

Рассчитать следующие показатели паросиловой установки:

I. 1. Термический КПД:

$$\eta_t := \frac{l_{ц}}{q_{подв}} \quad \text{где} \quad l_{ц} := l_{цвд} + l_{цнд} + l_{н1} + l_{н2} + l_{н3} \quad \text{- работа цикла}$$

$$q_{подв} := (h_1 - h_5) + (h_b - h_a) \quad \text{- подводимая теплота за цикл}$$

$$l_{цвд} := h_1 - h_a \quad \text{- работы цилиндра низкого и высокого давления}$$

$$l_{цнд} := (h_b - h_1) + (h_1 - h_{11}) \cdot (1 - \alpha_1) + (h_{11} - h_2) \cdot (1 - \alpha_1 - \alpha_2)$$

Для нахождения α_1 и α_2 , составим уравнение теплового баланса для первого и второго подогревателя:

$$\text{РП 1:} \quad h_3 \cdot (1 - \alpha_1 - \alpha_2) + h_{11} \cdot \alpha_2 = h_{2o} \cdot (1 - \alpha_1)$$

$$\text{РП 2:} \quad h_4 \cdot (1 - \alpha_1) + h_1 \cdot \alpha_1 = h_{1o} \cdot 1$$

Находим значения энтальпий: из таблицы при $P_1 = 12,8 \text{ МПа}$ и $t_1 = 555 \text{ град С}$, $S_1 = 6.6336 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$

$$h_1 = 3486.5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

По энтропии $S_1 = S_a$ и давлению после промежуточного перегрева $P_a = P_b = 3.0 \text{ МПа}$, находим h_a : $h_a = 3048.3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

Найдём энтальпию и энтропию после пром. перегрева, по давлению и температуре: $P_b = 3.0 \cdot 10^6 \text{ Па}$

$$t_b = 560 \quad S_b = 7.4039 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}} \quad h_b = 3592.2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad S_2 = S_b$$

По температуре на выходе из РП1 и по $X = 0$, находим S_{1o} : $S_{1o} = 2.1589 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$

По энтропии S_{1o} и $X = 0$, находим $P_1 = P_{1o}$: $P_1 = 1.0496 \cdot 10^6 \text{ Па}$

По давлению P_1 и энтропии $S_b = S_1$, находим h_1 : $S_b = 7.4039 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}} \quad h_1 = 3237.1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

Т.к. $DS_{пр2} = DS_{пр1}$, то можно найти S_{2o} . Найдём значение $S_{2'}$ по давлению $P_2 = 3.7 \text{ кПа}$ и $X = 0$:

$$S_{2\text{штрих}} := 0.40385 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}} \quad h_{2\text{штрих}} := 115.8 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Т.к. $DS_{пр2} = DS_{пр1} \quad S_{2o} := \frac{S_{1o} + S_{2\text{штрих}}}{2} \quad S_{2o} = 1.28137 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$

По значению S_{2o} и $X = 0$, найдём давление P_{II} : $P_{II} = 90000 + \frac{95000 - 90000}{1.2864 - 1.2694} \cdot (1.28137 - 1.2694) \quad P_{II} = 93520.588 \text{ Па}$

По давлению P_{II} и энтропии $S_b = S_{II} = S_2$ найдём h_{II} : $h_{II} = 2680.4 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

По давлению P_2 и энтропии $S_b = S_{II} = S_2$, найдём h_2 : $h_2 = 2221.2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

По давлению $P_3 = P_{II} = P_{2o}$ и энтропии S_2' найдём энтальпию h_3 : $h_3 = 115.89 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

По давлению $P_{2o} = P_3 = P_{II}$ и $X = 0$, найдём h_{2o} : $h_{2o} = 409.58 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

По давлению $P_4 = P_{1o} = P_1$ и энтропии S_{2o}' , найдём h_4 : $h_4 = 410.55 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

По давлению $P_{1o} = P_1$ и энтропии $S_{1o} = S_5$, найдём h_{1o} : $h_{1o} = 772.03 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

По давлению $P_5 = P_1$ и энтропии $S_5 = S_{1o}$, найдём h_5 : $h_5 = 785.27 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

$$h_1 = 3486.5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad h_b = 3592.2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad h_{2\text{штрих}} = 115.8 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad h_4 = 410.55 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$h_1 = 3237.1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad h_{II} = 2680.4 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad h_3 = 115.89 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad h_{1o} = 772.03 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$h_a = 3048.3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad h_2 = 2221.2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad h_{2o} = 409.58 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad h_5 = 785.27 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Найдём коэффициенты α_1 , α_2 :

