Параметры потоков: $G_{He} := 180\frac{кг}{ч}$

$T_{He\_вх} := 184.2K$ $T_{He\_вых} := 84.2K$ $T_{N2\_вх} := 79.2K$ $T_{N2\_вых} := 79.2K$

	Сжатый гелий	**Азот**
Давление	$p_{He} := 2МПа$	$p_{N2} := 0.125МПа$
Температура	$T_{He\_ср} := \frac{T_{He\_вх} + T_{He\_вых}}{2} = 134.2\,K$	$T_{N2\_ср} := \frac{T_{N2\_вых} + T_{N2\_вх}}{2} = 79.2\,K$
Теплоемкость	$C_{pHe} = 5.21\cdot\frac{кДж}{кг\cdot К}$	$C_{pN2} := 2.014\ \frac{кДж}{кг\cdot К}$
	$C_{pHe} = 1.24\cdot\frac{ккал}{кг\cdot К}$	$C_{pN2} = 0.48\cdot\frac{ккал}{кг\cdot К}$
Удельный объем	$\nu_{He} = 0.1423\cdot\frac{м^3}{кг}$	$\nu_{N2} := 0.001192\cdot\frac{м^3}{кг}$
Теплота парообразования		$r := 48\frac{ккал}{кг} = 200.83\cdot\frac{кДж}{кг}$
Динамическая вязкость	$\mu_{He} = 1.205\times10^{-6}\cdot\frac{кГ\cdot с}{м^2}$	$\mu_{N2} = 2.25\times10^{-5}\cdot\frac{кГ\cdot с}{м^2}$
	$\mu_{He} = 1.18\times10^{-5}\cdot Па\cdot с$	$\mu_{N2} = 2.21\times10^{-4}\cdot Па\cdot с$
Теплопроводность	$\lambda_{He} = 0.0916\cdot\frac{Вт}{м\cdot К}$	$\lambda_{N2} = 0.16\cdot\frac{Вт}{м\cdot К}$

$$\lambda_{He} = 0.0789 \cdot \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{К} \cdot \text{ч}} \qquad \lambda_{N2} = 0.138 \cdot \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{К} \cdot \text{ч}}$$

Поверхностное натяжение

$$\sigma_{N2} := 0.011\ \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$\sigma_{N2} = 1.12 \times 10^{-3} \cdot \text{кГ} \cdot \text{м}$$

Параметры трубок $d_{вн} := 21\text{мм}$ $\delta := 1.5\text{мм}$ $d_н := d_{вн} + 2 \cdot \delta$ $D_{зм} := 0.28\text{м}$

Расчет I $\gamma_1 := \frac{1}{0.001192}$ $\gamma_2 := \frac{1}{1.3}$

$$\alpha_{N2} = 6.9 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{\gamma_2 \cdot 48}{\gamma_1 \cdot \gamma_2}\right)^{\frac{1}{30}} \cdot \left[\frac{\gamma_1}{\left(1.12 \times 10^{-3}\right)}\right]^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{0.138^{0.75} \cdot qqq^{0.7}}{\left(2.25 \times 10^{-5}\right)^{0.45} \cdot 0.48^{\frac{7}{60}} \cdot 80.1^{0.37}}$$

$$A_1 := 6.9 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{\gamma_2 \cdot 48}{\gamma_1 \cdot \gamma_2}\right)^{\frac{1}{30}} \cdot \left[\frac{\gamma_1}{\left(1.12 \times 10^{-3}\right)}\right]^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{0.138^{0.75}}{\left(2.25 \times 10^{-5}\right)^{0.45} \cdot 0.48^{\frac{7}{60}} \cdot 79.2^{0.37}} = 3.44$$

$$\alpha_{N2} = A_1 \cdot qqq^{0.7}$$

Число змеевиков, заходностей $n_{зм} := 2$

Скорость потока в трубках $\omega := \frac{4 \cdot G_{He} \cdot \nu_{He}}{n_{зм} \cdot \pi \cdot d_{вн}^{2}} = 10.27 \cdot \frac{м}{с}$

Критерий Рейнольдса $Re := \frac{\omega \cdot d_{вн}}{\mu_{He} \cdot \nu_{He}} = 128294.3$

Критерий Прандтля $Pr := \frac{\mu_{He} \cdot C_{pHe}}{\lambda_{He}} = 0.671$

Критерий Нуссельта $Nu := 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4} = 239.37$

