$Номер\_Группы := 5$

$Номер\_Бригады := 2$

Заданные параметры:

$r := 0.01 \cdot (Номер\_Группы + Номер\_Бригады) = 0.07$

$$Data := \begin{bmatrix} "No" & "U,B" & "t\_ж\_выход,°C" & "1" & "2" & "3" & "4" & "5" & "6" & " \\ 1 & 0.69\ В & (45+r)\ °C & (41+r)\ °C & (50+r)\ °C & (53+r)\ °C & (54+r)\ °C & (53+r)\ °C & (57+r)\ °C & (60+ \\ 2 & 0.69\ В & (42+r)\ °C & (38+r)\ °C & (46+r)\ °C & (49+r)\ °C & (49+r)\ °C & (48+r)\ °C & (53+r)\ °C & (55+ \\ 3 & 0.69\ В & (39.3+r)\ °C & (37+r)\ °C & (42+r)\ °C & (45+r)\ °C & (46+r)\ °C & (45+r)\ °C & (49+r)\ °C & (52+ \end{bmatrix}$$

$x := [\ 12.7\ 34\ 68\ 102\ 136\ 204\ 272\ 340\ 425\ 468\ ]\ мм$

$A := 0.08\ \frac{Вт}{К}$ $R := 0.022\ Ом$ $d := 0.0085\ м$ $l := 0.5\ м$

Расчет:

Опыт 1:

Расчет среднеарифметической температуры стенки:

$$t_{c\_1} := \frac{\sum_{i=0}^{9} Data_{2\,4+i}}{10} = 56.57\ °C$$

Расчитываем значение $Q_{пот}$:

$Q_{пот} := A \cdot (t_{c\_1} - Data_{2\,14}) = 2.6\ Вт$

Расчитаем W:

$$W := \frac{(Data_{2\,2})^2}{R} = 21.64\ Вт$$

Расчитаем Q:

$Q_1 := W - Q_{пот} = 19.04\ Вт$

Расчитываем q:

$$q := \frac{Q_1}{\pi \cdot d \cdot l} = 1426\ \frac{Вт}{м^2}$$

Определяем коэффициент теплоотдачи:

for $i \in [1..10]$

$t_{ж_i} := Data_{2\,14} + \frac{(Data_{2\,3} - Data_{2\,14}) \cdot x_{1\,i}}{l}$

$t_ж^T = [\ 24.6\ 25.5\ 26.93\ 28.35\ 29.78\ 32.64\ 35.49\ 38.35\ 41.92\ 43.73\ ]\ °C$

for $i \in [1..10]$

$\alpha_{1_i} := \frac{q}{Data_{2\,3+i} - t_{ж_i}}$

$\alpha_1^T = [\ 86.61\ 58.04\ 54.55\ 55.46\ 61.24\ 58.37\ 58.03\ 57.69\ 59.05\ 58.58\ ]\ \frac{Вт}{м^2 К}$

Опыт 1:

Расчет среднеарифметической температуры стенки:

$$t_{c\_1} := \frac{\sum_{i=0}^{9} Data_{3\,4+i}}{10} = 52.07\ °C$$

Расчитываем значение $Q_{пот}$:

$$Q_{пот} := A \cdot \left(t_{c\_1} - Data_{3\,14}\right) = 2.24\ Вт$$

Расчитаем W:

$$W := \frac{\left(Data_{3\,2}\right)^2}{R} = 21.64\ Вт$$

Расчитаем Q:

$$Q_2 := W - Q_{пот} = 19.4\ Вт$$

Расчитываем q:

$$q := \frac{Q_2}{\pi \cdot d \cdot l} = 1453\ \frac{Вт}{м^2}$$

Определяем коэффициент теплоотдачи:

for $i \in [1..10]$

$$t_{ж_i} := Data_{3\,14} + \frac{\left(Data_{3\,3} - Data_{3\,14}\right) \cdot x_{1\,i}}{l}$$

$$t_ж^{T} = [\,24.53\ 25.29\ 26.52\ 27.74\ 28.97\ 31.41\ 33.86\ 36.31\ 39.37\ 40.92\,]\ °C$$

for $i \in [1..10]$

$$\alpha_{2_i} := \frac{q}{Data_{3\,3+i} - t_{ж_i}}$$

$$\alpha_2^{T} = [\,107.3\ 69.94\ 64.43\ 68.13\ 76.06\ 67.1\ 68.51\ 66.78\ 66.96\ 65.59\,]\ \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Опыт 1:

