

ЗАДАНИЕ - 1

1. Построить в h, s - диаграмме процесс расширения пара в турбине при номинальной и частичной (f) нагрузке при ее дроссельном парораспределении и постоянном давлении перед турбиной. Определить изменение располагаемого и используемого в турбине теплоперепада. Рассчитать мощность, развиваемую турбиной в номинальном режиме и при частичной нагрузке. Тепловая схема турбины представлена на рис.1. Рассчитать мощность, потребляемую питательным насосом при работе на номинальной и частичной нагрузке. Исходные данные для расчета представлены в табл.1.

Определить удельный расход условного топлива на отпущенную электроэнергию. Изменение доли собственных нужд блока без учета работы питательного насоса приведено в табл.2. Промежуточные точки линейно проинтерполировать.

2. Используя задание пункта 1 построить процесс расширения пара в турбине при номинальной и частичной (f) нагрузке при дроссельном парораспределении и регулировании методом скользящего давления. Определить изменение располагаемого и используемого в турбине теплоперепада. Рассчитать мощность, развиваемую турбиной в номинальном режиме и при частичной нагрузке. Тепловая схема турбины представлена на рис.1. Рассчитать мощность, потребляемую питательным насосом при работе на номинальной и частичной нагрузке. Исходные данные для расчета представлены в табл.1.

Определить удельный расход условного топлива на отпущенную электроэнергию. Изменение доли собственных нужд блока без учета работы питательного насоса приведено в табл.2. Промежуточные точки линейно проинтерполировать.

Сопоставить мощность, отпускаемую турбиной на частичной нагрузке при дроссельном парораспределении и работе с постоянным давлением на входе в турбину и скользящем регулировании давления. Сопоставить удельные расходы топлива на отпущенную электроэнергию в этих режимах.

При выполнении задания определять напор питательного насоса исходя из условия, что давление нагнетания $p_{пн} = 1,4 p_{ог}$ для "скользящего" режима и $p_{пн} = 1,4 p_0$ для дроссельного. Величину относительного расхода питательной воды принимать с учетом утечек $\alpha_{пв} = 1,02$.

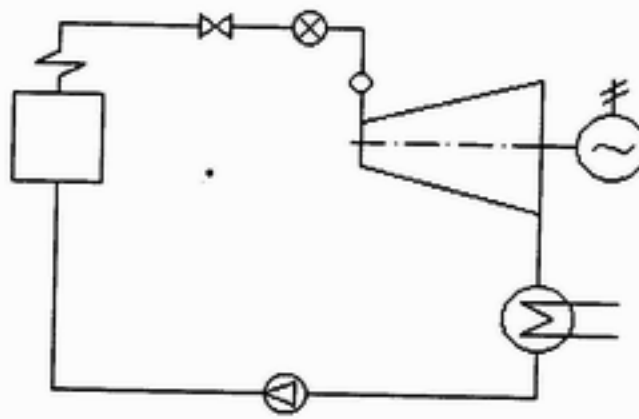


Рис.1. Тепловая схема энергоблока.

Таблица 1.

Варианты	Варианты заданий									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Давление в конденсаторе, P_k , МПа	0,0035	0,004	0,0045	0,005	0,0055	0,0035	0,004	0,0045	0,005	0,0055
	0,0035	0,004	0,0045	0,005	0,0055	0,0035	0,004	0,0045	0,005	0,0055
	0,0035	0,004	0,0045	0,005	0,0055	0,0035	0,004	0,0045	0,005	0,0055
Начальное давление и температура, P_{00}/t_{00} , МПа/ $^{\circ}\text{C}$	9,0/530					10,0/540				
	11,0/545					12,0/550				
	13,0/555					14,0/560				
Внутренний относит. КПД турбины	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88
	0,87	0,88	0,89	0,84	0,85	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84
	0,89	0,83	0,82	0,87	0,88	0,89	0,84	0,85	0,88	0,87
Частичная нагрузка турбины, f	0,85					0,83				
	0,75					0,78				
	0,8					0,88				
Расход пара в номинальном режиме, D_{00} кг/с	100,0					120,0				
	140,0					160,0				
	180,0					200,0				
Относительный расход холостого хода, X , %	6,0					5,8				
	5,6					5,4				
	5,2					5,0				

Таблица 2.

