

Задание : определить основные геометрические размеры двухходового конденсатора турбоустановки К-110-6,5 ЛМЗ.

1. Определение коэффициента теплопередачи по формуле Л.Д. Бермана

Коэффициент, учитывающий влияние загрязнения поверхности охлаждения (для нового конденсатора)

$$a := 0.85$$

Скорость пресной воды в латунных трубках конденсатора (задаём) $w_B := 2.5 \frac{м}{с}$

Внутренний диаметр трубок $d_2 := 0.017 \text{ м}$

Температура охлаждающей воды на входе в конденсатор $t_{1B} := 18 \text{ } ^\circ\text{C}$

Число ходов воды в конденсаторе $z := 2$

Коэффициент, учитывающий влияние числа ходов z в конденсаторе $\Phi_z := 1 + \frac{z-2}{10} \left(1 - \frac{t_{1B}}{35}\right)$

$$\Phi_z = 1$$

Коэффициент, учитывающий изменение паровой нагрузки конденсатора (номинальный режим)

$$\Phi_d := 1$$

Значение коэффициента $x := 0.12 \cdot a \cdot (1 + 0.15 \cdot t_{1B}) \quad x = 0.3774$

Тогда коэффициент теплопередачи $k := 4070 \cdot a \cdot \left[\frac{1.1 \cdot w_B}{(d_2 \cdot 1000)^{0.25}} \right]^x \cdot \left[1 - \frac{0.42 \cdot \sqrt{a}}{1000} \cdot (35 - t_{1B})^2 \right] \cdot \Phi_z \cdot \Phi_d$
 $k = 3.445 \frac{кВт}{м^2 \cdot ^\circ\text{C}}$

2. Определение расхода охлаждающей воды через тепловой баланс конденсатора

Расход пара в конденсатор $G_K := 83 + 20 \quad G_K = 103 \frac{кг}{с}$

Теплоёмкость воды $c_B := 4.186 \times 10^3 \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ\text{C}}$

Энтальпия пара, поступающего в конденсатор $h_K := 2.5608 \times 10^6 \frac{Дж}{кг}$

Температура насыщения водяного пара, соответствующая его давлению $P_K \quad t_{п} := 32.88 \text{ } ^\circ\text{C}$

Давление в конденсаторе $P_K := 5 \cdot 10^3 \text{ Па}$

Давление переохлаждённого конденсата при относительном содержании воздуха $\varepsilon := 0.085$

$$P_{п.к} := \frac{P_K}{1 + 0.622 \cdot \varepsilon} \quad P_{п.к} = 4.749 \times 10^3 \text{ Па}$$

Температура переохлаждённого конденсата, соответствующая давлению $P_{п.к}$

$$t_K := 31.96 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Переохлаждение конденсата $\Delta t_K := t_{п} - t_K \quad \Delta t_K = 0.92 \text{ } ^\circ\text{C}$

Энтальпия конденсата $h'_K := c_B \cdot t_K \quad h'_K = 1.3378 \times 10^5 \frac{Дж}{кг}$

Принятый нагрев охлаждающей воды $\Delta t_B := 9 \text{ } ^\circ\text{C}$

Температура охлаждающей воды на выходе из конденсатора $t_{2B} := t_{1B} + \Delta t_B \quad t_{2B} = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$

Массовый расход охлаждающей воды $w_m := \frac{G_K \cdot (h_K - h'_K)}{(t_{2B} - t_{1B}) \cdot c_B} \quad w_m = 6.6354 \times 10^3 \frac{кг}{с}$

3. Определение полного числа трубок в конденсаторе

Плотность охлаждающей воды $\rho_B := \frac{1}{1.0014 \times 10^{-3}} \quad \rho_B = 998.602 \frac{кг}{м^3}$

Объёмный расход $w_V := \frac{w_m}{\rho_B} \quad w_V = 6.645 \frac{м^3}{с}$

Среднее число трубок в одном ходе конденсатора $n_z := \frac{w_V}{0.25 \cdot \pi \cdot (d_2)^2 \cdot w_B} \quad n_z = 1.171 \times 10^4$

$$n := n_z \cdot z \quad n = 2.342 \times 10^4$$

4. Средняя разность температур между паром и водой Δt_{cp}

Недогрев воды в конденсаторе $\delta t := t_{п} - t_{2B} \quad \delta t = 5.88 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\Delta t_{cp} := \frac{\Delta t_B}{\ln \left(\frac{\Delta t_B + \delta t}{\delta t} \right)} \quad \Delta t_{cp} = 9.693 \text{ } ^\circ\text{C}$$

5. Определим площадь поверхности конденсатора по уравнению теплообмена между паром и водой

Тепловой поток $Q_K := G_K \cdot (h_K - h'_K) \quad Q_K = 2.4998 \times 10^8 \text{ Вт}$

$$F_K := \frac{Q_K}{k \cdot 1000 \cdot \Delta t_{cp}} \quad F_K = 7.486 \times 10^3 \text{ м}^2$$

6. Определим длину конденсаторных трубок по площади поверхности охлаждения

Внешний диаметр трубок $d_1 := 0.019 \text{ м}$

$$L := \frac{F_K}{\pi \cdot d_1 \cdot n} \quad L = 5.355 \text{ м}$$

7. Условный диаметр трубной доски

Коэффициент использования трубной доски $u_{тр} := 0.27$

$$D_y := d_1 \cdot \sqrt{\frac{n}{u_{тр}}} \quad D_y = 5.596 \text{ м}$$

8. Кратность охлаждения $m := \frac{(h_K - h'_K)}{\Delta t_B \cdot c_B} \quad m = 64.42$

9. Паровая нагрузка $d_K := \frac{G_K \cdot 3600}{F_K} \quad d_K = 49.53 \frac{кг}{м^2 \cdot \text{час}}$

Величина	Значение	Размерность
Расход пара в конденсатор	103	т/ч
Температура воды на входе	18	С
Диаметр трубок	17/19	мм
Число ходов воды	2	
Коэффициент чистоты	0.85	
Давление пара	5	кПа
Энтальпия пара	2561	кДж/кг
Кратность охлаждения	64.42	
Скорость воды	2.5	м/с
Температура насыщения	32.88	С
Переохлаждение конденсата	0.92	С
Нагрев охлаждающей воды	9	С
Температурный напор	5.88	С
Коэффициент теплопередачи	3.445	
Поверхность охлаждения	7486	
Паровая нагрузка	49.53	
Число трубок	23420	
Длина трубок	5.355	м
Коэффициент использования трубной доски	0.27	
Условный диаметр трубной доски	5.596	м