

## Задача

Спроектировать тепловую схему ПТУ АЭС с  $Z$  ступенями РППВ при заданных  $p_0, t_0, p_k$  (*и т.д.*) и электрической мощности  $N_э$ .

Примечание: а) «*и т.д.*»: м.б. заданы промежуточный перегрев пара, сепарация влаги, отпуск теплоты внешним потребителям, т.е. все, что отражается на структуре турбины и процессе расширения пара в турбине;  
б) в нашем случае задан тип подогревателей.

Спроектировать тепловую схему:

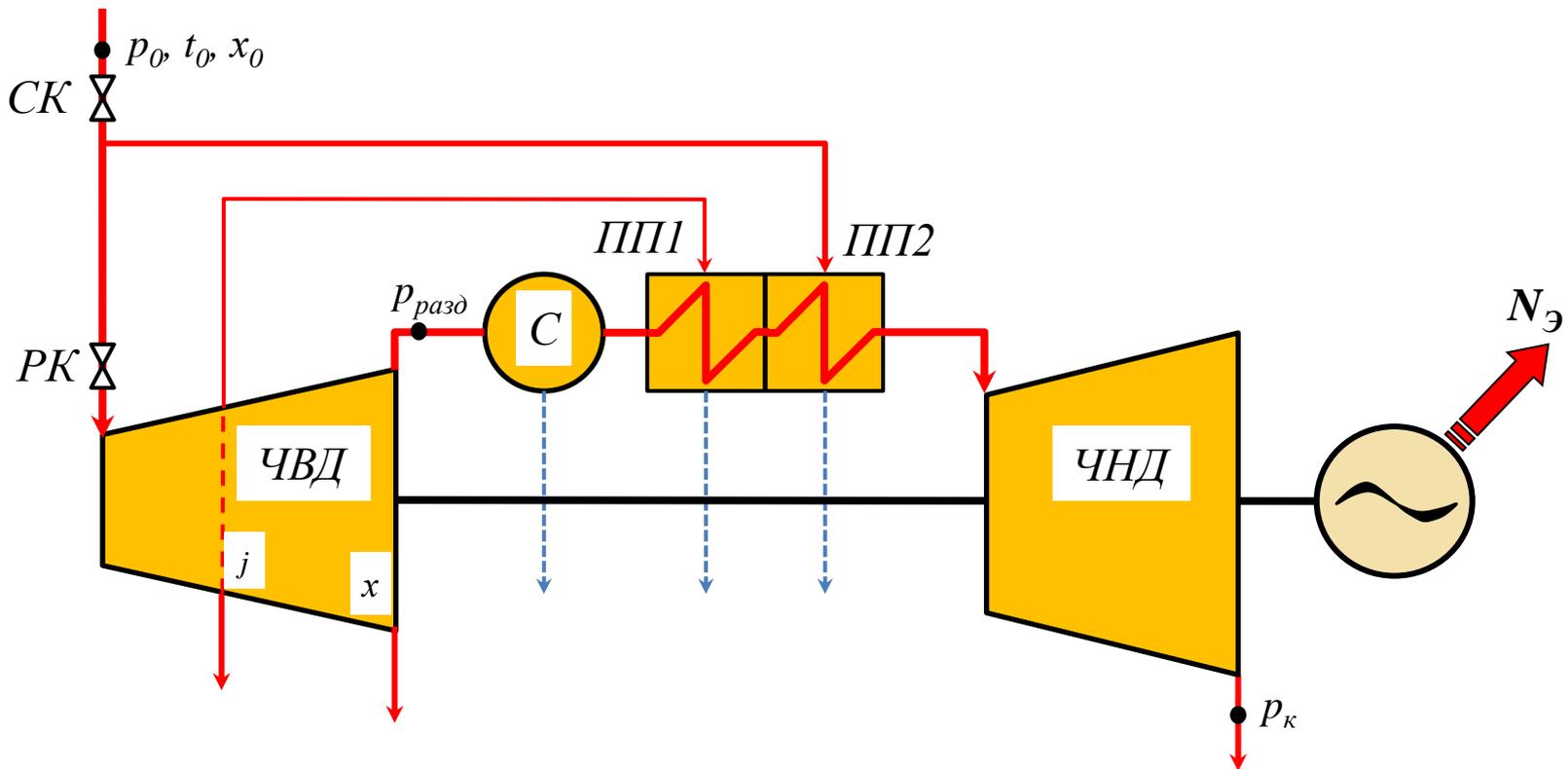
- составить тепловую схему ПТУ с последовательным размещением подогревателей, их подключением к турбине и установкой необходимого числа насосов;
- определить параметры пара и воды в узловых точках схемы (параметры воды на выходе из подогревателей и пара на выходе из турбины);
- определить потоки воды и пара по тепловой схеме в относительных единицах (отнесенных к расходу пара на турбину) или в абсолютных, выраженных через расход пара на турбину. Определяется путем решения системы уравнений теплового и материального балансов подогревателей и другого тепломеханического оборудования;
- определить расход пара на турбину в размерных величинах ( $кг/с, т/ч$ ) по энергетическому уравнению турбины;
- определить показатели тепловой экономичности: абсолютные КПД, удельные расходы теплоты и пара.