Первое приближение: $\alpha_1 = 0.5 \quad \alpha_2 = 0.5$

Given

$$h_3 \cdot (1 - \alpha_1 - \alpha_2) + h_{11} \cdot \alpha_2 = h_{2o} \cdot (1 - \alpha_1)$$

$$h_4 \cdot (1 - \alpha_1) + h_1 \cdot \alpha_1 = h_{1o} \cdot 1$$

$$\text{Find}(\alpha_1, \alpha_2) = \begin{pmatrix} 0.12789 \\ 0.09988 \end{pmatrix} \quad \text{Значит,} \quad \alpha_1 = 0.12789 \quad \alpha_2 = 0.09988$$

Работы цилиндра низкого и высокого давления:

$$l_{цвд} := h_1 - h_a \quad l_{цвд} = 438.2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$l_{цнд} := (h_b - h_1) + (h_1 - h_{11}) \cdot (1 - \alpha_1) + (h_{11} - h_2) \cdot (1 - \alpha_1 - \alpha_2) \quad l_{цнд} = 1195.21165 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Работы насосов:

$$l_{н1} := (h_{2\text{штрих}} - h_3) \cdot (1 - \alpha_1 - \alpha_2) \quad l_{н1} = -0.0695 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$l_{н2} := (h_{2o} - h_4) \cdot (1 - \alpha_1) \quad l_{н2} = -0.84595 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$l_{н3} := h_{1o} - h_5 \quad l_{н3} = -13.24 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Подводимая теплота за цикл:

$$q_{подв} := (h_1 - h_5) + (h_b - h_a) \quad q_{подв} = 3245.13 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$l_{ц} := l_{цвд} + l_{цнд} + l_{н1} + l_{н2} + l_{н3} \quad l_{ц} = 1619.25621 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad \text{- работа цикла}$$

Термический КПД цикла: $\eta_t := \frac{l_{ц}}{q_{подв}} \quad \eta_t = 0.49898$

2. Внутренний КПД цикла:

Найдём значения действительных энтальпий: $\eta_{oi_цвд} = 0.85 \quad h_{ад} = h_a$

Given

$$\frac{h_1 - h_{ад}}{h_1 - h_a} = 0.85$$

$$\text{Find}(h_{ад}) = 3114.03 \quad \text{Значит,} \quad h_{ад} = 3114.03 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$\eta_{oi_цнд} = 0.90 \quad h_{11д} := h_{11} \quad h_{2д} := h_2 \quad h_{1д} := h_1$$

Given

$$\frac{h_b - h_{11д}}{h_b - h_{11}} = 0.90 \quad \frac{h_b - h_{2д}}{h_b - h_2} = 0.90 \quad \frac{h_1 - h_{1д}}{h_1 - h_1} = 0.90$$

$$\text{Find}(h_{11д}, h_{2д}, h_{1д}) = \begin{pmatrix} 2771.58 \\ 2358.3 \\ 3262.04 \end{pmatrix} \quad \text{Значит,} \quad h_{11д} = 2771.58 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad h_{2д} = 2358.3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad h_{1д} = 3262.04 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$\eta_{oi_нас} = 0.7 \quad h_{3д} := h_3 \quad h_{4д} := h_4 \quad h_{5д} := h_5$$

Given

$$\frac{h_3 - h_{2\text{штрих}}}{h_{3д} - h_{2\text{штрих}}} = 0.7 \quad \frac{h_4 - h_{2o}}{h_{4д} - h_{2o}} = 0.7 \quad \frac{h_5 - h_{1o}}{h_{5д} - h_{1o}} = 0.7$$

$$\text{Find}(h_{3д}, h_{4д}, h_{5д}) = \begin{pmatrix} 115.92857 \\ 410.96571 \\ 790.94429 \end{pmatrix} \quad \text{начит,} \quad h_{3д} = 115.93 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad h_{4д} = 410.96571 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad h_{5д} = 790.94429 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Действительные работы цилиндра низкого и высокого давления:

Найдём действительные значения $\alpha_{1д}$ и $\alpha_{2д}$

Первое приближение $\alpha_{1д} = 0.5 \quad \alpha_{2д} = 0.5$

Given

$$h_{3д} \cdot (1 - \alpha_{1д} - \alpha_{2д}) + h_{11д} \cdot \alpha_{2д} = h_{2o} \cdot (1 - \alpha_{1д})$$

$$h_{4д} \cdot (1 - \alpha_{1д}) + h_{1д} \cdot \alpha_{1д} = h_{1o} \cdot 1$$

$$\text{Find}(\alpha_{1д}, \alpha_{2д}) = \begin{pmatrix} 0.12664 \\ 0.09657 \end{pmatrix} \quad \text{Значит,} \quad \alpha_{1д} = 0.12664 \quad \alpha_{2д} = 0.09657$$

$$l_{цвд_д} := h_1 - h_{ад}$$

$$l_{цнд_д} := (h_b - h_{11д}) + (h_{11д} - h_{11д}) \cdot (1 - \alpha_{1д}) + (h_{11д} - h_{2д}) \cdot (1 - \alpha_{1д} - \alpha_{2д})$$

$$l_{цвд_д} = 372.47 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad l_{цнд_д} = 1079.54 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Действительные работы насосов:

$$l_{н1_д} := (h_{2\text{штрих}} - h_{3д}) \cdot (1 - \alpha_{1д} - \alpha_{2д}) \quad l_{н1_д} = -0.10098 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$l_{н2_д} := (h_{2o} - h_{4д}) \cdot (1 - \alpha_{1д}) \quad l_{н2_д} = -1.21022 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$l_{н3_д} := h_{1o} - h_{5д} \quad l_{н3_д} = -18.91429 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Действительная подводимая теплота за цикл:

$$q_{подв_д} := (h_1 - h_{5д}) + (h_b - h_{ад}) \quad q_{подв_д} = 3173.72571 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$l_{ц_д} := l_{цвд_д} + l_{цнд_д} + l_{н1_д} + l_{н2_д} + l_{н3_д} \quad l_{ц_д} = 1431.78442 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad \text{- действительная работа цикла}$$

$$\text{Внутренний КПД цикла:} \quad \eta_i := \frac{l_{ц_д}}{q_{подв_д}} \quad \eta_i = 0.45114$$

3. Внутренний относительный КПД цикла: $\eta_{oi} := \frac{\eta_i}{\eta_t} \quad \eta_{oi} = 0.90412$

4. Абсолютный электрический КПД турбогенераторной установки:

$$\eta_{е_тг} := \eta_r \cdot \eta_m \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_t \quad \eta_m = 0.99 \quad \text{- механический КПД турбины} \quad \eta_r = 0.985 \quad \text{- КПД генератора}$$

$$\eta_{е_тг} = 0.43993$$

5. КПД электростанции: $\eta_{ст} := \eta_{тр} \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_r \cdot \eta_{пк} \quad \eta_{тр} = 0.99 \quad \text{- КПД транспорта теплоты}$

$$\eta_{пк} = 0.92 \quad \text{- КПД парового котла}$$

$$\eta_{ст} := \eta_{тр} \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_r \cdot \eta_{пк} \quad \eta_{ст} = 0.40068$$

II. 1. Электрическая мощность установки:

$$N_{эл} := \eta_{ст} \cdot D \cdot q_{подв} \quad D = 185 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$N_{эл} = 240550.64026 \text{ кВт} \quad N_{эл} = 240.55 \text{ МВт}$$

2. Мощность собственных нужд:

$$N_{собств_нужд} := D \cdot (l_{н1_д} + l_{н2_д} + l_{н3_д}) \quad N_{собств_нужд} = -3741.71683 \text{ кВт}$$

3. Мощность, отпускаемая в сеть:

$$N_{отпуск} := N_{эл} + N_{собств_нужд} \quad N_{отпуск} = 236808.92343 \text{ кВт} \quad N_{отпуск} = 236.8 \text{ МВт}$$

III. Среднеинтегральная температура подвода теплоты в обратимом цикле:

$$T_{1ср} := \frac{q_{подв}}{(S_1 - S_{1o}) + (S_b - S_1)} \quad T_{1ср} = 618.7 \text{ град С}$$

IV. Удельный расход пара на турбину:

$$l_t := l_{цвд_д} + l_{цнд_д} \quad \text{- работа турбины} \quad l_t = 1452.01 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$d_t := \frac{3600}{l_t \cdot \eta_m \cdot \eta_r} \quad d_t = 2.5425 \frac{\text{кг_пара}}{\text{кВт}\cdot\text{ч}}$$

V. Удельный расход условного топлива на станции: $b := \frac{3600}{\eta_{ст_брутто} \cdot Q_{н_р}}$

Теплота сгорания условного топлива - $Q_{н_р} = 7000 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$