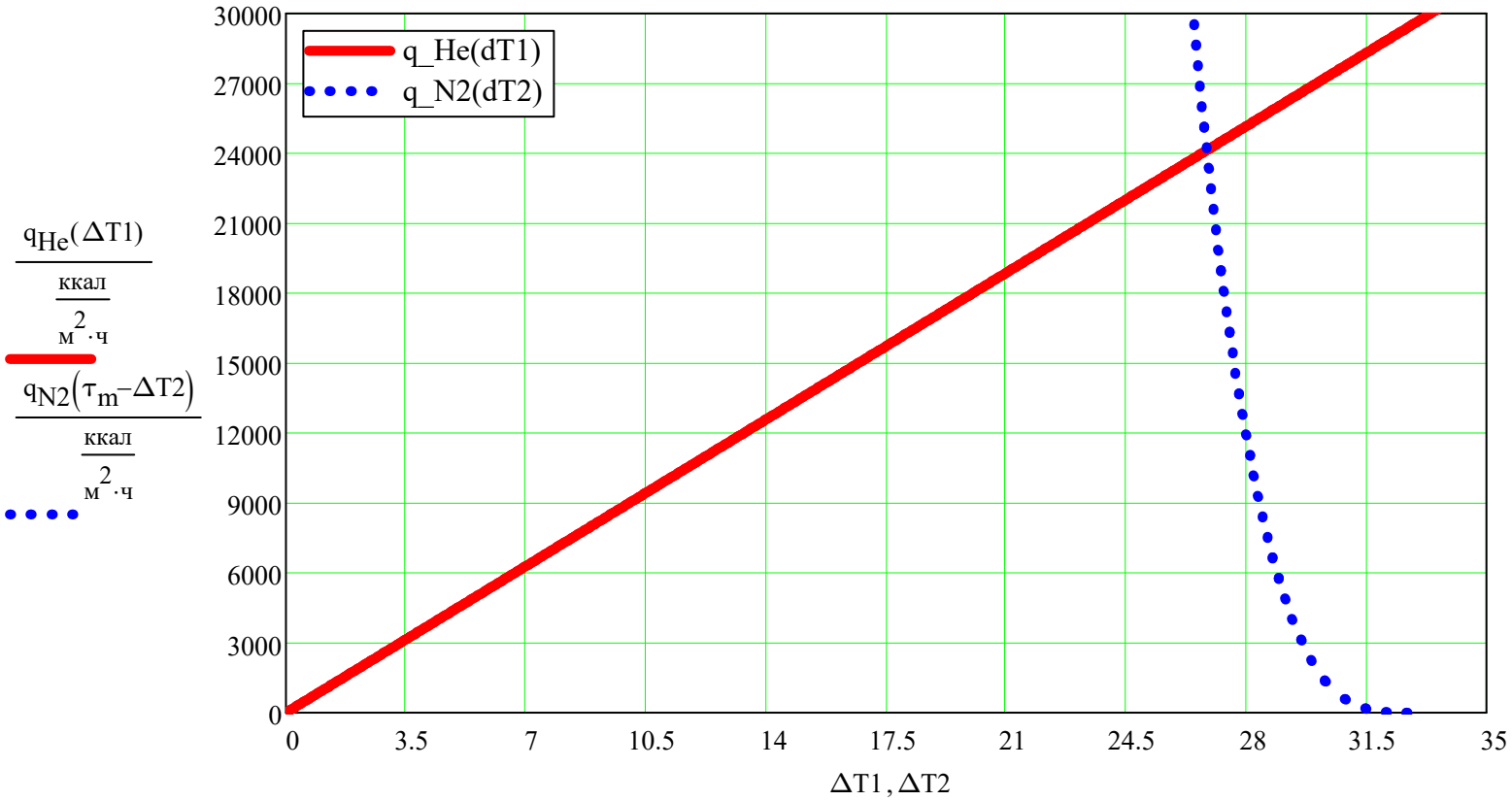
Коэфф. теплоотдачи $\alpha_{He} := \frac{Nu \cdot \lambda_{He}}{d_{вн}} = 1044.62 \cdot \frac{Вт}{м^{2} \cdot K}$ $\alpha_{He} = 898.81 \cdot \frac{ккал}{м^{2} \cdot K \cdot ч}$

