

**Задание по Теме 3**

Тема 3. Определение оптимальной поверхности ПНД ( $F_{\text{ПНД}}$ )

№ п/п	ФИО	Характеристики ПНД в базовом варианте								$\tau_y$ , ч/год	$Z_y$ , руб/кВт *ч
		$k$ , кВт/м <sup>2</sup> *град	$b_{\text{ПНД}}$ , руб/м <sup>2</sup>	$D_{\text{ок}}$ , кг/с	$F$ , м <sup>2</sup>	$V$ , °С	$h_2$ , кДж/кг	$h_1$ , кДж/кг	$h_1'$ , кДж/кг		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		2,85	3450	163	395	5	2663,2	2613	260,1	6300	0,68
2		2,7	3700	363,9	875	4,5	2995,7	2873,5	540,9	6400	0,68
3		2,5	3000	163	405	5	2663,2	2613	260,1	6200	0,66
4		2,7	1800	97,2	205	6	2774,2	2535,9	261,2	5900	0,65
5		2,85	3000	175,5	586	5,4	2718	2498	231,9	7300	0,7
6		2,5	2200	63,9	135	5	2637	2603	236	5000	0,63
7		2,7	3600	274	730	5,3	2704,9	2601,3	231,6	6500	0,67
8		2,75	3550	490,1	1930	2	3084,7	2928,4	550,9	6300	0,68
9		2,8	3800	490,1	1930	2	3084,7	2928,4	550,9	6700	0,63
10		2,7	3400	175,5	586	5,4	2718	2498	231,9	6100	0,7
11		2,8	3000	645	2385	5,4	2755	2523	246,6	6900	0,68
12		2,5	3200	274	727	5,3	2704,3	2601,3	231,6	6100	0,64
13		2,8	3000	175,5	586	5,4	2718	2498	231,9	7200	0,69
14		2,7	3400	274	730	5,3	2704,9	2601,3	231,6	6400	0,67
15		2,7	3200	645	2385	5,4	2755	2523	246,6	6700	0,68
16		2,8	2550	465,8	1625	5,2	2771,5	2611,6	156,5	6800	0,67
17		2,5	3300	490,1	1930	2	3084,7	2928,4	550,9	6800	0,7
18		2,7	2300	63,9	135	5	2637	2603	236	4500	0,68

### Постановка задачи.

По исходным данным методом базового варианта определить оптимальную поверхность ПНД №1 схемы, представленной на рисунке 1.

Построить зависимость  $\Delta Z_{ср,п}(F_{пндj})$ .

### Расчетная схема

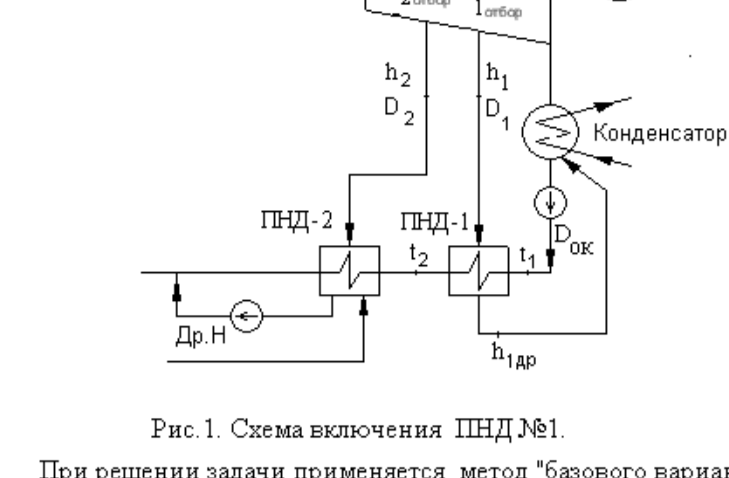


Рис. 1. Схема включения ПНД №1.

При решении задачи применяется метод "базового варианта"; в качестве критерия будем использовать изменение среднегодовых затрат в сравнении с "базовым вариантом", добиваясь их минимума.