Расчет среднеарифметической температуры стенки:

$$t_{c\_1} := \frac{\sum_{i=0}^{9} Data_{4\,4+i}}{10} = 48.6\ °C$$

Расчитываем значение $Q_{пот}$:

$$Q_{пот} := A \cdot \left(t_{c\_1} - Data_{4\,14}\right) = 1.962\ Вт$$

Расчитаем W:

$$W := \frac{\left(Data_{4\,2}\right)^2}{R} = 21.64\ Вт$$

Расчитаем Q:

$$Q_3 := W - Q_{пот} = 19.68 \text{ Вт}$$

Расчитываем q:

$$q := \frac{Q_3}{\pi \cdot d \cdot l} = 1474 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Определяем коэффициент теплоотдачи:

for $i \in [1..10]$

$$t_{ж_i} := Data_{4\,14} + \frac{\left(Data_{4\,3} - Data_{4\,14}\right) \cdot x_{1\,i}}{l}$$

$$t_ж^{T} = [24.46\ 25.11\ 26.15\ 27.19\ 28.23\ 30.31\ 32.39\ 34.47\ 37.08\ 38.39]\ °\text{C}$$

for $i \in [1..10]$

$$\alpha_{3_i} := \frac{q}{Data_{4\,3+i} - t_{ж_i}}$$

$$\alpha_3^{T} = [116.9\ 86.9\ 77.9\ 78.07\ 87.53\ 78.57\ 74.9\ 75.21\ 73.71\ 73.77] \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\ \text{К}}$$

Средняя скорость воздуха:

$$\rho_1 := \text{CoolProp\_Props}\left("D", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{2\,3} + Data_{2\,14}}{2}, "Air"\right) = 1.147 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$c_{p.1} := \text{CoolProp\_Props}\left("Cpmass", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{2\,3} + Data_{2\,14}}{2}, "Air"\right) = 1.007 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

$$w_1 := \frac{4 \cdot Q_1}{\rho_1 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot c_{p.1} \cdot \left(Data_{2\,3} - Data_{2\,14}\right)} = 13.83 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\rho_2 := \text{CoolProp\_Props}\left("D", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{3\,3} + Data_{3\,14}}{2}, "Air"\right) = 1.153 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$c_{p.2} := \text{CoolProp\_Props}\left("Cpmass", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{3\,3} + Data_{3\,14}}{2}, "Air"\right) = 1.007 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