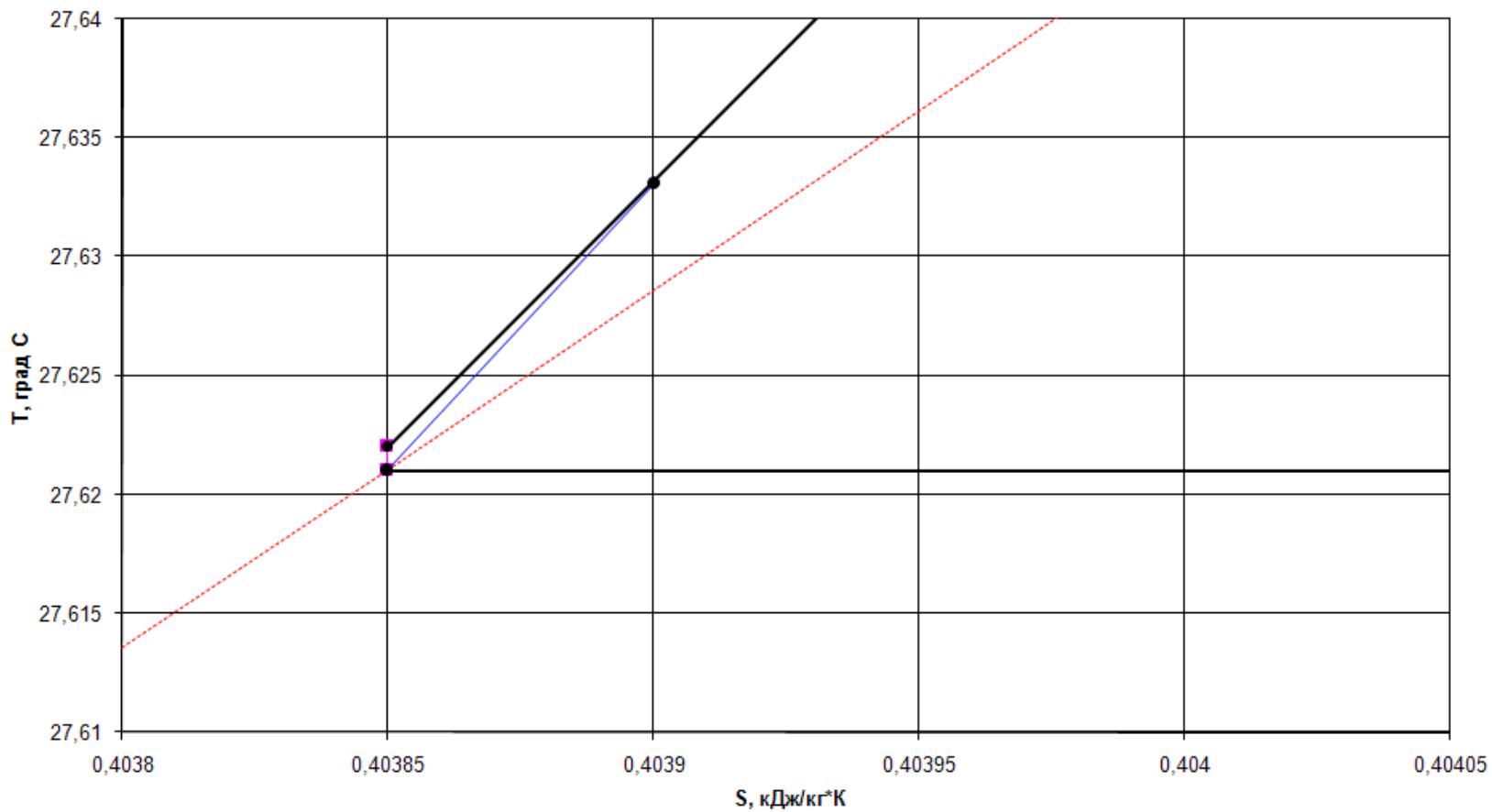
Перевод ккал в джоули: $1 \text{ ккал} = 4186.8 \text{ Дж}$

$$Q_{н_р} = 7000 \cdot 4186.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \quad Q_{н_р} = 29307600 \frac{\text{Дж}}{\text{кг_Топл}} \quad Q_{н_р} = 29307.6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг_Топл}}$$