Среднегодовые затраты определяются как:

$$Z_{ср,г} = E \cdot K + I, \text{ руб/год, где } E - \text{ ставка дисконтирования;}$$

$$K - \text{ капитальные затраты;}$$

$$I - \text{ годовые издержки.}$$

### Допущения в решении задачи:

- 1) удельное теплопадение в отборах одинаково:  $h_1 - h'_{1'} = h_2 - h'_2$
- 2) пренебрегаем влиянием теплового потока дренажей в подогреватель ПНД2:  $Q_{др} = 0$
- 3) считаем, что  $\Delta P_{гидр} = \text{const}$  в ПНД1

### Алгоритм расчёта

Оптимальную поверхность ПНД №1 определяем при приведенных выше условиях и допущениях.

Капитальные затраты на ПНД №1 в базовом варианте:

$$K_{пнд0} = b_{пнд} \cdot F_{пнд,0} \text{ руб}$$

Принимаем различные варианты значения поверхности теплообмена ПНД №1:

$$i = 1430..3430 \quad F_{пнд,i} = i \text{ м}^2$$

Капитальные затраты на ПНД №1 в других вариантах:

$$K_{пнд,i} = b_{пнд} \cdot F_{пнд,i} \text{ руб}$$

Запишем уравнения теплового баланса ПНД №1 для i-того и базового варианта:

$$D_{1,i} \cdot (h_1 - h_{1,др}) = D_{ок} \cdot c_p \cdot (t_{2i} - t_1)$$

$$D_{1,0} \cdot (h_1 - h_{1,др}) = D_{ок} \cdot c_p \cdot (t_{2,0} - t_1)$$

$$t_{2,0} = t_{н,1} - v_{1,0} \quad t_{2,i} = t_{н,1} - v_{1,i}$$

Тогда разность тепловых балансов ПНД №1 в i-том и базовом вариантах принимает вид с учетом допущений:

$$(D_{1,i} - D_{1,0}) \cdot (h_1 - h_{1,др}) = D_{ок} \cdot c_p \cdot (v_{1,i} - v_{1,0})$$

$$\Delta D_{1,i} \cdot (h_1 - h_{1,др}) = D_{ок} \cdot c_p \cdot (v_{1,i} - v_{1,0}) = D_{ок} \cdot c_p \cdot v_{1,0} \cdot \left( \frac{v_{1,i}}{v_{1,0}} - 1 \right)$$

По определению недогрева в подогревателе:

$$v = (t_n - t_1) \cdot e^{\frac{-k \cdot F}{c_p \cdot D_{ок} \cdot C}}$$

Тогда отношение недогревов в i-том и базовом вариантах определяется по формуле:

$$\frac{v_{1,i}}{v_{1,0}} = \frac{e^{\frac{-k \cdot F_i}{c_p \cdot D_{ок}}} = e^{\frac{-k \cdot (F_i - F_0)}{c_p \cdot D_{ок}}}$$

Изменение расхода пара на ПНД №1 в результате изменения его поверхности теплообмена:

$$\Delta D_{1,i} = \frac{D_{ок} \cdot c_p \cdot v_{1,0} \cdot \left( 1 - \exp\left( \frac{k \cdot F_{пнд,0} - k \cdot F_{пнд,i}}{c_p \cdot D_{ок}} \right) \right)}{h_1 - h_{1,др}} \text{ кг/с}$$

Ввиду принятых допущений изменения расходов пара в отборах турбины равны по значению и противоположны по знаку:

$$\Delta D_{2,i} = -\Delta D_{1,i} \text{ кг/с}$$

Изменение мощности турбины при изменении расхода пара через отсек 2-1:

$$\Delta N_{пт,i} = \Delta D_{2,i} \cdot (h_2 - h_1) \cdot \eta_M \cdot \eta_T \text{ кВт}$$

Учет изменения энергетической эффективности вариантов :

$$\Delta Z_{энерг.эф,i} = \Delta N_{пт,i} \cdot Z_{э} \cdot \tau_Y \text{ руб/год}$$