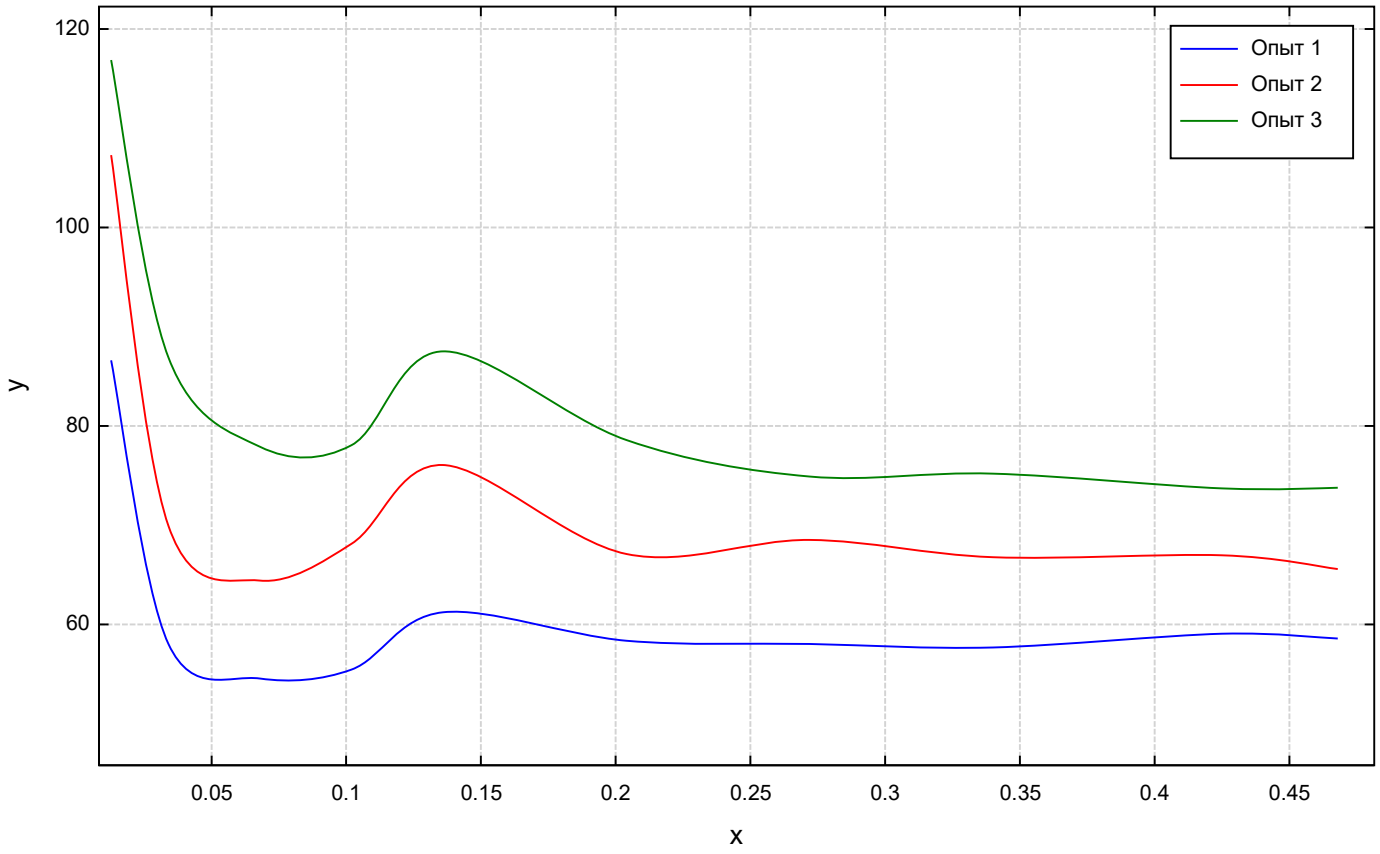
$$w_2 := \frac{4 \cdot Q_2}{\rho_2 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot c_{p.2} \cdot \left(Data_{3\,3} - Data_{3\,14}\right)} = 16.37 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\rho_3 := \text{CoolProp\_Props}\left("D", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{4\,3} + Data_{4\,14}}{2}, "Air"\right) = 1.158 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$c_{p.3} := \text{CoolProp\_Props}\left("Cpmass", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{4\,3} + Data_{4\,14}}{2}, "Air"\right) = 1.007 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

$$w_3 := \frac{4 \cdot Q_2}{\rho_3 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot c_{p.3} \cdot \left(Data_{4\,3} - Data_{4\,14}\right)} = 19.17 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

График зависимости a(x):



По графику можно определить значение начального термического участка:

$l_{н.т.1} := 0.2$ м

$l_{н.т.2} := 0.25$ м

$l_{н.т.3} := 0.27$ м

Нахождение среднеарифметической α_{∞}:

$$\alpha_{\infty.1} := \frac{\alpha_{1_1} + \alpha_{1_2} + \alpha_{1_3} + \alpha_{1_4} + \alpha_{1_5} + \alpha_{1_6}}{6} = 62.38 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

$$\alpha_{\infty.2} := \frac{\alpha_{2_1} + \alpha_{2_2} + \alpha_{2_3} + \alpha_{2_4} + \alpha_{2_5} + \alpha_{2_6}}{6} = 75.49 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

$$\alpha_{\infty.3} := \frac{\alpha_{3_1} + \alpha_{3_2} + \alpha_{3_3} + \alpha_{3_4} + \alpha_{3_5} + \alpha_{3_6} + \alpha_{3_7}}{7} = 85.82 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