## Задача

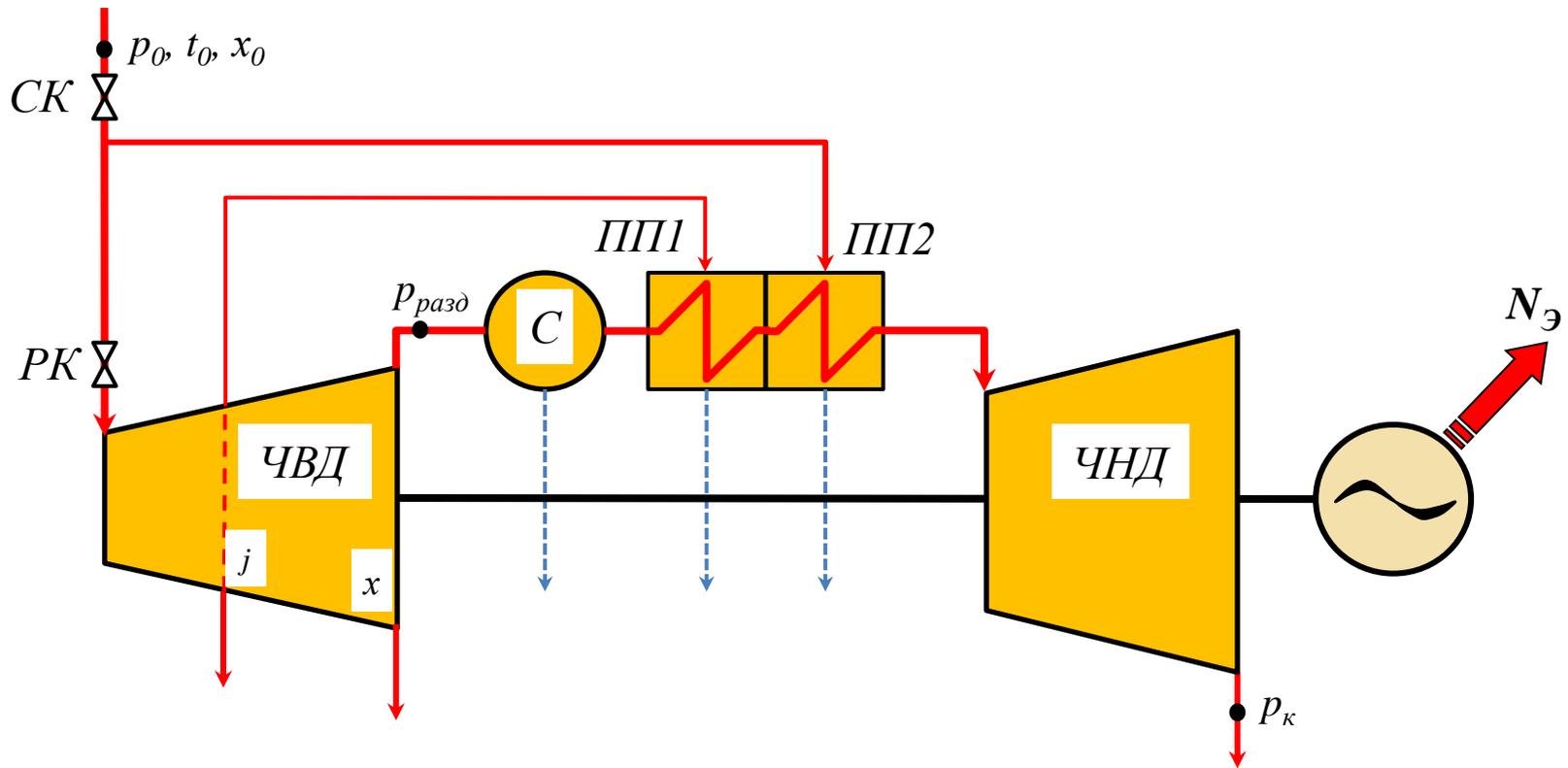
Спроектировать тепловую схему ПТУ АЭС с  $Z$  ступенями РППВ при заданных  $p_0, t_0, p_k$  (и т.д.) и электрической мощности  $N_{\text{э}}$ .

Примечание: а) «и т.д.»: м.б. заданы промежуточный перегрев пара, сепарация влаги, отпуск теплоты внешним потребителям, т.е. все, что отражается на структуре турбины и процессе расширения пара в турбине;  
б) в нашем случае задан тип подогревателей.

