



Начальные данные:

$$H_{ш} := 7 \text{ м} \quad H'_{ш} := 7.3 \text{ м} \quad C_{л} := 1 \text{ м} \quad d := 0.032 \text{ м} \quad S := 0.0045 \text{ м}$$

$$P := 15.2 \text{ МПа} \quad z_{ш} := 16 \text{ шт} \quad n := 18 \text{ шт} \quad z_{ход} := 1 \quad t_{вх} := 412 \text{ C} \quad h_{вх} := 3140 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$\Delta h_{ш} := 1175 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad D_{ш} := 58 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad \Delta C_{л} := 0.3 \text{ м}$$

Расчёт:

Массовые скорости:

$$(w\rho)_{эл} := \frac{D_{ш}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot n \cdot z_{ш}} \quad (w\rho)_{эл} = 250.4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$$

Коэффициент гидравлического сопротивления для труб:

$$R_i = (\zeta_{вх} + \sum \zeta_{пов} + \lambda_0 \cdot L + \zeta_{вых})$$

Длины труб:

$$L_{эл} := 2 \cdot \left(H'_{ш} - \frac{C_{л}}{2} \right) + C_{л} + \Delta C_{л} \quad L_{эл} = 14.9 \text{ м}$$

$$L_{вн} := 2 \cdot (H'_{ш} - C_{л}) + \Delta C_{л} \quad L_{вн} = 12.9 \text{ м}$$

$$L_{лб} := 2 \cdot H'_{ш} + \Delta C_{л} + C_{л} \cdot 2 \quad L_{лб} = 16.9 \text{ м}$$

$$L_{эл_об} := L_{эл} - 2 \cdot (H'_{ш} - H_{ш}) \quad L_{эл_об} = 14.3 \text{ м}$$

$$L_{вн_об} := L_{вн} - 2 \cdot (H'_{ш} - H_{ш}) \quad L_{вн_об} = 12.3 \text{ м}$$

$$L_{лб_об} := L_{лб} - 2 \cdot (H'_{ш} - H_{ш}) \quad L_{лб_об} = 16.3 \text{ м}$$

$$\zeta_{пов90} := 0.2 \quad \zeta_{вх} := 0.7 \quad \zeta_{вых} := 1.1 \quad \lambda_0 := 0.8 \frac{1}{\text{м}}$$

$$R_{эл} := (\zeta_{вх} + 2\zeta_{пов90} + \lambda_0 \cdot L_{эл} + \zeta_{вых}) \quad R_{эл} = 14.12$$

$$R_{лб} := (\zeta_{вх} + 2\zeta_{пов90} + \lambda_0 \cdot L_{лб} + \zeta_{вых}) \quad R_{лб} = 15.72$$

$$R_{вн} := (\zeta_{вх} + 2\zeta_{пов90} + \lambda_0 \cdot L_{вн} + \zeta_{вых}) \quad R_{вн} = 12.52$$

Гидравлическая неравномерность: $\eta_{г} = \frac{R_i}{R_{эл}}$

$$\eta_{г_вн} := \frac{R_{вн}}{R_{эл}} \quad \eta_{г_вн} = 0.887 \quad \eta_{г_лб} := \frac{R_{лб}}{R_{эл}} \quad \eta_{г_лб} = 1.113$$

Коэффициент гидравлической разверки:

$$V_{эл}/V_{лб} := 0.984 \quad V_{эл}/V_{вн} := 1.012$$

$$\rho_{г_лб} := \frac{1}{\eta_{г_лб}} \cdot \sqrt{V_{эл}/V_{лб}} \quad \rho_{г_лб} = 0.891$$

$$\rho_{г_вн} := \frac{1}{\eta_{г_вн}} \cdot \sqrt{V_{эл}/V_{вн}} \quad \rho_{г_вн} = 1.135$$

Массовые скорости:

$$(w\rho)_{лб} := (w\rho)_{эл} \cdot \rho_{г_лб} \quad (w\rho)_{лб} = 223.1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$$

$$(w\rho)_{вн} := (w\rho)_{эл} \cdot \rho_{г_вн} \quad (w\rho)_{вн} = 284.1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$$

Расходы пара: $D_{лб} := (w\rho)_{лб} \cdot \frac{\pi \cdot d}{4} \quad D_{лб} = 5.607 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$D_{вн} := (w\rho)_{вн} \cdot \frac{\pi \cdot d}{4} \quad D_{вн} = 7.14 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$D_{эл} := (w\rho)_{эл} \cdot \frac{\pi \cdot d}{4} \quad D_{эл} = 6.293 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Обогреваемая площадь элемента:

$$F_{эл} := \frac{\pi \cdot d \cdot L_{эл_об}}{2} \quad F_{эл} = 0.719 \text{ м}^2 \quad F_{лб} := \frac{\pi \cdot d \cdot L_{лб_об}}{2} \quad F_{лб} = 0.819 \text{ м}^2$$

$$F_{вн} := \frac{\pi \cdot d \cdot L_{вн_об}}{2} \quad F_{вн} = 0.618 \text{ м}^2$$

Тепловой поток элемента:

$$q_{эл} := \Delta h_{ш} \cdot \frac{D_{эл}}{F_{эл}} \quad q_{эл} = 1.029 \times 10^4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Количество теплоты, приходящейся на элемент:

$$Q_{эл} := q_{эл} \cdot F_{эл} \quad Q_{эл} = 7.395 \times 10^3 \text{ Вт}$$

Конструктивная неравномерность:

$$\eta_{к_лб} := \frac{F_{лб}}{F_{эл}} \quad \eta_{к_лб} = 1.14 \quad \eta_{к_вн} := \frac{F_{вн}}{F_{эл}} \quad \eta_{к_вн} = 0.86$$

Тепловая неравномерность: $\eta_{т_лб} := 1.3 \quad \eta_{т_вн} := 0.8$

Тепловая разверка:

$$\rho_{q_лб} := \frac{\eta_{т_лб} \cdot \eta_{к_лб}}{\rho_{г_лб}} \quad \rho_{q_лб} = 1.663$$

$$\rho_{q_вн} := \frac{\eta_{т_вн} \cdot \eta_{к_вн}}{\rho_{г_вн}} \quad \rho_{q_вн} = 0.607$$

Расчёт температуры металла:

Максимальная температура стенки (лобовой трубы):

$$t_{н} = t_{р.с.} + 1.3 \cdot \beta \cdot q \left(\frac{1}{\alpha_2} + \frac{2}{1 + \beta} \cdot \frac{\delta_{м}}{\lambda_{м}} \right) \cdot \mu$$

$$\mu := 1 \quad \delta_{м} := 0.0045 \text{ м} \quad \lambda_{м} := 34 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$