График α = ϕ(w):

$$x := \begin{bmatrix} 13.83 \\ 16.37 \\ 19.17 \end{bmatrix} \quad y := \begin{bmatrix} 62.38 \\ 75.49 \\ 85.82 \end{bmatrix}$$

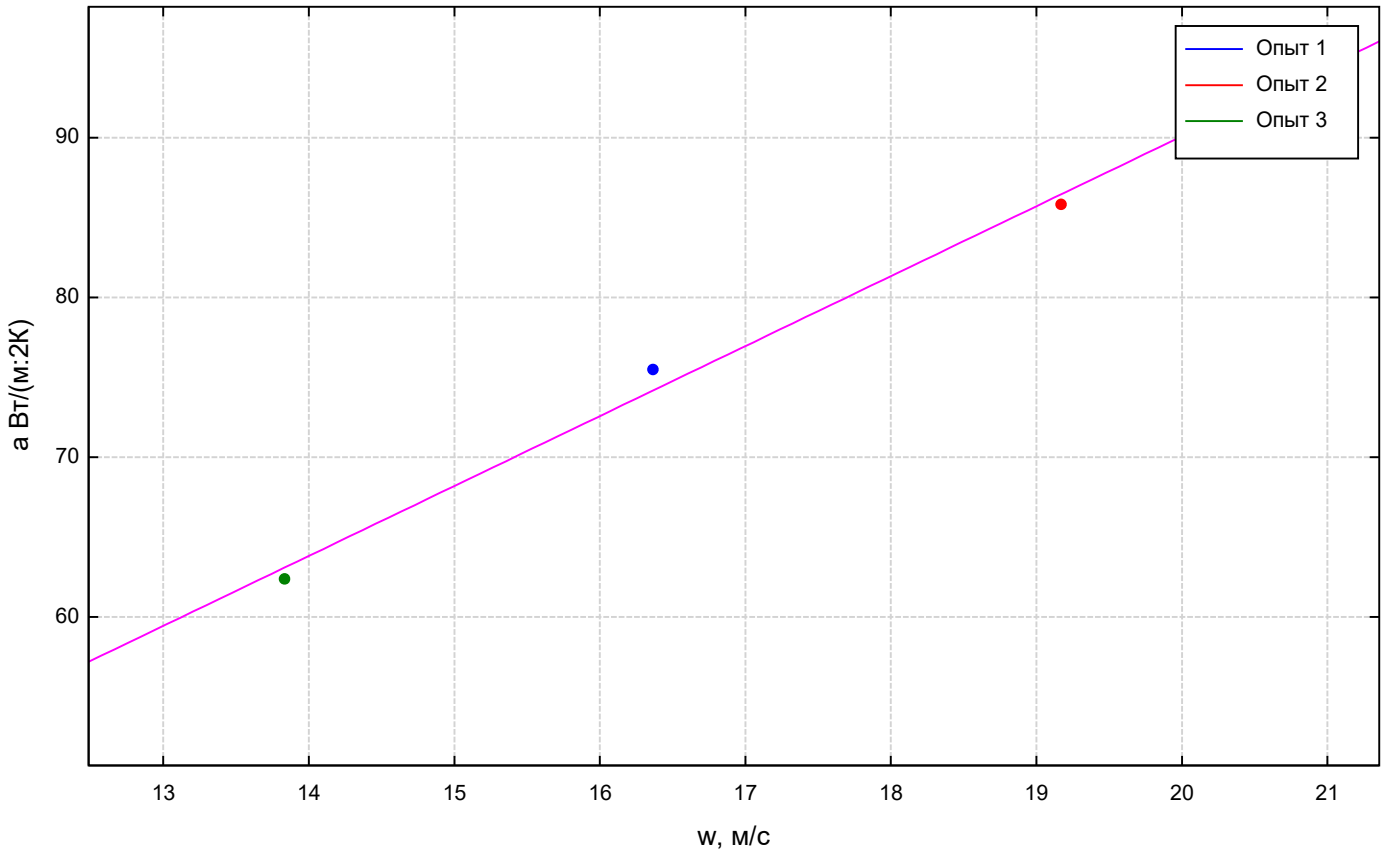
$$f_{aprox}(x, a, b) := a + b \cdot x$$

$$S := \sum_{p=1}^{3} \left(y_p - f_{aprox}(x_p, a, b) \right)^2$$

$$\begin{cases} \frac{d}{d\,a} S \\ \frac{d}{d\,b} S \end{cases}$$

$$\text{roots}\left(\begin{bmatrix} \frac{d}{d\,a} S \\ \frac{d}{d\,b} S \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} 2.523 \\ 4.378 \end{bmatrix}$$