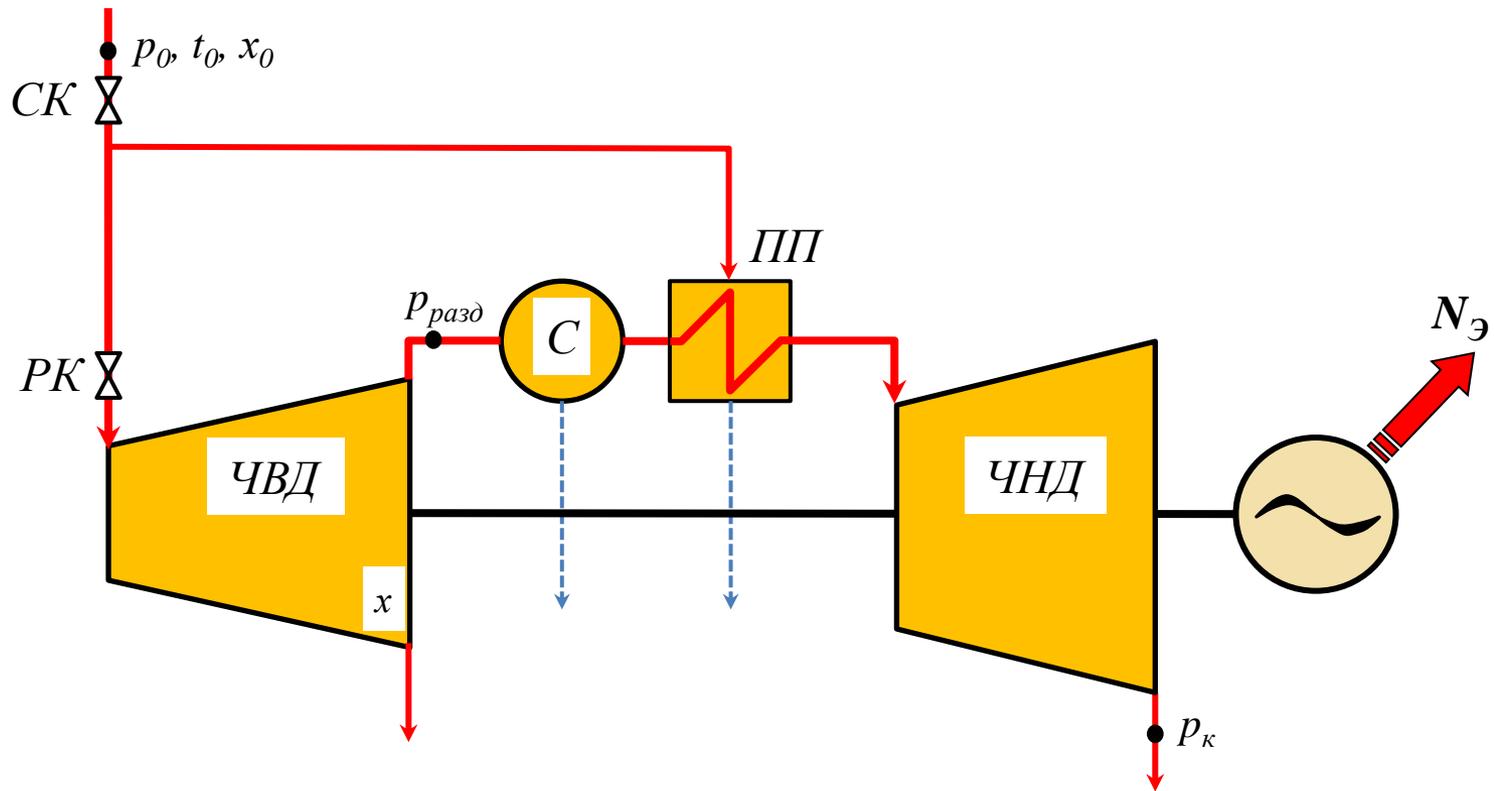
### Базовая схема № 1



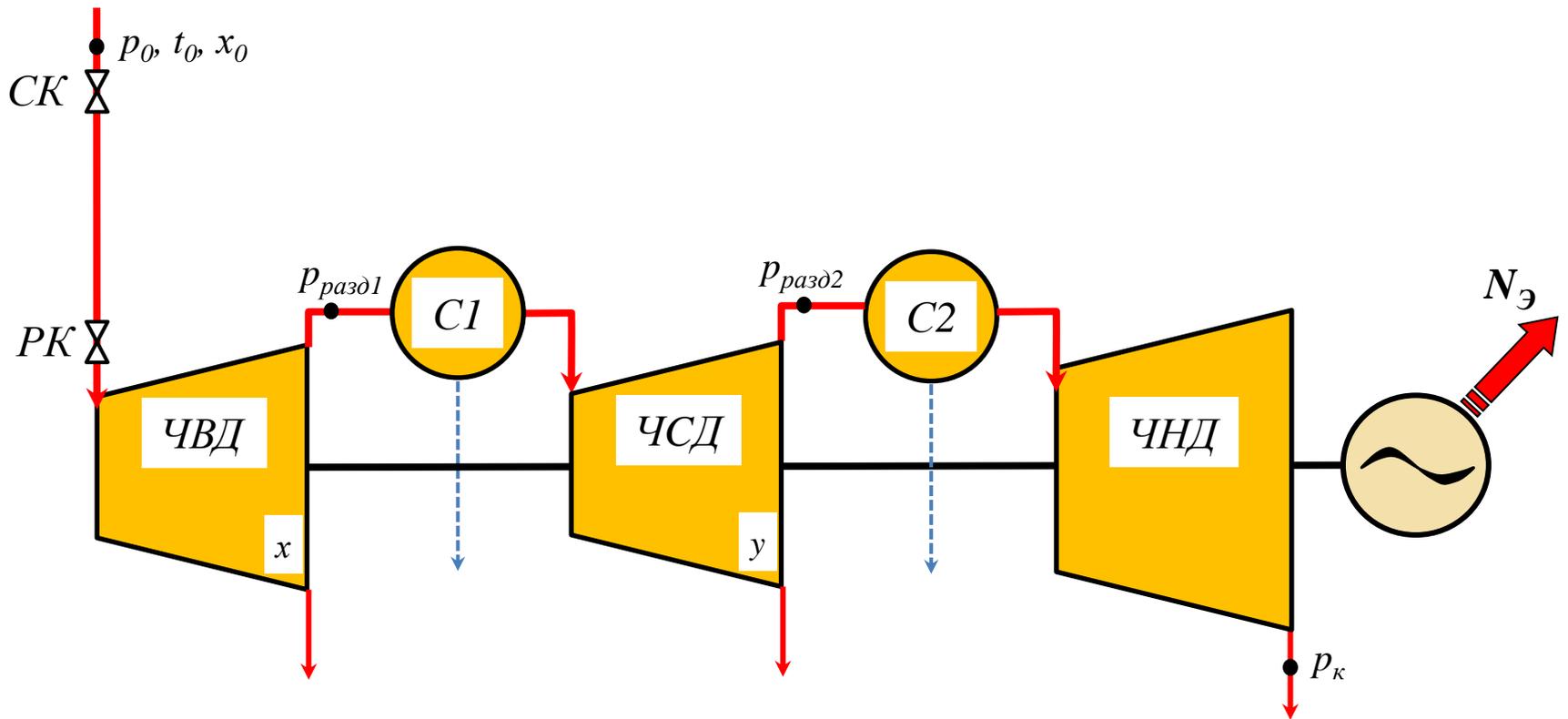
# Базовая схема № 1



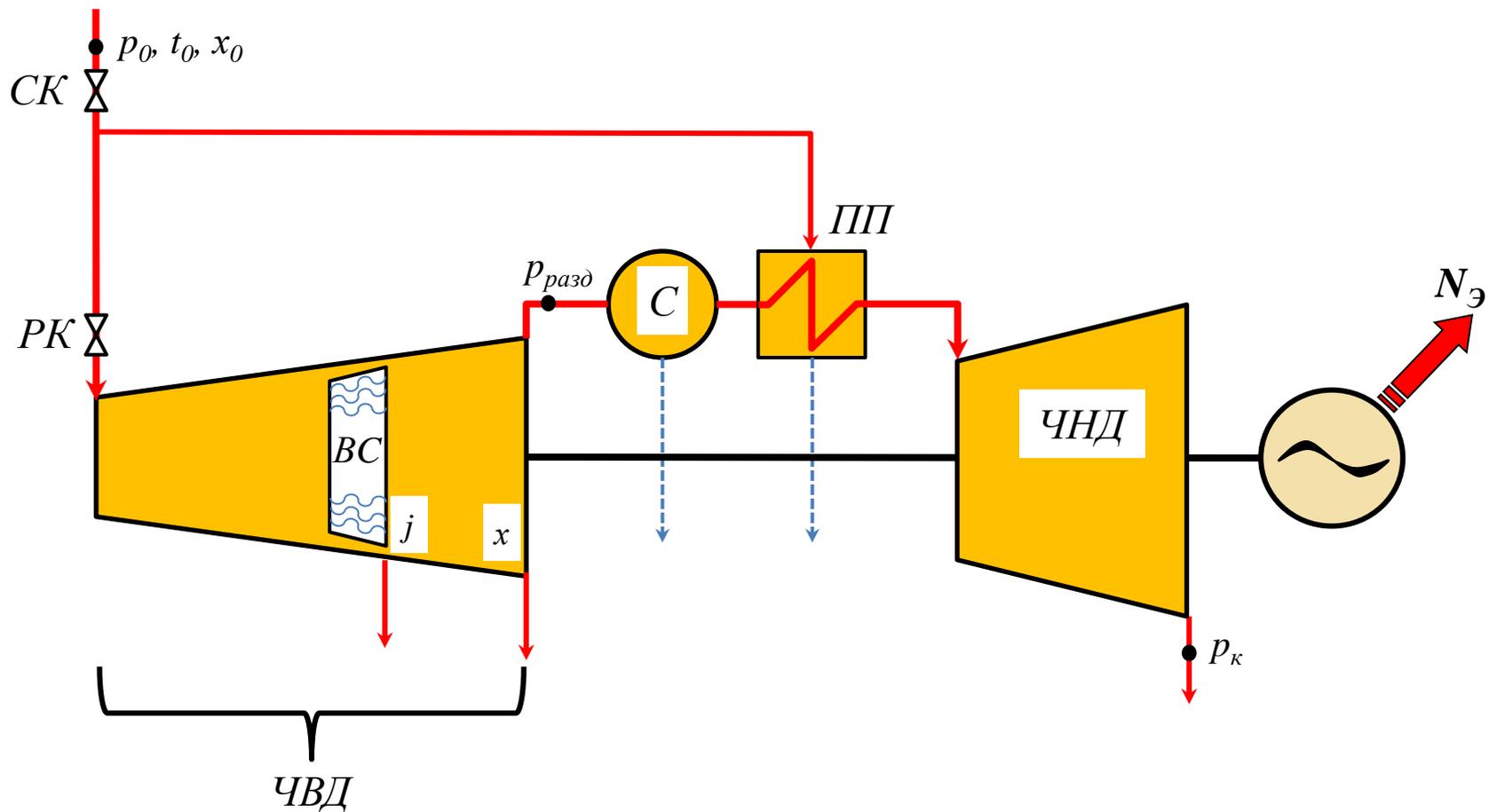
## Базовая схема № 2



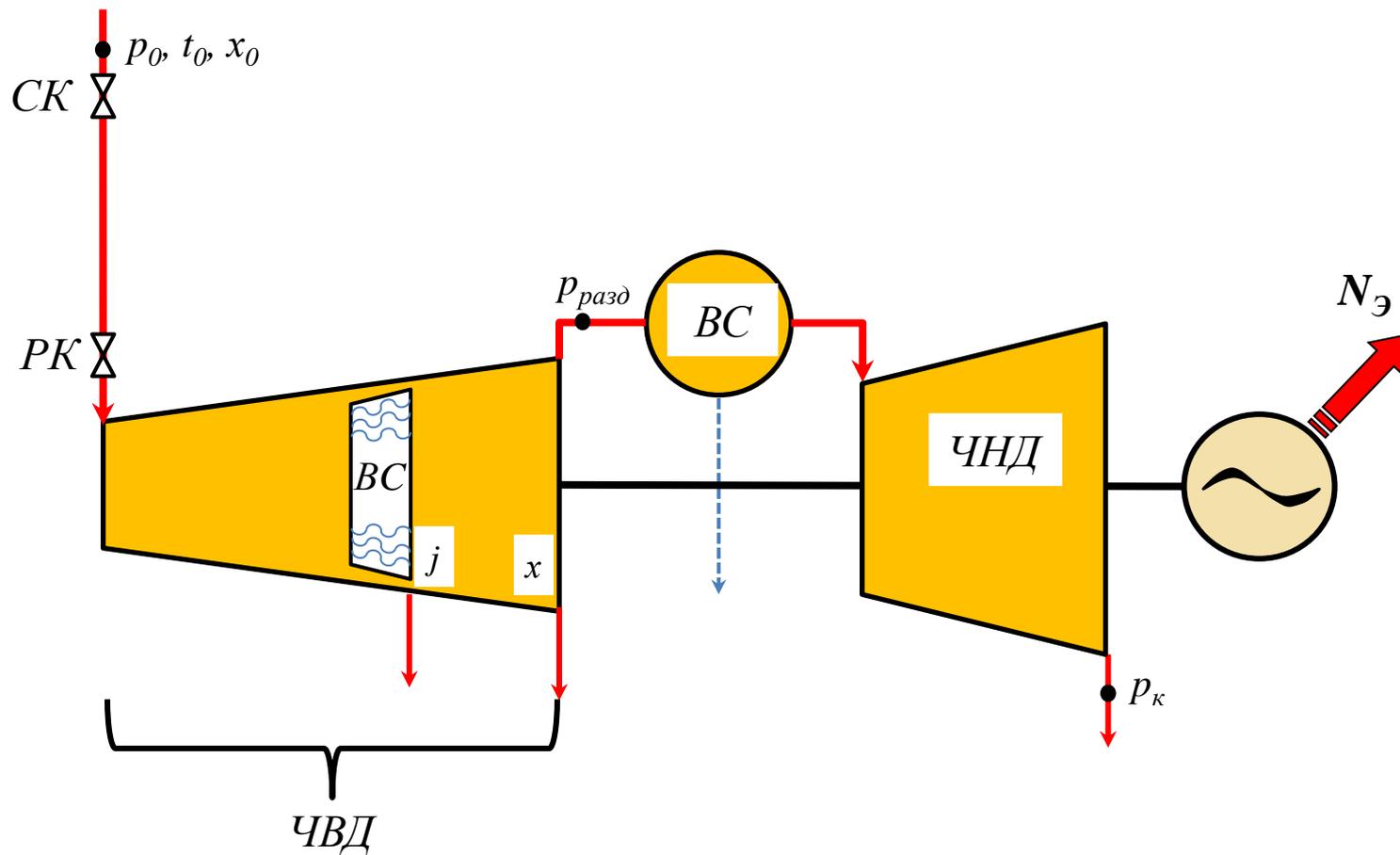