Изменение относительной доли мощности собственных нужд блока без учета мощности питательного насоса

Относительная мощность блока, f	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Значение $f_{сн}$	0,05	0,045	0,04	0,035	0,03

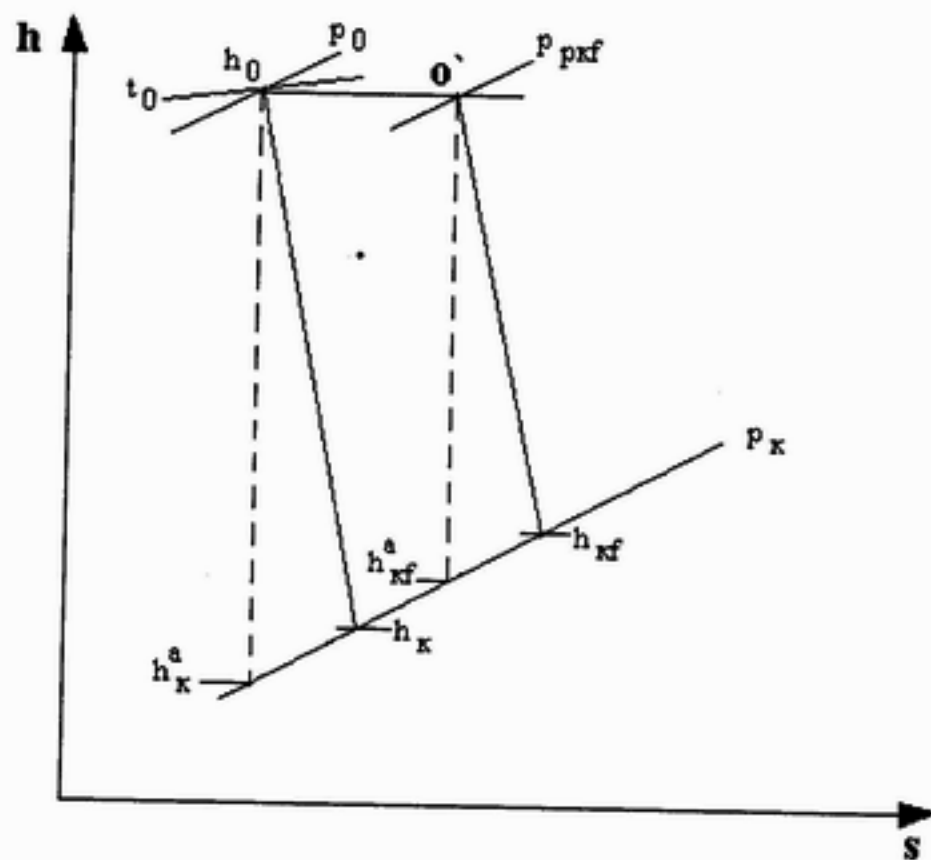


Рис.2. Процесс расширения пара в проточной части турбины при дроссельном парораспределении.