$$a := 2.523 \quad b := 4.378 \qquad y(z) := a + b \cdot z$$



Определим значения Nu и Re:

$$\lambda_1 := \text{CoolProp\_Props}\left("L", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{2\,3} + Data_{2\,14}}{2}, "Air"\right) = 0.02696\ \frac{\text{Вт}}{\text{м К}}$$

$$Nu_1 := \frac{\alpha_{\infty.1} \cdot d}{\lambda_1} = 19.67$$

$$\lambda_2 := \text{CoolProp\_Props}\left("L", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{3\,3} + Data_{3\,14}}{2}, "Air"\right) = 0.02684\ \frac{\text{Вт}}{\text{м К}}$$

$$Nu_2 := \frac{\alpha_{\infty.2} \cdot d}{\lambda_2} = 23.9$$

$$\lambda_3 := \text{CoolProp\_Props}\left("L", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{4\,3} + Data_{4\,14}}{2}, "Air"\right) = 0.02675\ \frac{\text{Вт}}{\text{м К}}$$

$$Nu_3 := \frac{\alpha_{\infty.3} \cdot d}{\lambda_3} = 27.28$$

$$\mu := \text{CoolProp\_Props}\left("V", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{2\,3} + Data_{2\,14}}{2}, "Air"\right) = 1.891 \cdot 10^{-5}\ \text{с Па}$$

$$\rho := \text{CoolProp\_Props}\left("D", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{2\,3} + Data_{2\,14}}{2}, "Air"\right) = 1.147\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\nu_1 := \frac{\mu}{\rho} = 1.648 \cdot 10^{-5}\ \frac{(\text{м})^2}{\text{с}}$$

$$\mu := \text{CoolProp\_Props}\left("V", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{3\,3} + Data_{3\,14}}{2}, "Air"\right) = 1.884 \cdot 10^{-5}\ \text{с Па}$$

$$\rho := \text{CoolProp\_Props}\left("D", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{3\,3} + Data_{3\,14}}{2}, "Air"\right) = 1.153\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\nu_2 := \frac{\mu}{\rho} = 1.634 \cdot 10^{-5}\ \frac{(\text{м})^2}{\text{с}}$$

$$\mu := \text{CoolProp\_Props}\left("V", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{4\,3} + Data_{4\,14}}{2}, "Air"\right) = 1.877 \cdot 10^{-5}\ \text{с Па}$$

$$\rho := \text{CoolProp\_Props}\left("D", "P", 1\ \text{атм}, "T", \frac{Data_{4\,3} + Data_{4\,14}}{2}, "Air"\right) = 1.158\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\nu_3 := \frac{\mu}{\rho} = 1.621 \cdot 10^{-5}\ \frac{(\text{м})^2}{\text{с}}$$

$$Re_1 := \frac{w_1 \cdot d}{\nu_1} = 7136$$

$$Re_2 := \frac{w_2 \cdot d}{\nu_2} = 8515$$

$$Re_3 := \frac{w_3 \cdot d}{\nu_3} = 10050$$

Определяем логарифмические параметры:

$Nu\_lg_1 := \lg(Nu_1) = 1.294$ $Nu\_lg_2 := \lg(Nu_2) = 1.378$ $Nu\_lg_3 := \lg(Nu_3) = 1.436$

$Re\_lg_1 := \lg(Re_1) = 3.853$ $Re\_lg_2 := \lg(Re_2) = 3.93$ $Re\_lg_3 := \lg(Re_3) = 4.002$

$$x := \begin{bmatrix} 3.853 \\ 3.93 \\ 4.002 \end{bmatrix} \quad y := \begin{bmatrix} 1.294 \\ 1.378 \\ 1.436 \end{bmatrix}$$

