

Тема 2. Выбор оптимальной скорости в трубках конденсатора

№ п/п	ФИО	Характеристики конденсатора в базовом варианте							Зэ	τ _у	
		Fк	Gц	n	dвн	Нк	t ₁	бк			бцн
		м ²	м ³ /ч	шт	мм	кПа	°С	руб/м ²			руб/кВт
1	?	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		23040	51800	14740	23	42	12	1550	1200	0,69	6400
2		41200	73000	19625	28	62	13	1200	1100	0,66	7000
3		62600	108000	52800	23	62	13	1170	1000	0,65	6800
4		62600	108000	52800	28	62	13	1170	1000	0,66	6800
5		40480	87880	25860	26	42	12	1280	1200	0,67	6800
6		66240	122600	32880	28	51	15	1120	1020	0,64	6700
7		32220	70800	29435	23	54	12	1350	1200	0,63	6500
8		15400	36000	9800	28	40	12	1620	1220	0,70	6100
9		35025	90000	22305	28	57	12	1300	1100	0,68	6900
10		32220	70800	29435	23	56	13	1320	1110	0,64	6600
11		24300	55480	15612	23	40	22	1480	1200	0,62	6000
12		3000	8000	2900	23	38	13	2000	1400	0,68	4600
13		1750	5000	1940	22	38	13	2050	1400	0,63	4100
14		62580	107800	52790	26	61	12	1180	1030	0,70	6700
15		15240	34800	9796	26	42	13	1650	1250	0,70	6100
16		4500	16000	2985	28	39	13	1950	1350	0,66	5100
17		6000	16000	2900	23	38	11	1850	1250	0,66	5000
18		7370	16350	3190	23	35	13	1850	1250	0,68	5000

Исходные данные

Площадь поверхности теплообмена конденсатора в базовом режиме: $F_{к_б} := 24300 \cdot \text{м}^2$

Расход циркуляционной воды в базовом режиме: $G_{цв_б} := 55480 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$

Количество трубок в конденсаторе в базовом режиме: $n_б := 15612$ шт

Внутренний диаметр трубок конденсатора: $d_{вн} = 23 \cdot \text{мм}$

Гидравлическое сопротивление конденсатного тракта в базовом режиме: $H_{к_б} := 40 \cdot \text{кПа}$

Температура охлаждающей воды на входе в конденсатор в базовом режиме: $t_{1_б} := 22 \cdot \text{°C}$

Удельная стоимость конденсатора: $b_к := 1480 \cdot \frac{\text{руб}}{\text{м}^2}$

Удельные затраты на прокачку цирк. воды: $b_{цн} := 1200 \cdot \frac{\text{руб}}{\text{кВт}}$

Затраты на электроэнергию: $Зэ := 0.62 \cdot \frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$

Число часов использования установленной мощности: $\tau_y := 6000 \cdot \frac{\text{ч}}{\text{год}}$

Дополнительно принимаю:

Коэффициент дисконтирования: $E := 10 \cdot \frac{\%}{\text{год}}$

Норма амортизационных отчислений: $P_a := 3.5 \cdot \frac{\%}{\text{год}}$

Норма расходов на ремонт: $P_{рем} := 7 \cdot \frac{\%}{\text{год}}$

Расчетная схема

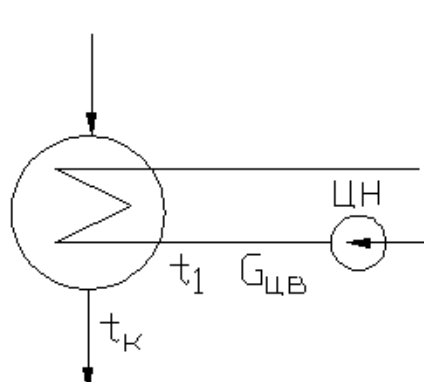


Рис.1. Расчетная схема

Определяем скорость воды в базовом режиме: $W_{вк_б} := \frac{4 \cdot G_{цв_б}}{\pi \cdot d_{вн}^2 \cdot n_б}$ $W_{вк_б} = 2.376 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Определяем мощность, необходимую на преодоление сопротивления конденсатного тракта в базовом режиме:

КПД насоса принимаю: $\eta_{цн} := 0.85$

$$N_{цн_б} := \frac{G_{цв_б} \cdot H_{к_б}}{\eta_{цн}} \quad N_{цн_б} = 725.2 \text{ кВт}$$

Выведем формулу для среднегодовых затрат и построим график зависимости среднегодовых затрат от скорости воды.

Площадь поверхности теплообмена в конденсаторе в зависимости от скорости воды:

$$F_к = F_{к_б} \cdot \left(\frac{W_{вк}}{W_{вк_б}} \right)^{-x} \quad \text{м}^2$$

Коэффициент: $x := 0.1 \cdot (1 + 0.15 \cdot t_{1_б})$ $x = 0.43$

Затраты на конденсатор в зависимости от скорости воды $K_к = F_к \cdot b_к$

$$K_к = b_к \cdot \left[F_{к_б} \cdot \left(\frac{W_{вк}}{W_{вк_б}} \right)^{-x} \right] \quad \text{руб}$$

Гидравлическое сопротивление конденсатора $H_к = H_{к_б} \cdot \left(\frac{W_{вк}}{W_{вк_б}} \right)^{3-x}$ кПа

Мощность, необходимая на преодоление сопротивления конденсатного тракта $N_{цн} = N_{цн_б} \cdot \left(\frac{W_{вк}}{W_{вк_б}} \right)^{3-x}$ кВт