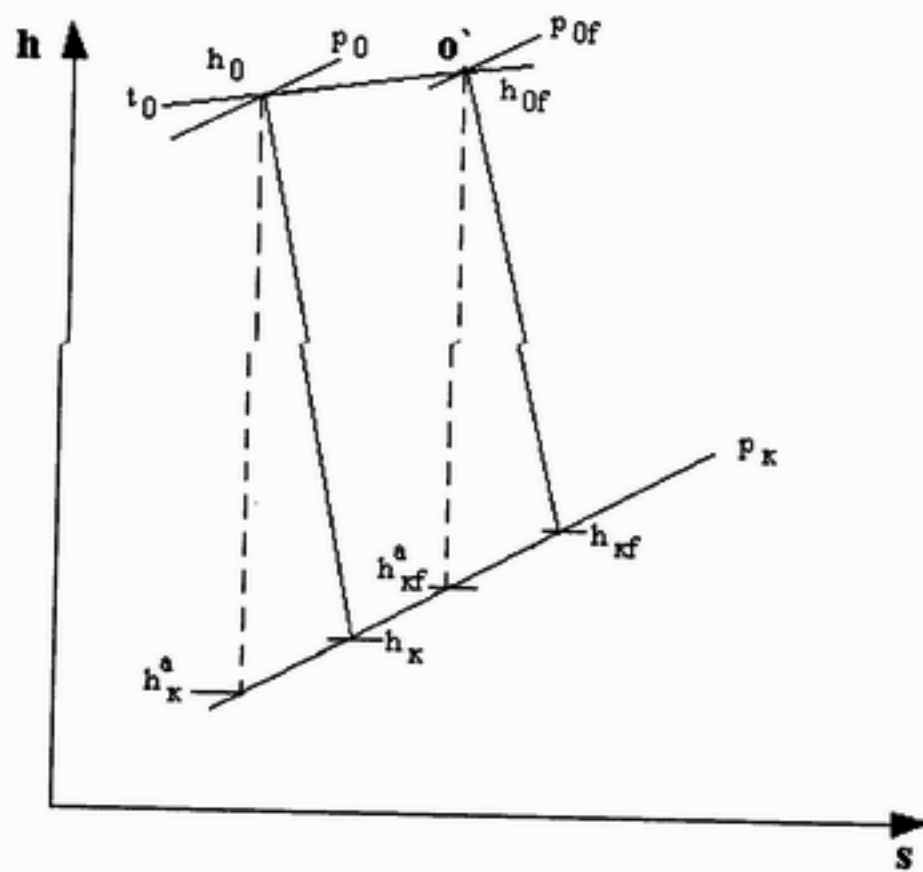


Рис.3. Процесс расширения пара в проточной части турбины при регулировании скользящим давлением.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

Институт Теплоэнергетики и Технической Физики
КАФЕДРА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СТАНЦИЙ

Практическое задание №1

по курсу

«Режимы работы и эксплуатации ТЭС»

«Исследование регулирования нагрузки способом скользящего начального
давления и дроссельного парораспределения»

Студент:

Группа:

Вариант : 11

Преподаватель: Куличихин В.В.

Исходные данные:

Давление в конденсаторе: $p_K = 0.0035$ МПа

Начальное давление и температура: $p_{00} = 11$ МПа
 $t_{00} = 545$ °C

Внутренний относительный КПД турбины: $\eta_{oi_T} = 0.87$

Частичная нагрузка турбины: $f = 0.75$

Расход пара в номинальном режиме: $D_{00} = 140$ $\frac{кг}{с}$

Относительный расход холостого хода: $X = 5.6\%$

Мощность собственных нужд блока:

$$f_{сн}(f) = 0.045 + \frac{0.04 - 0.045}{0.8 - 0.7} \cdot (f - 0.7) \quad f_{сн}(f) = 0.0425$$

Принятые величины:

Механический КПД турбоагрегата: $\eta_M = 0.98$

КПД электрогенератора: $\eta_{ген} = 0.99$

КПД котельного агрегата: $\eta_{ка} = 0.92$

КПД транспорта теплоты: $\eta_{тр} = 0.98$

КПД питательного насоса: $\eta_N = 0.82$

Величина относительного расхода питательной воды: $\alpha_{пв} = 1.02$

Низшая рабочая теплота сгорания топлива: $Q_{н_р} = 29300$ $\frac{кДж}{кг}$

Значение среднего удельного объема воды: $v = 0.0011$ $\frac{м^3}{кг}$

Значение удельной энтальпии пара перед турбиной при номинальной нагрузке:

$$p_{00} = 11 \text{ МПа} \quad t_{00} = 545 \text{ °C} \quad h_0 = 3.479 \times 10^3 \frac{кДж}{кг}$$

Значение удельной энтропии пара перед турбиной при номинальной нагрузке:

$$s_0 = 6.6895 \frac{кДж}{кг \cdot K}$$

Теоретическое значение удельной энтропии пара на выхлопе турбины в номинальном режиме (изознтропный процесс):

$$s_{к_a} = s_0 \quad s_{к_a} = 6.6895 \frac{кДж}{кг \cdot K}$$

Теоретическое значение удельной энтальпии пара на выхлопе турбины в номинальном режиме (изознтропный процесс расширения пара в турбине до давления в конденсаторе):

$$h_{к_a} = 2000.4 \frac{кДж}{кг}$$

Значение удельной энтальпии пара на выхлопе турбины в номинальном режиме (реальный процесс):

$$h_k = h_0 - \eta_{oi_T} \cdot (h_0 - h_{к_a})$$

$$h_k = 3.479 \times 10^3 + 0.87 \cdot (3.479 \times 10^3 - 2000.4) \quad h_k = 2192.6 \frac{кДж}{кг}$$