Целевая функция (изменение среднегодовых затрат) принимает вид:

$$\Delta Z_{ср,г} = (P_a + P_{рем} + E) \cdot (K_{пнд,i} - K_{пнд,0}) + \Delta Z_{энерг.эф,i} \text{ руб/год}$$

$$\Delta Z_{ср,г} := (P_a + P_{рем} + E) \cdot b_{пнд} \cdot (F_{пнд,i} - F_{пнд,0}) + Z_{э} \cdot \tau_Y \cdot \frac{D_{ок} \cdot c_p \cdot v_{1,0} \cdot (h_2 - h_1) \cdot \eta_M \cdot \eta_T}{h_1 - h_{1,др}} \cdot \left[ \exp\left[ \frac{-k \cdot (F_{пнд,i} - F_{пнд,0})}{c_p \cdot D_{ок}} \right] - 1 \right]$$

### Расчет

Исходные данные:

Коэффициент теплопередачи ПНД:	$k := 2.8 \cdot \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$
Удельная стоимость 1 м <sup>2</sup> ПНД:	$b_{пнд} := 3000 \cdot \frac{\text{руб}}{\text{м}^2}$
Расход конденсата через ПНД:	$D_{ок} := 645 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{с}}$
Площадь ПНД1 в базовом варианте:	$F_{пнд1,0} := 2385 \cdot \text{м}^2$
Недогрев в ПНД:	$v_{1,0} := 5.4 \cdot \text{К}$
Энтальпия пара на входе в ПНД2:	$h_2 := 2755 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
Энтальпия пара на входе в ПНД1:	$h_1 := 2523 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
Энтальпия дренажа из ПНД1:	$h'_{1'} := 246.6 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
Число часов работы ПНД1 с установленной мощностью:	$\tau_Y := 6900 \cdot \frac{\text{ч}}{\text{год}}$
Тариф за пользование электроэнергией:	$Z_{э} := 0.68 \cdot \frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$
Ставка дисконтирования	$E := 15 \cdot \frac{\%}{\text{год}}$
Коэффициент отчисления на амортизацию	$P_a := 3.5 \cdot \frac{\%}{\text{год}}$
Коэффициент отчисления на ремонт	$P_{рем} := 7 \cdot \frac{\%}{\text{год}}$
Подогрев воды в увеличенном ПНД1:	$c_{р,воды} = 4.1868 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

### Решение

Задаёмся рядом значений площади поверхности:

$$F_{пнд1} := 3200 \cdot \text{м}^2, 3250 \cdot \text{м}^2.. 6000 \cdot \text{м}^2$$

Изменение расхода конденсата через ПНД:

$$\Delta D(F_{пнд1}) := \frac{D_{ок} \cdot c_{р,воды} \cdot v_{1,0} \cdot \left[ e^{\frac{-k \cdot (F_{пнд1} - F_{пнд1,0})}{c_{р,воды} \cdot D_{ок} \cdot K}} - 1 \right]}{h_1 - h'_{1'}}$$

Далее определяем изменение электрической мощности:

$$\eta_M := 0.98 \quad \eta_T := 0.99$$

$$\Delta N_3(F_{пнд1}) := \Delta D(F_{пнд1}) \cdot (h_2 - h_1) \cdot \eta_M \cdot \eta_T \quad \Delta N_3(F_{пнд1}) =$$