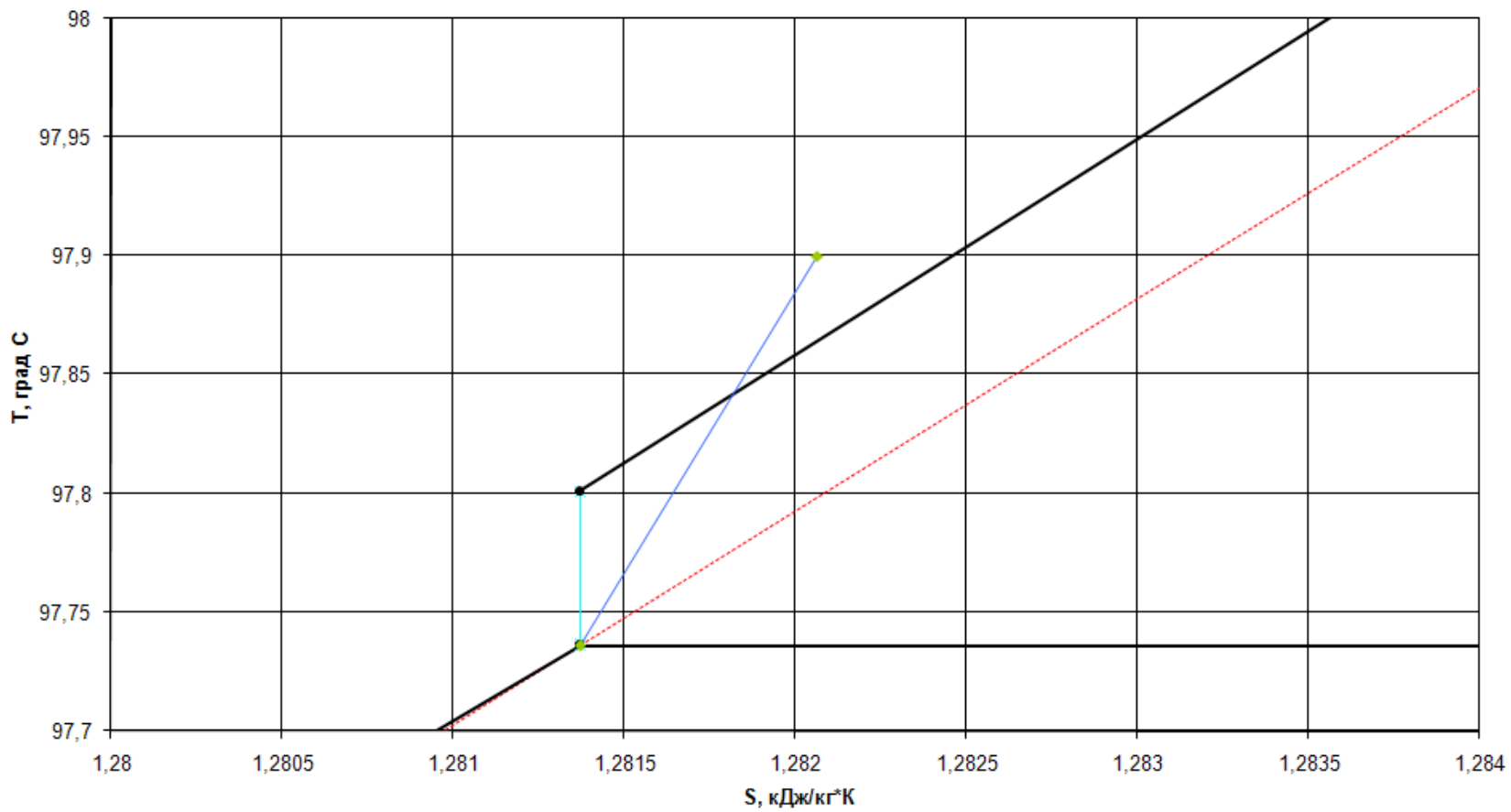
$$\eta_{ст_брутто} := \eta_r \cdot \eta_m \cdot \eta_{oi_цнд} \cdot \eta_{oi_цвд} \cdot \eta_t \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{пк}$$

$$b := \frac{3600}{\eta_{ст_брутто} \cdot Q_{н_р}} \quad b = 0.36231 \frac{\text{кг_усл_топлива}}{\text{кВт}\cdot\text{ч}}$$