Электрическая мощность турбоагрегата при номинальной нагрузке:

$$N_{э_ном} = D_{00} \cdot (h_0 - h_k) \cdot \eta_{ген} \cdot \eta_M$$

$$N_{э_ном} = 140 \cdot (3.479 \times 10^3 - 2.193 \times 10^3) \cdot 0.99 \cdot 0.98 \quad N_{э_ном} = 174727 \text{ кВт}$$

Давление питательной воды в номинальном режиме работы:

$$p_{пв0} = 1.4 \cdot p_{00} \quad p_{пв0} = 15.4 \text{ МПа}$$

Температура конденсата за конденсатором (при давлении p_K): $t_{конд} = 26.7$ °C

Энтальпия конденсата: $h_{конд} = 111.8$ $\frac{кДж}{кг}$

Увеличение энтальпии воды в питательном насосе: $\upsilon = \frac{(p_{пв0} \cdot 10^6 - p_K \cdot 10^3) \cdot v}{\eta_N \cdot 1000} \quad \upsilon = 20.659 \frac{кДж}{кг}$

Значение удельной энтальпии питательной воды:

$$h_{пв} = h_{конд} + \upsilon \quad h_{пв} = 111.8 + 20.659 \quad h_{пв} = 132.5 \frac{кДж}{кг}$$

Значение расхода условного топлива в котел в номинальном режиме:

$$B_{усл_ном} = \frac{D_{00} \cdot (h_0 - h_{пв})}{Q_{н_р} \cdot \eta_{ка} \cdot \eta_{тр}} \quad B_{усл_ном} = \frac{140 \cdot (3.479 \times 10^3 - 132.5)}{2.93 \times 10^4 \cdot 0.92 \cdot 0.98} \quad B_{усл_ном} = 17.74 \frac{кг}{с}$$

Значение напора развиваемого питательным насосом в номинальном режиме:

$$H_{ном} = p_{пв0} - p_K \quad H_{ном} = 15.4 - 0.0035 \quad H_{ном} = 15.396 \text{ МПа}$$

Электрическая мощность питательного насоса в номинальном режиме:

$$N_{пн_ном} = \alpha_{пв} \cdot D_{00} \cdot v \cdot \frac{H_{ном} \cdot 1000}{\eta_N} \quad N_{пн_ном} = 1.02 \cdot 140 \cdot (1.1 \times 10^{-3}) \cdot \frac{15.396 \cdot 1000}{0.82} \quad N_{пн_ном} = 2949.4 \text{ кВт}$$

Значение электрической мощности отпускаемой электроэнергии в номинальном режиме работы:

$$N_{отп_ном} = N_{э_ном} - N_{э_ном} \cdot f_{сн}(1) - N_{пн_ном} \quad N_{отп_ном} = 1.747 \times 10^5 - 1.747 \times 10^5 \cdot 0.03 - 2.949 \times 10^3$$

$$N_{отп_ном} = 166536 \text{ кВт}$$

Значение удельного расхода условного топлива по отпуску электроэнергии в номинальном режиме работы:

$$b_{ном} = \frac{B_{усл_ном} \cdot 3600}{N_{отп_ном}} \quad b_{ном} = \frac{17.735 \cdot 3600}{1.665 \times 10^5} \quad b_{ном} = 0.383 \frac{кг}{кВт \cdot час}$$

Дроссельное парораспределение при постоянном давлении перед турбиной:

Значение относительного расхода пара на турбину при частичной нагрузке:

$$\beta_D = X + (1 - X) \cdot f \quad \beta_D = 0.056 + (1 - 0.056) \cdot 0.75 \quad \beta_D = 0.764$$

Значение расхода пара на турбину при частичной нагрузке:

$$D_{0f} = \beta_D \cdot D_{00} \quad D_{0f} = 0.764 \cdot 140 \quad D_{0f} = 106.96 \frac{кг}{с}$$