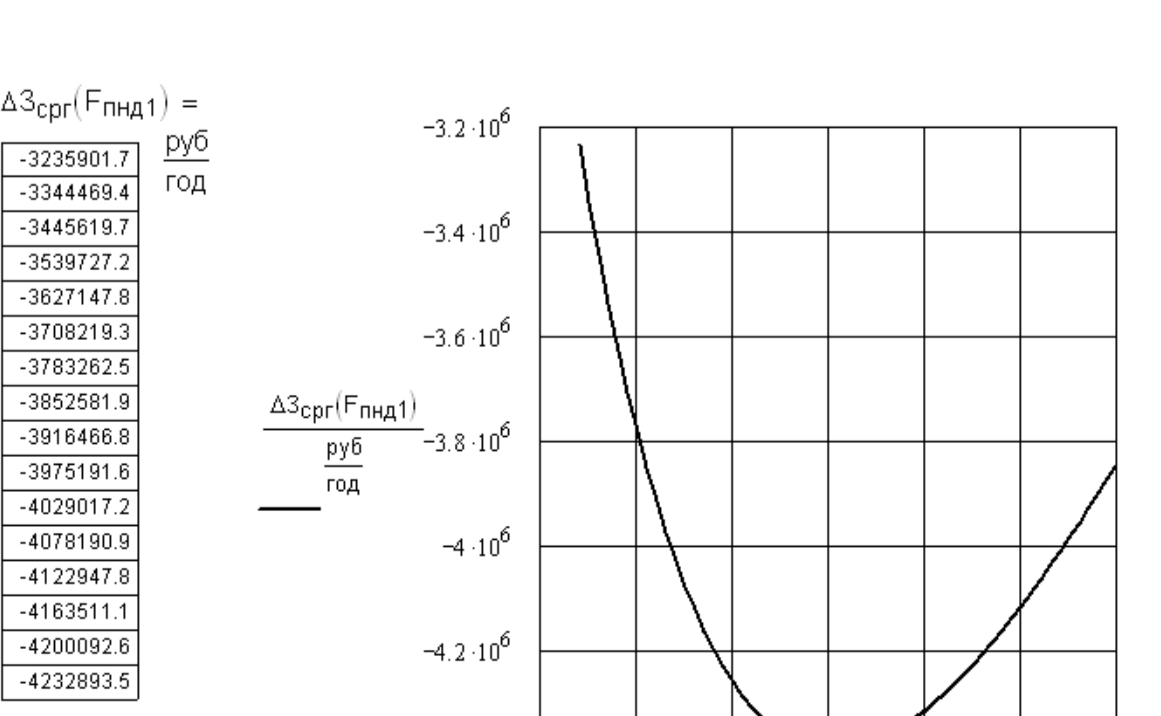
Затраты, связанные с энергетическим эффектом:

$$\Delta Z_{эн.эф}(F_{пнд1}) := \Delta N_3(F_{пнд1}) \cdot \tau_Y \cdot Z_{э}$$

$\Delta Z_{эн.эф}(F_{пнд1}) =$	$\frac{\text{руб}}{\text{год}}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{с}}$
-3859376.7		-3.8543
-4006194.4		-3.7934
-4145594.7		-3.9254
-4277952.2		-4.0507
-4403622.8		-4.1697
-4522944.3		-4.2827
-4636237.5		-4.3899
-4743806.9		-4.4918
-4845941.8		-4.5885
-4942916.6		-4.6803
-5034992.2		-4.7675
-5122415.9		-4.8503
-5205422.8		-4.9289
-5284236.1		-5.0035
-5359067.6		-5.0744
-5430118.5		-5.1416

Затраты среднегодовые:

$$\Delta Z_{ср,г}(F_{пнд1}) := \Delta Z_{эн.эф}(F_{пнд1}) + b_{пнд} \cdot F_{пнд1,0} \cdot \left( \frac{F_{пнд1}}{F_{пнд1,0}} - 1 \right) \cdot (E + P_a + P_{рем})$$



**Выводы:** в результате данного расчёта были получены следующие данные: оптимальная поверхность ПНД составляет 4520 м<sup>2</sup>, а снижение среднегодовых затрат при этом 4393 тыс. руб.

При увеличении площади подогревателя низкого давления капитальные затраты на него увеличиваются, а недогрев снижается и следовательно повышается тепловая экономичность.

Также происходит прирост мощности. Затраты на конденсатный насос изменяются в большую или меньшую сторону при увеличении длины или диаметра труб соответственно.