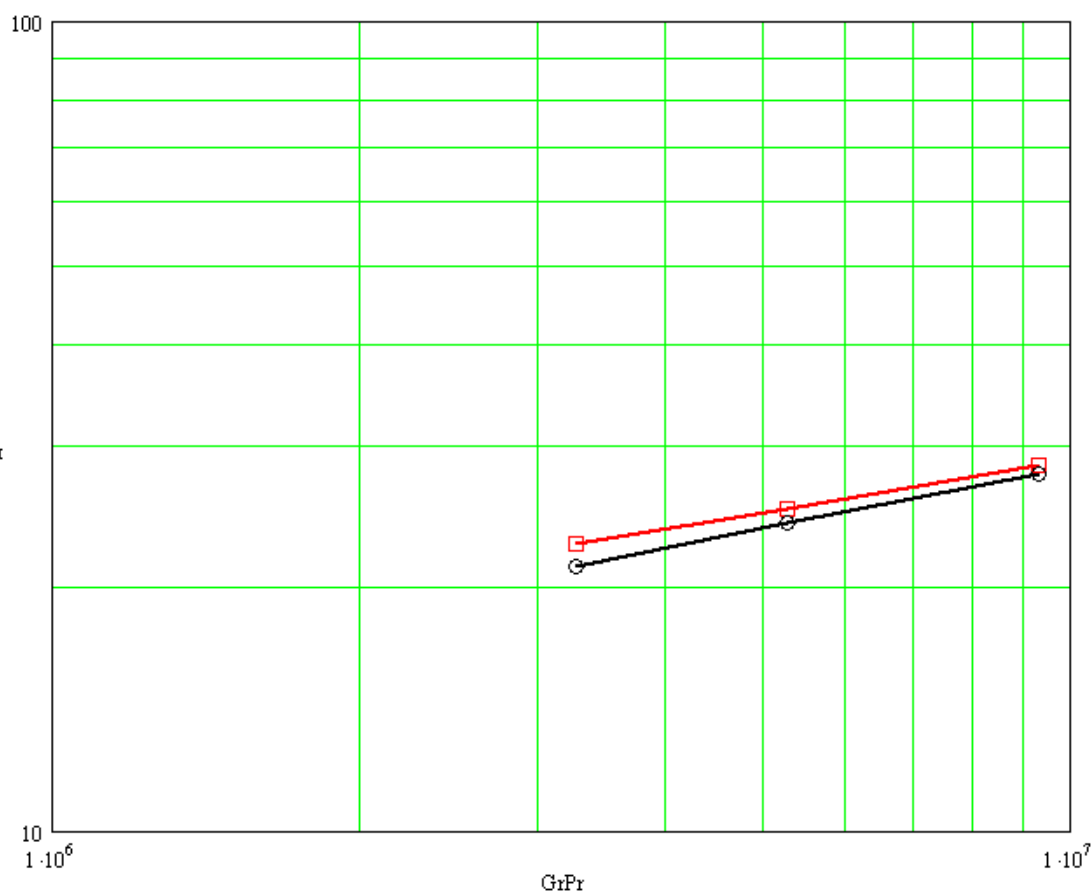
Значения Nu рассчитанные по формуле $Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$ из опытных данных

$$Nu_{\text{опыт}} := \begin{pmatrix} 22.64832 \\ 24.94395 \\ 28.33238 \end{pmatrix}$$

Значения Nu рассчитанные по соотношению $Nu = 0.5 (Gr \cdot Pr_{\text{ж}})^{0.25}$

$$Nu_{\text{теория}} := \begin{pmatrix} 21.24465 \\ 23.95615 \\ 27.61493 \end{pmatrix}$$

Произведение $Gr \cdot Pr$ и в том и в другом случае равны $GrPr := \begin{pmatrix} 3.25925 \times 10^6 \\ 5.26973 \times 10^6 \\ 9.30456 \times 10^6 \end{pmatrix}$



Значение c и n

Первое приближение $c := 0.5$ $n := 0.25$

Given

$$22.648 = c \cdot (3.2593 \times 10^6)^n \quad 24.944 = c \cdot (5.2697 \times 10^6)^n \quad 28.332 = c \cdot (9.3046 \times 10^6)^n$$

$$\text{Miner}(c, n) = \begin{pmatrix} 0.90138 \\ 0.21487 \end{pmatrix}$$

Средние по всей прямой значения $c = 0.90138$ $n = 0.21487$

Given

$$22.648 = c \cdot (3.2593 \times 10^6)^n \quad 24.944 = c \cdot (5.2697 \times 10^6)^n$$

$$\text{Find}(c, n) = \begin{pmatrix} 1.11183 \\ 0.20098 \end{pmatrix}$$

Первая и вторая точки

Given

$$22.648 = c \cdot (3.2593 \times 10^6)^n \quad 28.332 = c \cdot (9.3046 \times 10^6)^n$$

$$\text{Find}(c, n) = \begin{pmatrix} 0.92199 \\ 0.21346 \end{pmatrix}$$

Первая и третья точки

Given

$$24.944 = c \cdot (5.2697 \times 10^6)^n \quad 28.332 = c \cdot (9.3046 \times 10^6)^n$$

$$\text{Find}(c, n) = \begin{pmatrix} 0.77841 \\ 0.22401 \end{pmatrix}$$

Если рассмотреть только вторую и третью точки прямой

$$c = 0.77841 \quad n = 0.22401$$