Значение давления свежего пара перед первой ступенью турбины при частичной нагрузке:

$$p_{0f} = p_{00} \cdot \beta_D \quad p_{0f} = 11 \cdot 0.764 \quad p_{0f} = 8.404 \text{ МПа}$$

Значение удельной энтальпии пара перед турбиной:

$$h_{0f} = h_0 \quad h_{0f} = 3.479 \times 10^3 \frac{кДж}{кг}$$

Значение удельной энтропии пара перед турбиной, при:

$$p_{0f} = 8.404 \text{ МПа} \quad \text{и} \quad h_{0f} = 3.479 \times 10^3 \frac{кДж}{кг} \quad s_{0p} = 6.806 \frac{кДж}{кг \cdot K}$$

Теоретическое значение удельной энтропии пара на выхлопе турбины:

$$s_{кf_a} = s_{0p} \quad s_{кf_a} = 6.806 \frac{кДж}{кг \cdot K}$$

Теоретическое значение удельной энтальпии пара на выхлопе турбины, при

$$s_{кf_a} = 6.806 \frac{кДж}{кг \cdot K} \quad \text{и} \quad p_K = 0.0035 \text{ МПа} \quad h_{кf_a} = 2.035 \times 10^3 \frac{кДж}{кг}$$

Значение удельной энтальпии пара на выхлопе турбины (для реального процесса):

$$h_{кf} = h_{0f} - \eta_{oi_T} \cdot (h_{0f} - h_{кf_a}) \quad h_{кf} = 2222.7 \frac{кДж}{кг}$$

Давление питательной воды:

$$p_{пвf} = 1.4 \cdot p_{00} \quad p_{пвf} = 15.4 \text{ МПа}$$

Значение удельной энтальпии питательной воды, так же как и в номинальном режиме: $h_{пв} = 132.5$ $\frac{кДж}{кг}$

Значение расхода условного топлива на котел:

$$B = \frac{D_{0f} \cdot (h_{0f} - h_{пв})}{Q_{н_р} \cdot \eta_{ка} \cdot \eta_{тр}} \quad B = 13.55 \frac{кг}{с}$$

Значение напора развиваемого питательным насосом:

$$H = p_{пвf} - p_K \quad H = 15.4 \text{ МПа}$$

Электрическая мощность питательного насоса:

$$N_{пнf} = \alpha_{пв} \cdot D_{0f} \cdot v \cdot \frac{H \cdot 1000}{\eta_N} \quad N_{пнf} = 1.02 \cdot 107 \cdot (1.1 \times 10^{-3}) \cdot \frac{15.4 \cdot 1000}{0.82} \quad N_{пнf} = 2253.3 \text{ кВт}$$

Значение электрической мощности, снимаемой с турбины при частичной нагрузке:

$$N_{э_f} = D_{0f} \cdot (h_{0f} - h_{кf}) \cdot \eta_{ген} \cdot \eta_M$$

$$N_{э_f} = 106.96 \cdot (3.479 \times 10^3 - 2.223 \times 10^3) \cdot 0.99 \cdot 0.98 \quad N_{э_f} = 130367 \text{ кВт}$$

Значение электрической мощности отпускаемой электроэнергии от станции при частичной нагрузке и дроссельном регулировании:

$$N_{э_отпf} = N_{э_f} - N_{э_f} \cdot f_{сн}(f) - N_{пнf}$$

$$N_{э_отпf} = 130367 - 130367 \cdot 0.043 - 2.253 \times 10^3 \quad N_{э_отпf} = 122573 \text{ кВт}$$

Значение удельного расхода условного топлива по отпуску электроэнергии:

$$b_f = \frac{B \cdot 3600}{N_{э_отпf}} \quad b_f = 0.398 \frac{кг}{кВт \cdot час}$$

Скользящее начальное давление, частичная нагрузка:

Температура пара перед турбиной:

$$t_{0f} = t_{00} \quad t_{0f} = 545 \text{ °C}$$

Давление пара перед первой ступенью турбины:

$$p_{0f} = p_{00} \cdot \beta_D \quad p_{0p} = 11 \cdot 0.764 \quad p_{0f} = 8.404 \text{ МПа}$$

Значение удельной энтальпии пара перед турбиной, при:

$$p_{0f} = 8.404 \text{ МПа} \quad \text{и} \quad t_{0f} = 545 \text{ °C} \quad h_{0f} = 3505.6 \frac{кДж}{кг}$$