# Базовая схема № 3



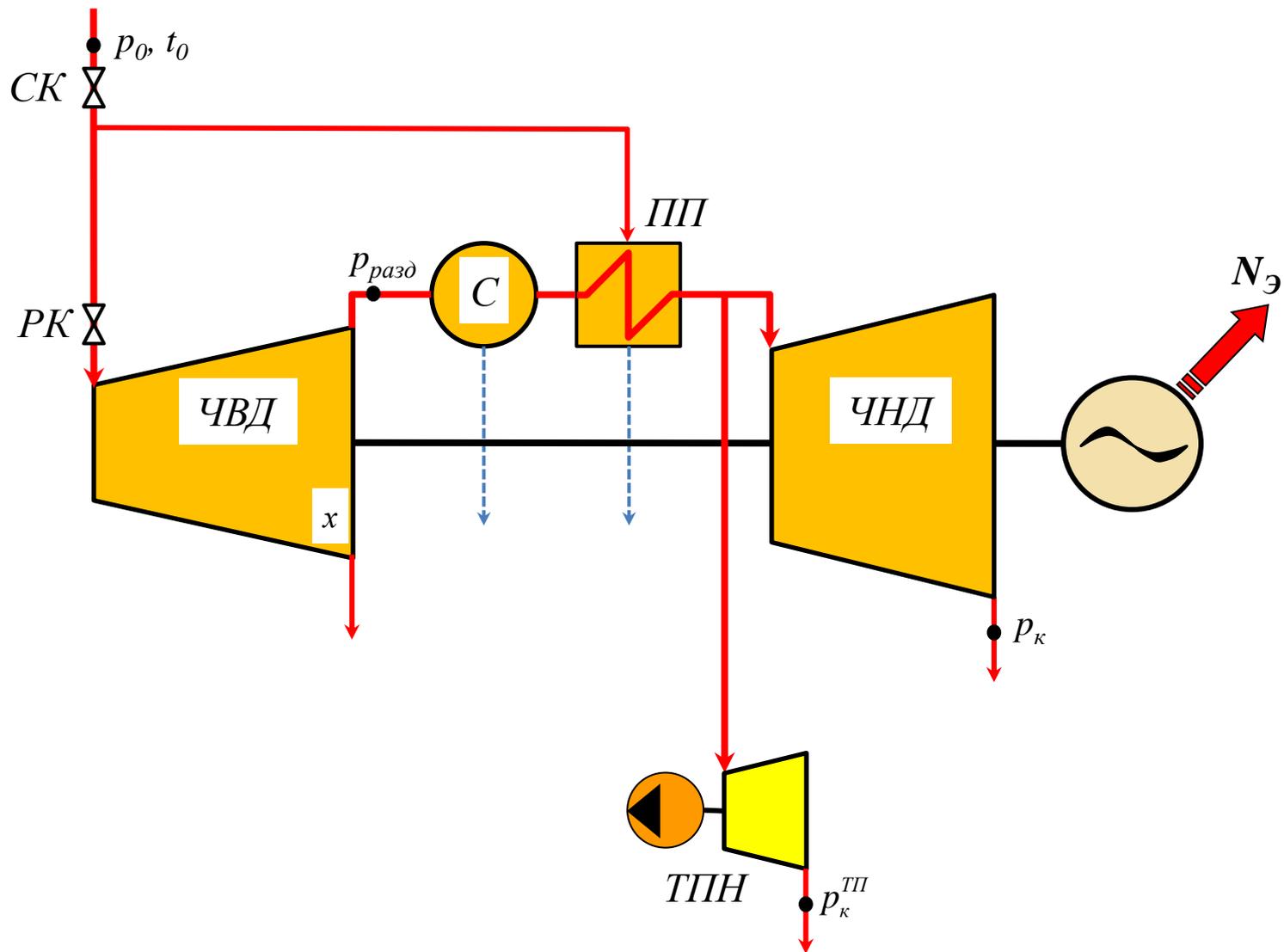
# Базовая схема № 4



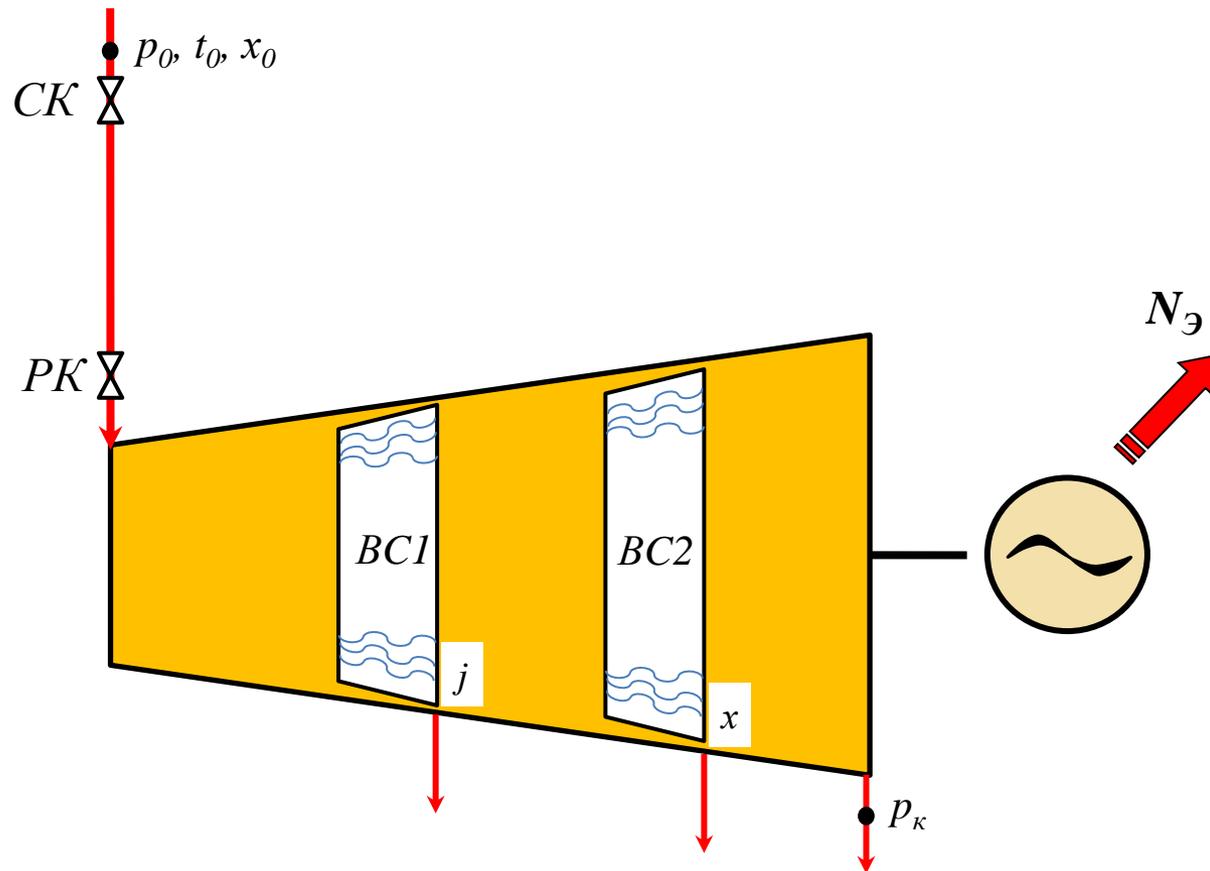
# Базовая схема № 5



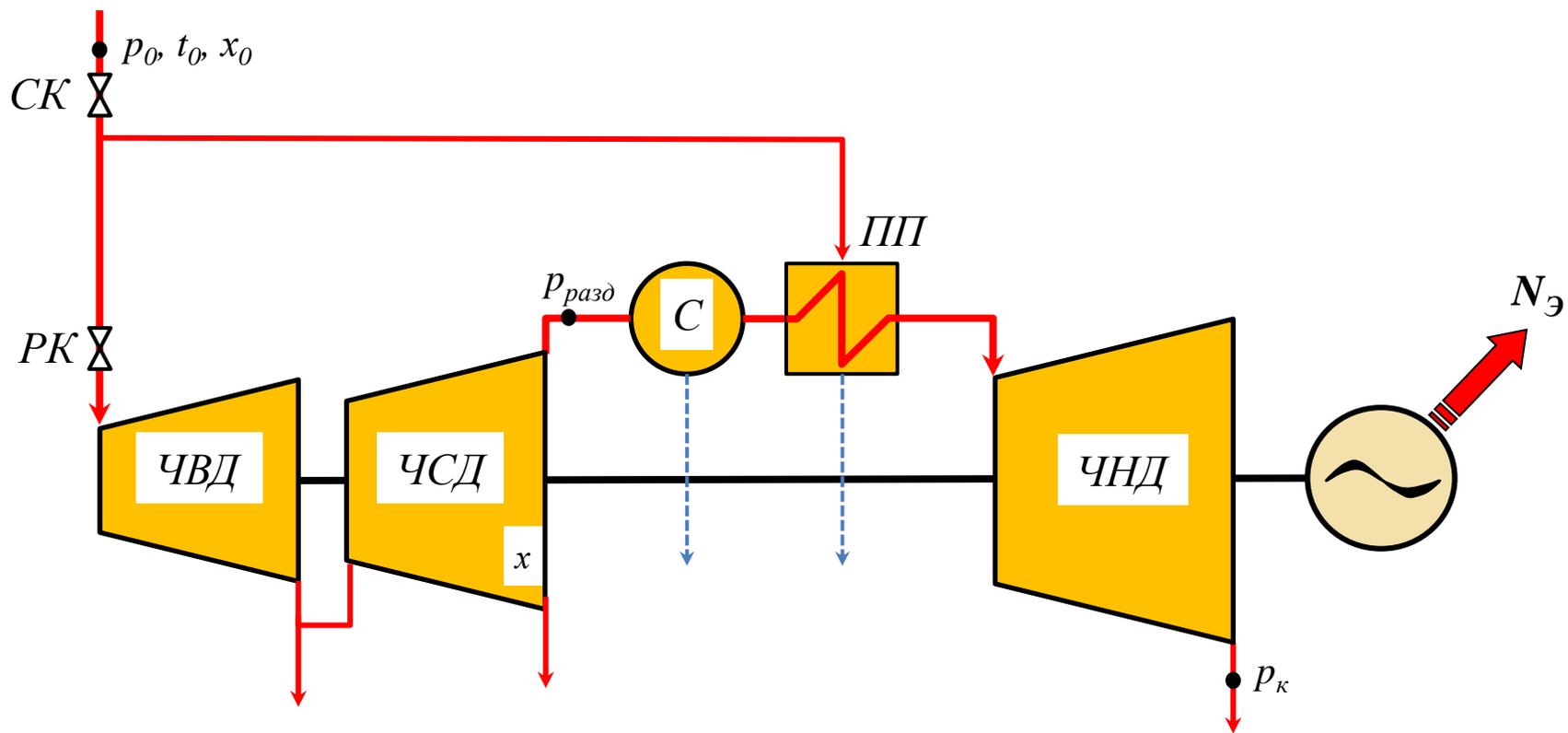
# Базовая схема № 6



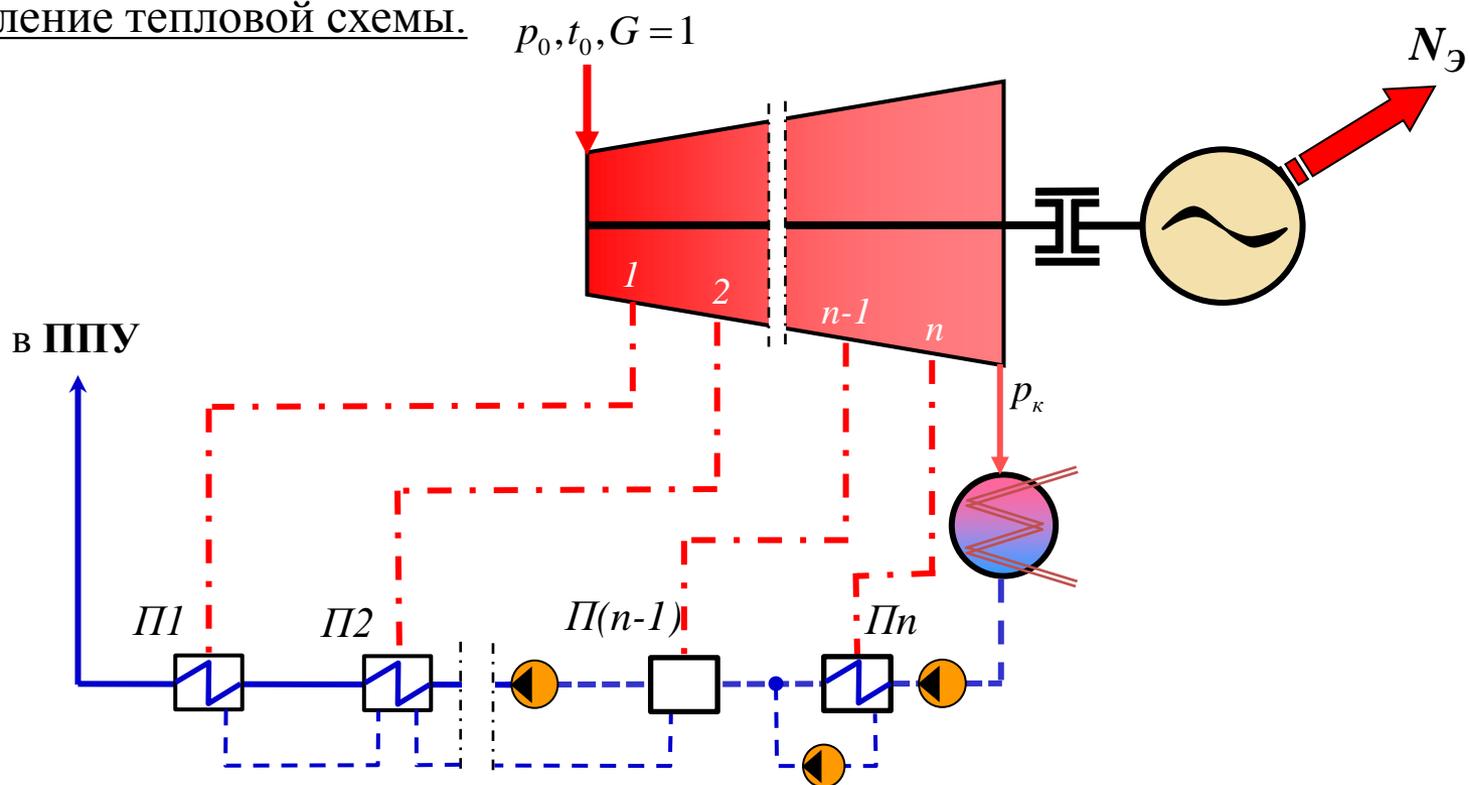