Температурный напор $\Delta T_1 := 105$ $\Delta T_2 := 5$ $\tau_m := \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} = 32.85$

$$q_{кр} := 1.7 \cdot 10^{4} \cdot \frac{0.138^{0.5} \cdot \left(\gamma_1 - \gamma_2\right)^{\frac{13}{24}} \cdot \left(\gamma_2 \cdot 48 \cdot 80.1\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(1.12 \times 10^{-3}\right)^{\frac{1}{24}}}{\left(\gamma_1\right)^{\frac{5}{12}} \cdot 0.48^{\frac{1}{6}}} \cdot \frac{ккал}{м^{2} \cdot ч} = 178974.91 \cdot \frac{ккал}{м^{2} \cdot ч} \qquad q_{кр} = 208008.61 \cdot \frac{Вт}{м^{2}}$$

$q_{He}(\Delta T1) := \alpha_{He} \cdot \Delta T1 \cdot K$

$q_{N2}(\Delta T2) := \left(A_1 \cdot \Delta T2\right)^{\frac{1}{0.3}} \cdot \frac{ккал}{м^2 \cdot ч}$



$\frac{q_{He}(\Delta T1)}{\frac{ккал}{м^2 \cdot ч}}$

$\frac{q_{N2}\left(\tau_m - \Delta T2\right)}{\frac{ккал}{м^2 \cdot ч}}$

Given $\quad X := 9$

$q_{N2}\left(\tau_m - X\right) = q_{He}(X)$

Find(X) = 26.847

$\Delta T_1 := 26.847K$ $\Delta T_2 := \tau_m \cdot K - \Delta T_1 = 6K$

$q_{He}\left(\frac{\Delta T_1}{K}\right) = 24130.39 \cdot \frac{ккал}{м^2 \cdot ч}$ $q_{N2}\left(\frac{\Delta T_2}{K}\right) = 24128.43 \cdot \frac{ккал}{м^2 \cdot ч}$ $Q := 25.61кВт = 22035.37 \cdot \frac{ккал}{ч}$

$q_{кк} := \frac{q_{He}\left(\frac{\Delta T_1}{K}\right)}{\frac{ккал}{м^2 \cdot ч}} = 24130.39 \frac{ккал}{м^2 \cdot ч}$ $Q_{кк} := \frac{Q}{\frac{ккал}{ч}} = 22035.37$ $d_{н\_кк} := \frac{d_н}{м} = 0.02$

Коэффициент теплоотдачи от стенки к кипящему азоту

$\alpha_{N2} := A_1 \cdot q_{кк}^{0.7} \cdot \frac{ккал}{м^2 \cdot K \cdot ч} = 4022.39 \cdot \frac{ккал}{м^2 \cdot K \cdot ч}$ $\alpha_{N2} = 4674.91 \cdot \frac{Вт}{м^2 \cdot K}$

$l := \frac{Q_{кк}}{n_{зм} \cdot q_{кк} \cdot \pi \cdot d_{н\_кк}} = 6.06 м$ с учетом запаса $L := 1.5l \cdot м = 9.08 \cdot м$ $L := 9.1м$

Число витков: $n_в := \frac{L}{\pi \cdot D_{зм}} = 10.35$ $n_в := 11$

высота одного змеевика: $H_i := n_в \cdot d_н = 0.26 \cdot м$

Высота всего змеевика: $H_\Sigma := H_i \cdot n_{зм} = 0.53 \cdot м$

Потери напора в змеевике

Коэффициент Дарси: $\zeta := \frac{1}{(1.82 \cdot \log(Re) - 1.64)^2} = 0.0171$ $\Delta P := \zeta \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot \nu_{He}} \cdot \frac{L}{d_{вн}} = 2.74 \cdot кПа$

$$k := \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{He}} + \frac{1}{\alpha_{N2}}} = 734.65 \frac{ккал}{м^2 \cdot ч \cdot K} \qquad k = 853.83 \frac{Вт}{м^2 \cdot K}$$

$$F := \frac{Q}{n_{зм} \cdot k \cdot \tau_m \cdot K} = 0.46 м^2 \qquad n_{зм} = 2$$

$$l := \frac{F}{\pi \cdot d_{вн}} = 6.92 м \qquad L := l \cdot 1.5 = 10.38 m \qquad n_в := \frac{L}{\pi \cdot D_{зм}} = 11.8$$

$$n_в := 12$$

$$H_i := n_в \cdot d_н = 0.29 \cdot м$$

$$H_\Sigma := H_i \cdot n_{зм} = 0.58 \cdot м$$