Удельная энтропия пара перед первой ступенью, при:

$$h_{0f} = 3505.6 \frac{кДж}{кг} \quad \text{и} \quad p_{0f} = 8.404 \text{ МПа} \quad s_{0f} = 6.838 \frac{кДж}{кг \cdot K}$$

Теоретическое значение удельной энтропии пара на выхлопе турбины, при:

$$s_{кf_a} = s_{0f} \quad s_{кf_a} = 6.838 \frac{кДж}{кг \cdot K}$$

Теоретическое значение удельной энтальпии пара на выхлопе турбины:

$$h_{кf_a} = 2044.9 \frac{кДж}{кг}$$

Значение удельной энтальпии пара на выхлопе турбины:

$$h_{кf} = h_{0f} - \eta_{oi_T} \cdot (h_{0f} - h_{кf_a})$$

$$h_{кf} = 3505.6 - 0.87 \cdot (3505.6 - 2044.9) \quad h_{кf} = 2234.8 \frac{кДж}{кг}$$

Давление питательной воды:

$$p_{пв0f} = 1.4 \cdot p_{0f} \quad p_{пв0f} = 11.77 \text{ МПа}$$

Значение удельной энтальпии питательной воды:

Температура конденсата за конденсатором (при давлении p_K): $t_{конд} = 26.7$ °C

Энтальпия конденсата: $h_{конд} = 111.8$ $\frac{кДж}{кг}$

Увеличение энтальпии воды в питательном насосе: $\upsilon = \frac{(p_{пв0f} \cdot 10^6 - p_K \cdot 10^3) \cdot v}{\eta_N \cdot 1000} \quad \upsilon = 11.27 \frac{кДж}{кг}$

Значение удельной энтальпии питательной воды:

$$h_{пв_f} = h_{конд} + \upsilon \quad h_{пв_f} = 111.8 + 11.27 \quad h_{пв_f} = 123.1 \frac{кДж}{кг}$$

Значение расхода условного топлива на котел:

$$B = \frac{D_{0f} \cdot (h_{0f} - h_{пв_f})}{Q_{н_р} \cdot \eta_{ка} \cdot \eta_{тр}} \quad B = \frac{104 \cdot (3.506 \times 10^3 - 123.1)}{2.93 \times 10^4 \cdot 0.92 \cdot 0.98} \quad B = 13.696 \frac{кг}{с}$$

Значение напора развиваемого питательным насосом:

$$H = p_{пв0f} - p_K \quad H = 11.76 \text{ МПа}$$

Электрическая мощность питательного насоса:

$$N_{пнf} = \alpha_{пв} \cdot D_{0f} \cdot v \cdot \frac{H \cdot 1000}{\eta_N} \quad N_{пнf} = 1721.4 \text{ кВт}$$

Значение электрической мощности, отпускаемой потребителю при частичной нагрузке и регулировании начальным давлением:

$$N_{э_f} = D_{0f} \cdot (h_{0f} - h_{кf}) \cdot \eta_{ген} \cdot \eta_M$$

$$N_{э_f} = 106.96 \cdot (3.479 \times 10^3 - 2.235 \times 10^3) \cdot 0.99 \cdot 0.98 \quad N_{э_f} = 131875 \text{ кВт}$$