# Базовая схема № 7

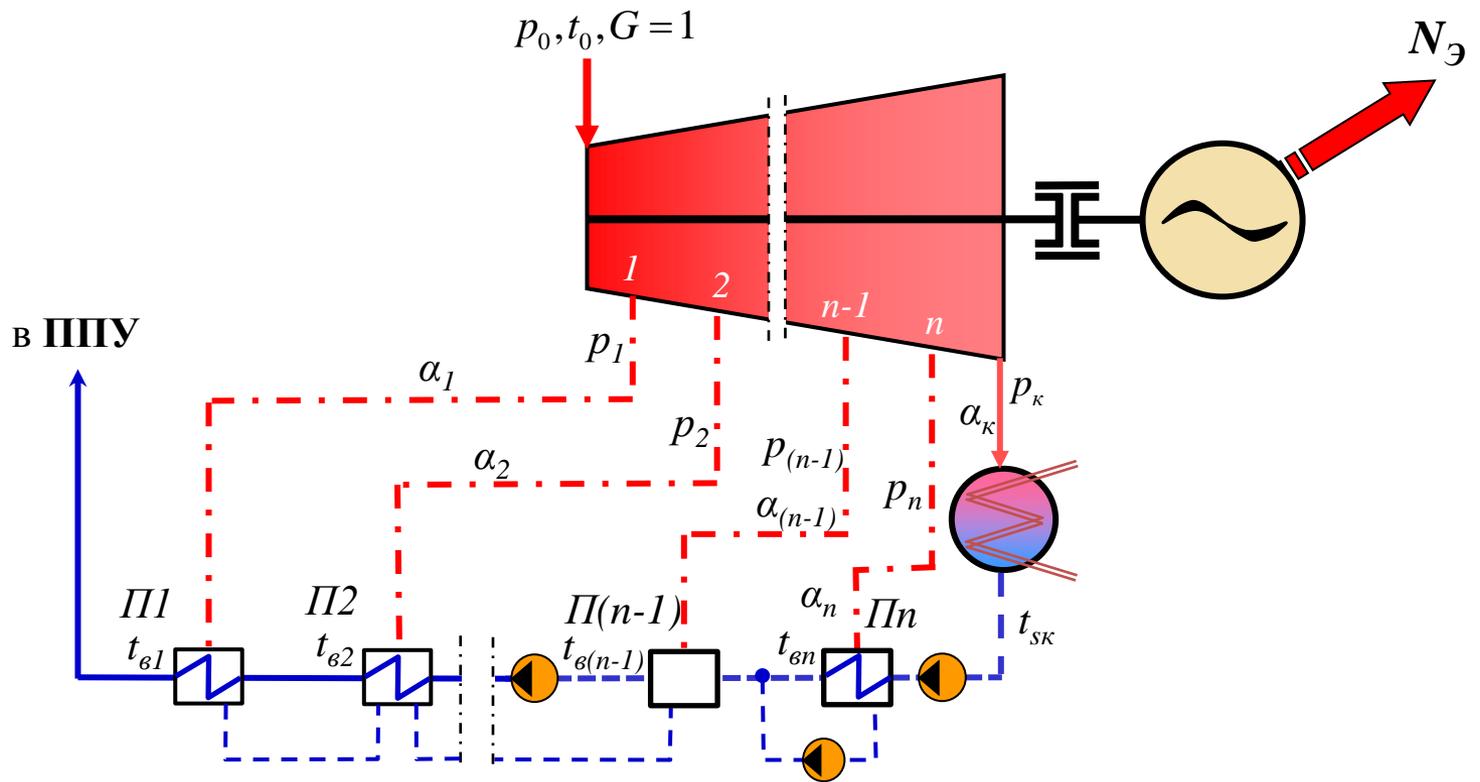


# Базовая схема № 8



1. Составление тепловой схемы.





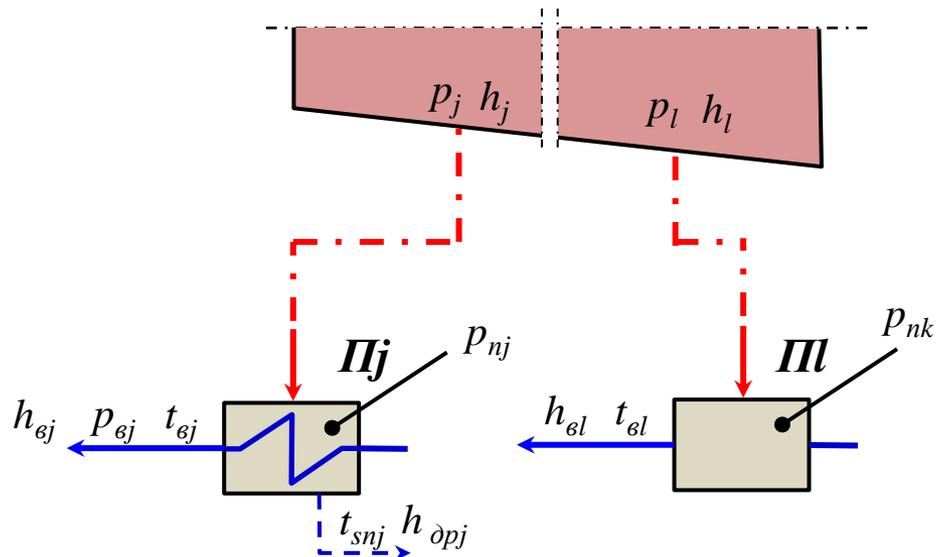
## 2. Определение параметров в узловых