Затраты на ту часть насоса, которая обеспечивает преодоление сопротивления конденсатного тракта $K_{цн} = N_{цн} \cdot b_{цн}$

$$K_{цн} = b_{цн} \cdot \left[N_{цн_б} \cdot \left(\frac{W_{вк}}{W_{вк_б}} \right)^{3-x} \right] \quad \text{руб}$$

Затраты на приведение разных режимов к одинаковым энергетическим условиям $\Delta Z_{эп_эф} = \Delta N_{э_опт} \cdot \tau_y \cdot Зэ$

$$\Delta N_{э_опт} = N_{цн} - N_{цн_б} \quad \Delta Z_{эп_эф} = \tau_y \cdot Зэ \cdot N_{цн_б} \cdot \left[\left(\frac{W_{вк}}{W_{вк_б}} \right)^{3-x} - 1 \right] \quad \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

Среднегодовые затраты

$$\Delta Z_{ср_г}(W_{вк}) = E \cdot (K - K_0) + (I_к - I_{к0}) + \Delta Z_{эп_эф} \quad I_к - I_{к0} = (P_a + P_{рем}) \cdot (K - K_0)$$

Зададимся значениями скорости воды в трубках конденсатора $W_{вк} := 0.1 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}, 0.11 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} \dots 3 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Затраты на конденсатор в зависимости от скорости воды $K_к_б := b_к \cdot F_{к_б}$

$$K_к(W_{вк}) := b_к \cdot \left[F_{к_б} \cdot \left(\frac{W_{вк}}{W_{вк_б}} \right)^{-x} \right]$$

Затраты на цирк. насос в зависимости от скорости воды $K_{цн_б} := b_{цн} \cdot N_{цн_б}$

$$K_{цн}(W_{вк}) := b_{цн} \cdot \left[N_{цн_б} \cdot \left(\frac{W_{вк}}{W_{вк_б}} \right)^{3-x} \right]$$

Замещающие затраты в зависимости от скорости воды

$$\Delta Z_{эп_эф}(W_{вк}) := \tau_y \cdot Зэ \cdot N_{цн_б} \cdot \left[\left(\frac{W_{вк}}{W_{вк_б}} \right)^{3-x} - 1 \right]$$

Подставим эти зависимости в выражение для среднегодовых затрат и построим график зависимости среднегодовых затрат от скорости воды

$$\Delta Z_{ср}(W_{вк}) := (E + P_a + P_{рем}) \cdot (K_к(W_{вк}) + K_{цн}(W_{вк}) - K_к_б - K_{цн_б}) + \Delta Z_{эп_эф}(W_{вк}) \quad \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

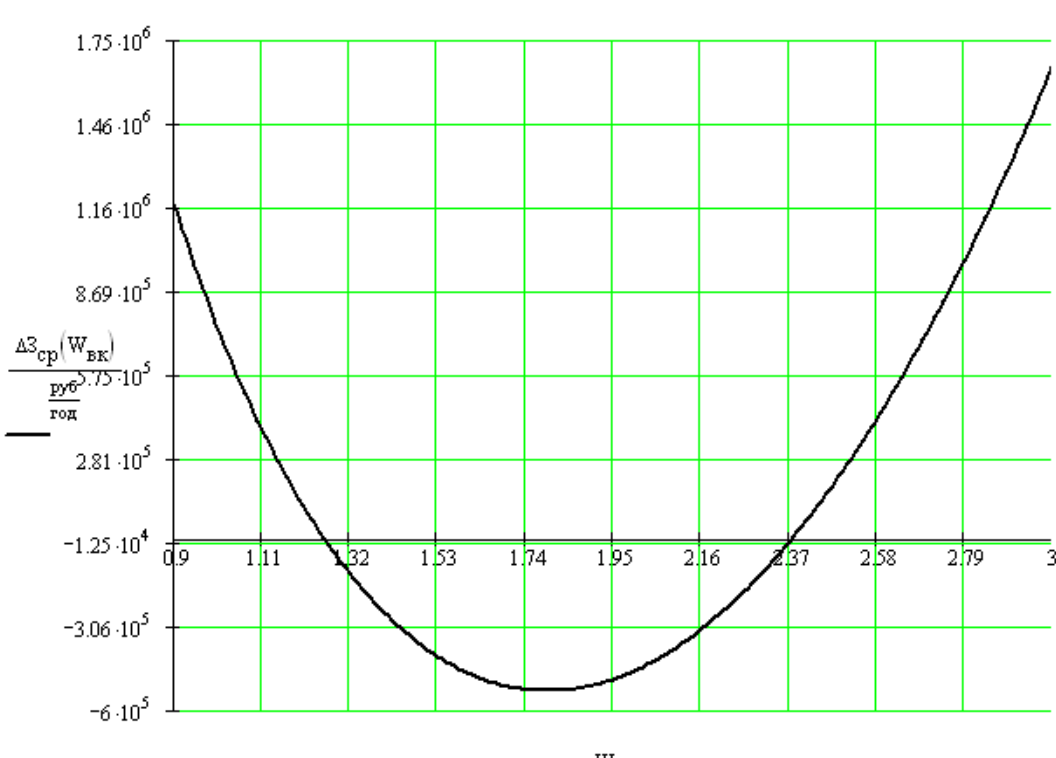


Рис.2. Зависимость среднегодовых затрат от скорости воды в трубках конденсатора.

Оптимальная скорость воды в трубках конденсатора : $W_{вк}^{опт} = 1.79 \frac{\text{м}}{\text{с}}$