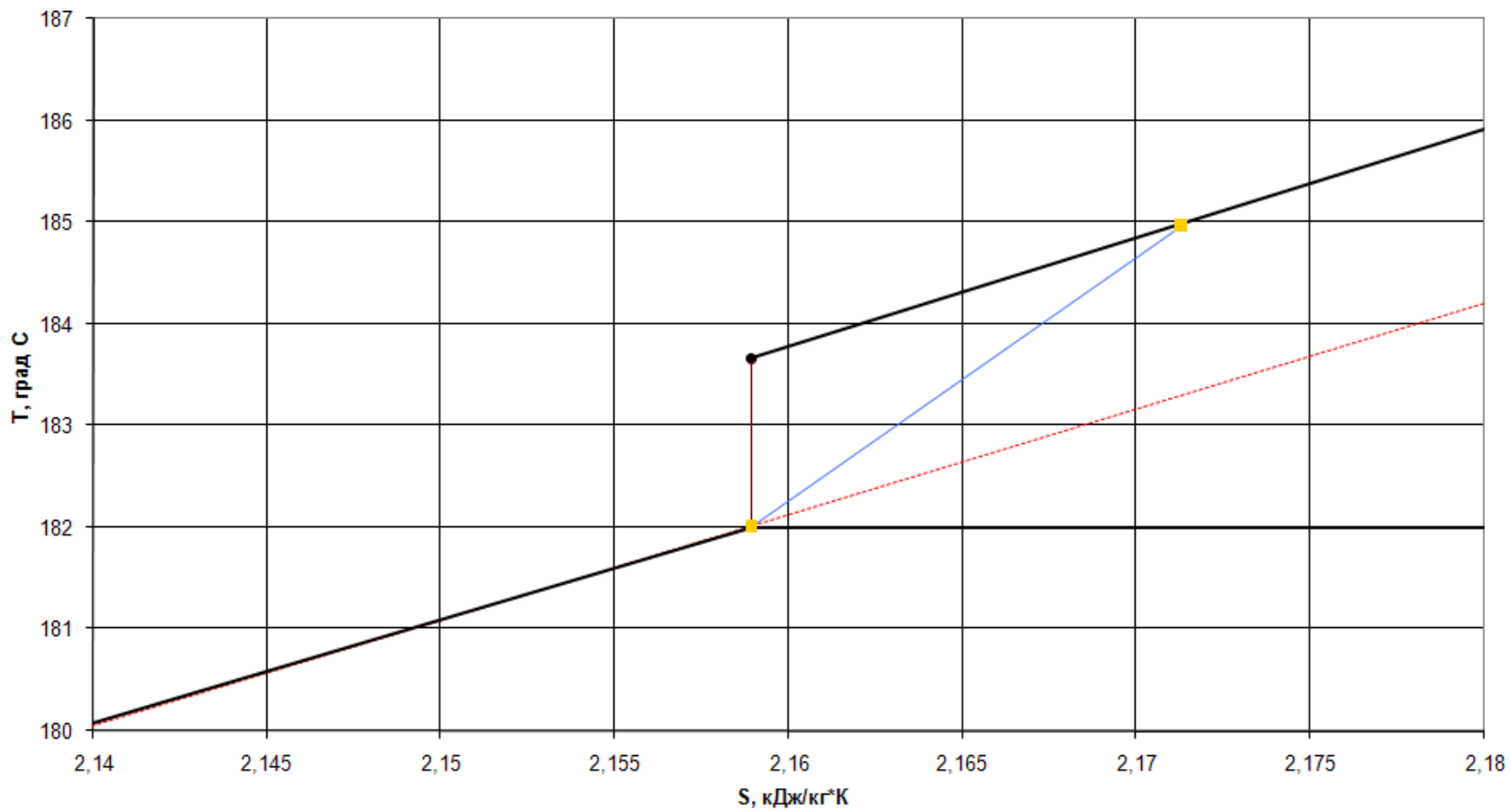
Насос 1



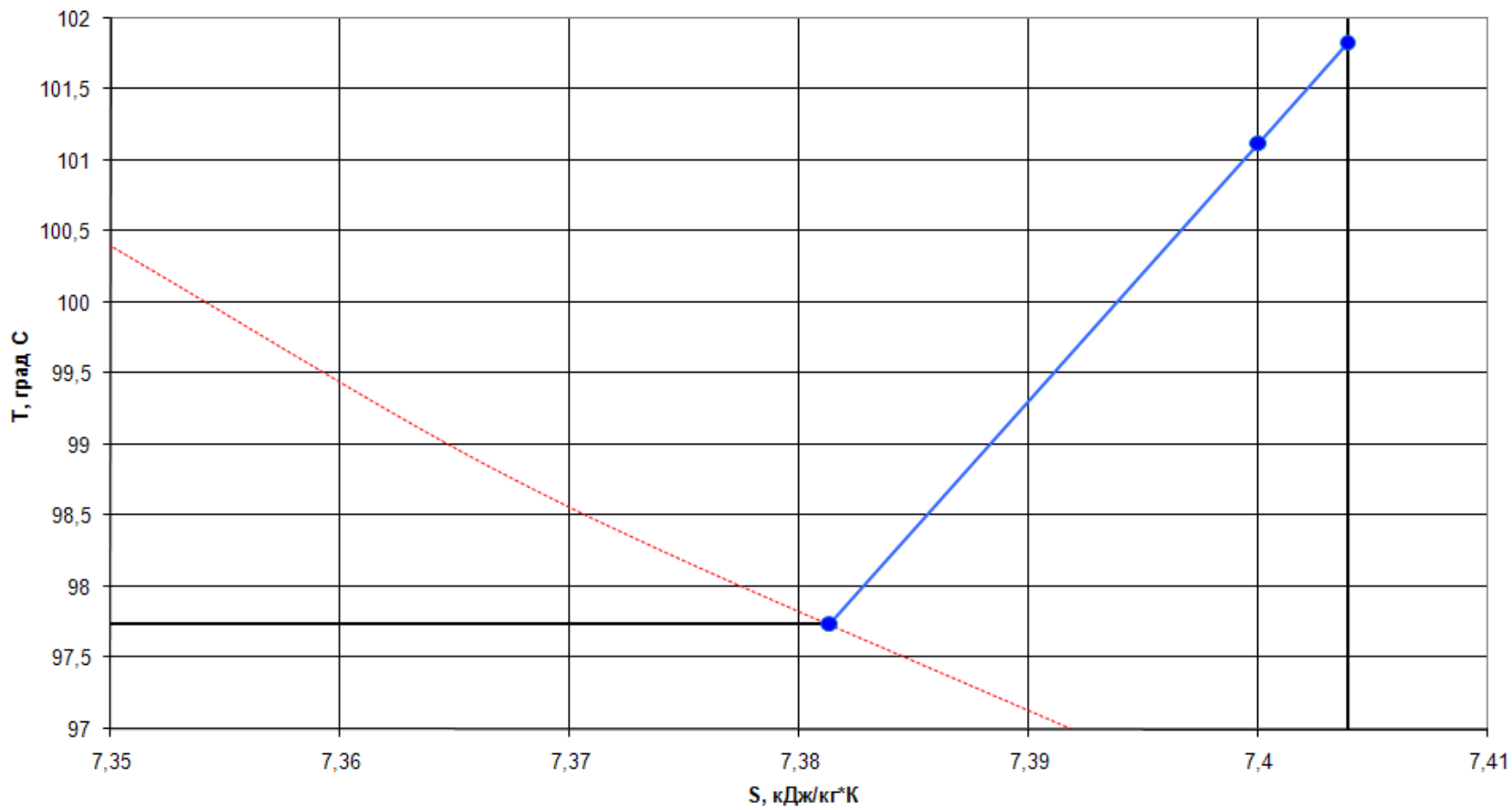
Насос 2



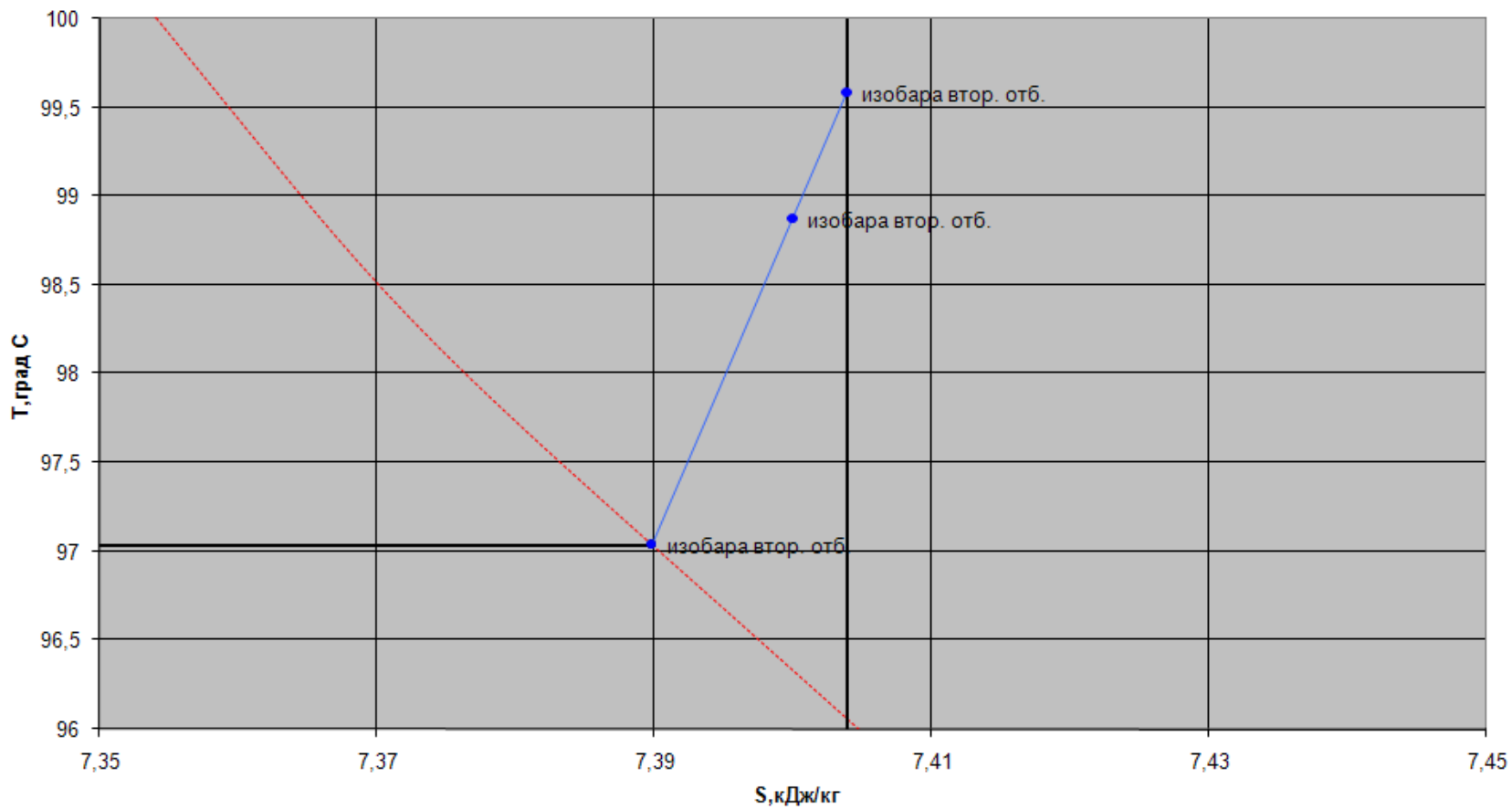
Насос 3



Второй отбор



TS



20	0,2965		0,40385	27,621	2,1589	182		
25	0,3673		0,40385	27,622	6,5682	182		
50	0,7038		0,7	49,71	6,8	227,02		
100	1,307		0,9	65,25	7,1	299,83		
150	1,842		1,28137	97,736	7,4039 S	387,59 T		первый отбор
200	2,3308		1,28137	97,801				
250	2,7934		1,6	126,81	1,28137	97,736		
300	3,2547		1,9	155,79	7,3813	97,736		
320	3,4491		2,1589	182	7,4	101,12		
340	3,6599		2,1589	183,66	7,4039 S	101,83 T		второй отбор
350	3,7783		2,5	220,11				
360	3,9164		3	274,89	0,40385	27,621		H1 действ
365	4,0011		3,54790	329,65	0,40399	27,633		
370	4,1142		5,4459	329,65				
373,946	4,412	HS диаграмма	5,8 S	364,22 T	1,28137	97,801		H2 действ
372	4,7046		6,1	414,91	1,2825	97,9		
370	4,7998		6,6336	555				
365	4,9484		6,6336	321,68	2,1589 S	182 T		H3 действ
360	5,0528		6,9	393,17	2,1713	184,96		
350	5,2109		7,2	487,85				
340	5,3359		7,4039	560	6,6336	555		цвд действ
320	5,5373		7,4039	27,621	6,7417	349,14		
300	5,7058		0,40385	27,621				
250	6,0722				7,4039	560		цнд действ
200	6,4303				7,4412	399,27		
150	6,837				7,6335	147,23		
100	7,3541				7,8597	27,621		
97,736	7,3813							
50	8,0749							
25	8,5568							
20	8,6218							

TS Цикл