точках схемы и составление таблицы параметров

Нагрев воды в ПТУ: от  $t_{sk} = f(p_k)$  до  $t_{s0} = f(p_0)$

Температура питательной воды:  $(t_{не}^{opt})_Z = t_{sk} + \frac{z}{z+1} (t_{s0} - t_{sk}) = t_{e1}$

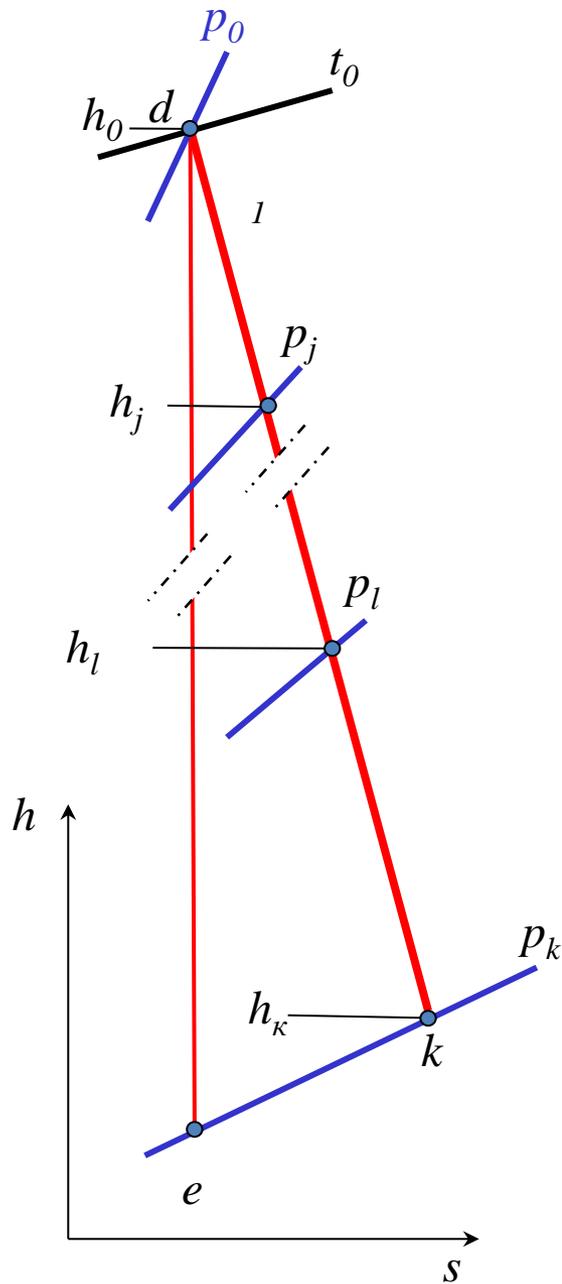
Нагрев воды в ступени регенеративного подогрева:  $\Delta t_{ej} = \frac{(t_{e1} - t_{sk})}{z}$

Температура воды на выходе из  $j$ -ой ступени регенеративного подогрева:  $t_{ej} = t_{e(j+1)} + \Delta t_{ej}$