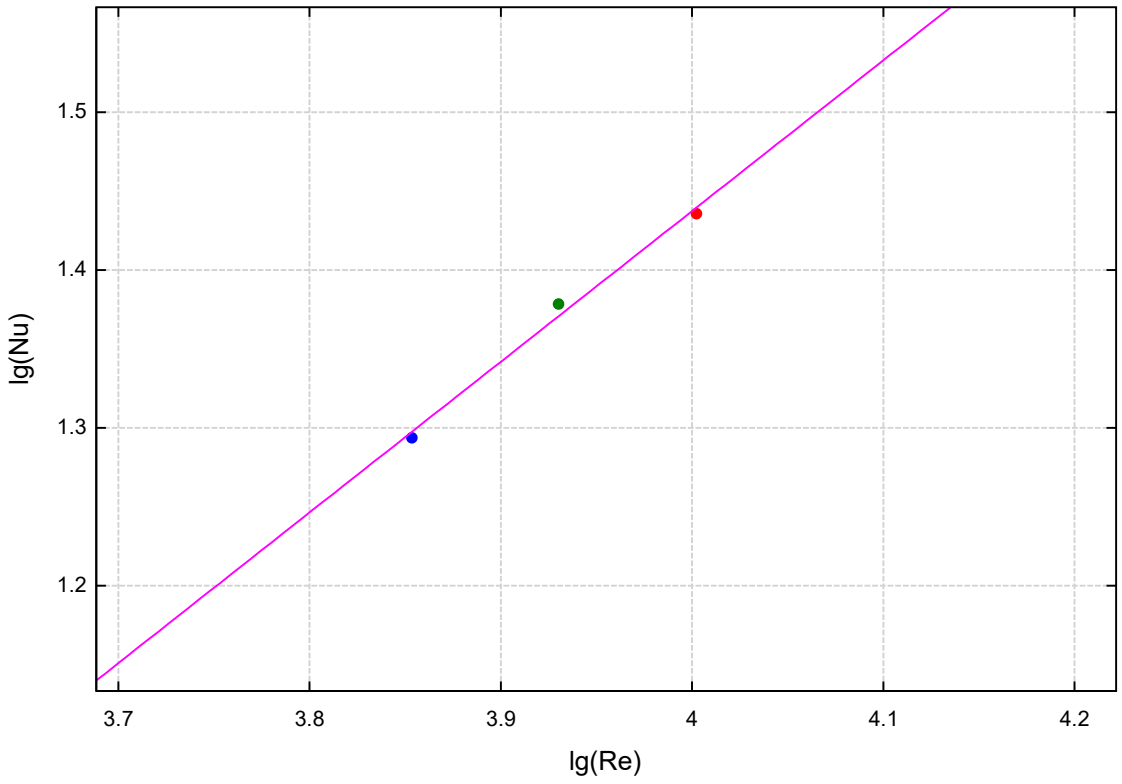
$$f_{aprox}(x, s, v) := s + v \cdot x$$

$$S := \sum_{p=1}^{3} \left(y_p - f_{aprox}(x_p, s, v) \right)^2$$

$$\begin{cases} \frac{d}{d\,s} S \\ \frac{d}{d\,v} S \end{cases}$$

$$\text{roots}\left(\begin{bmatrix} \frac{d}{d\,s} S \\ \frac{d}{d\,v} S \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} s \\ v \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} -2.381 \\ 0.9546 \end{bmatrix}$$

$$s := \frac{-2.381}{1} \quad v := \frac{0.9546}{1} \quad y(n) := s + v \cdot n$$



Найдем угол наклона:

$\alpha := \text{solve}(\text{tg}(\alpha) = v, \alpha, 0°, 45°) = 43.67°$

$$n := \left(\mathrm{tg}\left(\alpha\right)\right) = 0.9546$$

$$C := \mathrm{solve}\left(Nu_1 = C \cdot Re_1^{\,n}, C\right) = 0.004124$$

Следовательно искомое уравнение:

$$Nu = 0.004124 \cdot Re^{0.9546}$$