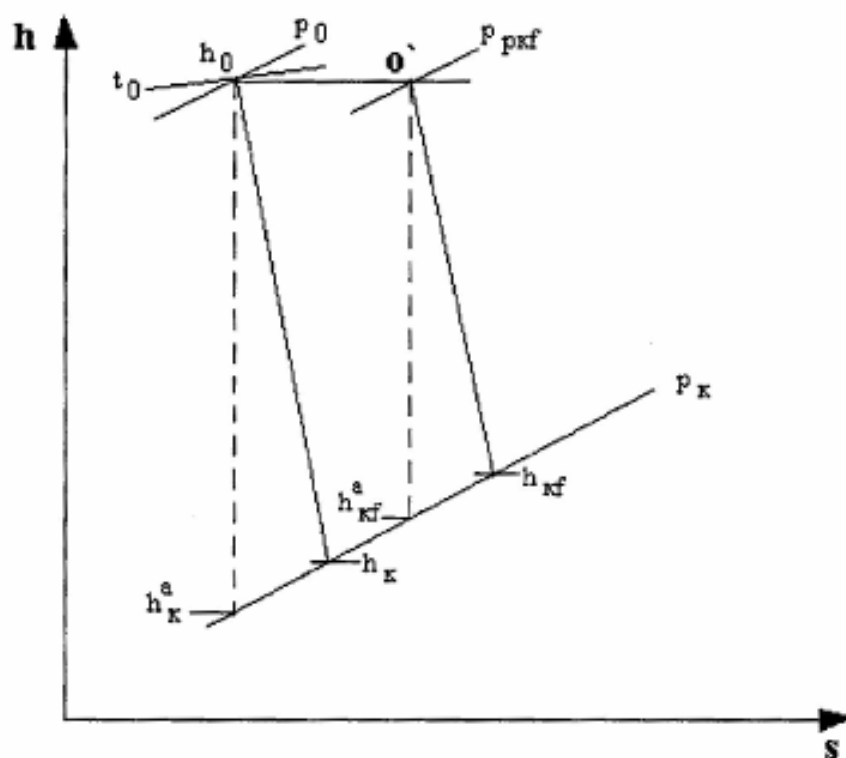
Значение электрической мощности отпускаемой электроэнергии при частичной нагрузке:

$$N_{э_отпf} = N_{э_f} - N_{э_f} \cdot f_{сн}(f) - N_{пнf}$$

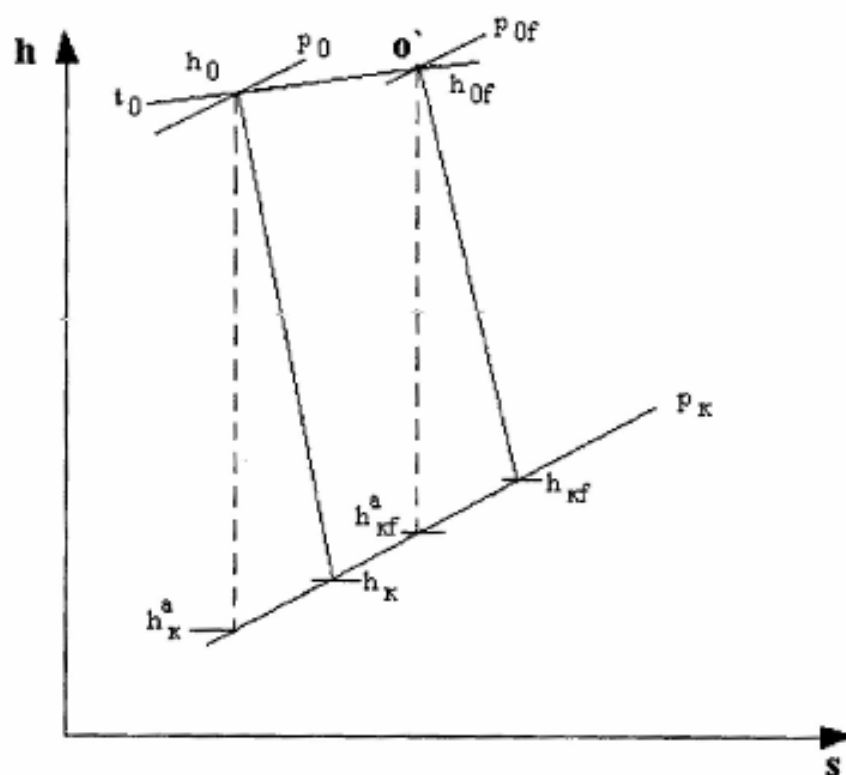
$$N_{э_отпf} = 1.319 \times 10^5 - 1.319 \times 10^5 \cdot 0.043 - 1721.4 \quad N_{э_отпf} = 124549 \text{ кВт}$$

Значение удельного расхода условного топлива по отпуску электроэнергии:

$$b_f = \frac{B \cdot 3600}{N_{э_отпf}} \quad b_f = 0.396 \frac{кг}{кВт \cdot час}$$



Процесс расширения пара в проточной части турбины при дроссельном парораспределении.



Процесс расширения пара в проточной части турбины при регулировании скользящим давлением.