0.  $t_{ej}$
1.  $t_{snj} = t_{ej} + \Theta$
2.  $p_{nj} = f(t_{snj})$
3.  $h_{dpj} = f(t_{snj})$
4.  $p_{vj}$  — определяется напором, который создает насос, прокачивающий воду через  $j$ -ый подогреватель
5.  $h_{vj} = f(t_{vj}, p_{vj})$
6.  $p_j = p_{nj} / (0,97 \div 0,98)$
7.  $h_j$  — определяется процессом расширения пара в турбине

0.  $t_{el}$
1.  $t_{snl} = t_{el}$
2.  $p_{nl} = f(t_{snl})$
3.  $h_{el} = f(t_{snl})$
4.  $p_{el} = p_{nl}$
5.  $p_l = p_{nl} / (0,97 \div 0,98)$
6.  $h_l$  — определяется процессом расширения пара в турбине



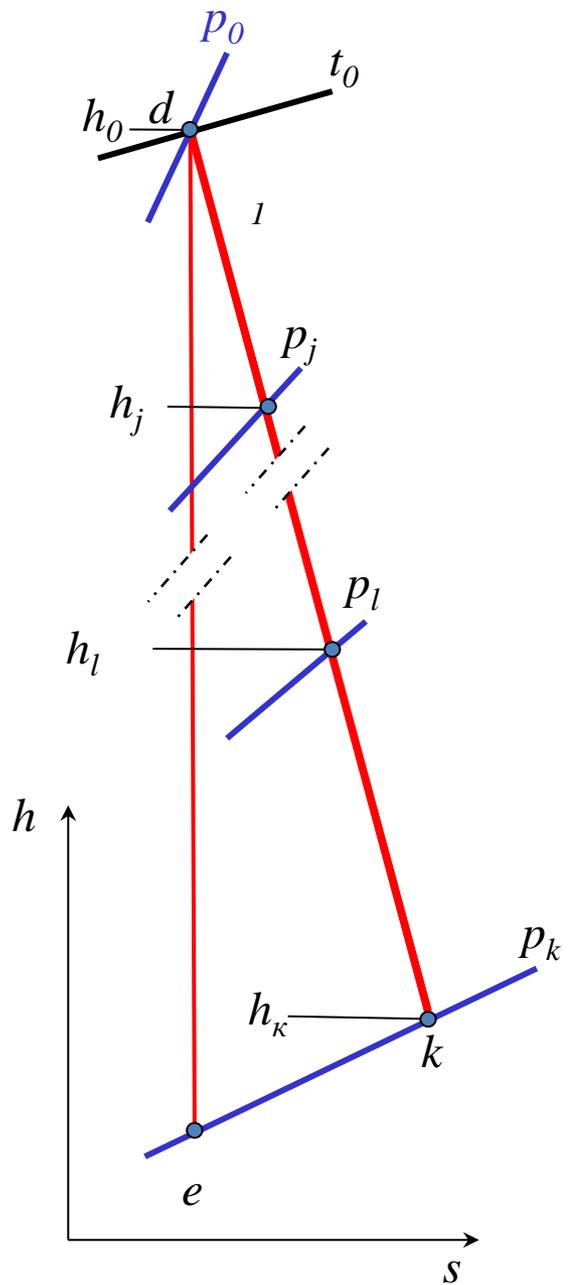


Таблица 1 – Параметры пара и воды по тепловой схеме

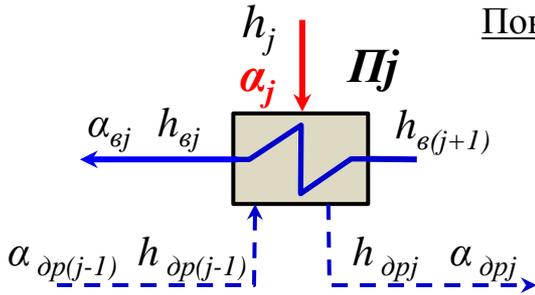
№	Пар в отборе			Дренаж из подогревателя			Вода на выходе из подогревателя			Коэффициент недовыработки мощности
	$p_j$	$t_j / x_j$	$h_j$	$p_{nj}$	$t_{snj}$	$h_{дрj}$	$t_{эj}$	$p_{эj}$	$h_{эj}$	$y_j$
	МПа	°С/-	кДж/кг	МПа	°С	кДж/кг	°С	МПа	кДж/кг	-
0	$p_0$	$t_0$	$h_0$	-	-	-	-	-	-	1
1										
...										
С	$p_c$	$x_c$	$h_c$	-	-	-	-	-	-	
ППI	$p_{nnI}$	$t_{nnI}$	$h_{nnI}$	-	-	-	-	-	-	-
ППII	$p_{nnII}$	$t_{nnII}$	$h_{nnII}$	-	-	-	-	-	-	-
...										
Z										
K	$p_k$	$t_k$	$h_k$	-	-	$h'_k$	-	-	-	0

### Составление и решение уравнений теплового и материального балансов

(определение потоков пара и воды по тепловой схеме)

Подогреватели рассматриваются последовательно **против хода воды**. Почему?

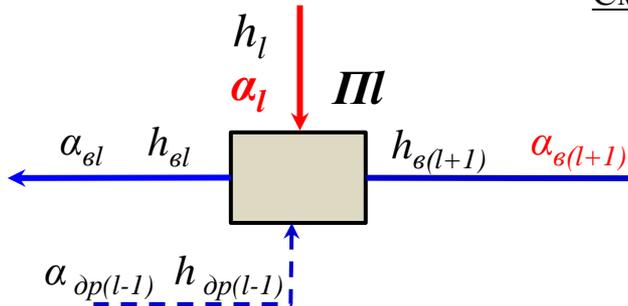
### Поверхностный подогреватель



$$[\alpha_j (h_j - h_{dpj}) + \alpha_{dp(j-1)} (h_{dp(j-1)} - h_{dpj})] \eta_n = \alpha_e (h_{ej} - h_{e(j+1)})$$

$$\alpha_{dpj} = \alpha_j + \alpha_{dp(j-1)}$$

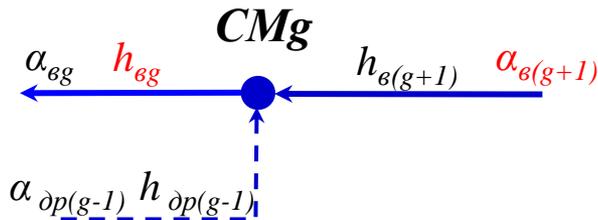
### Смешивающий подогреватель



$$\alpha_{e(l+1)} h_{e(l+1)} + \alpha_l h_l + \alpha_{dp(l-1)} h_{dp(l-1)} = \alpha_{el} h_{el} \frac{1}{\eta_n}$$

$$\alpha_{el} = \alpha_{e(l+1)} + \alpha_l + \alpha_{dp(l-1)}$$

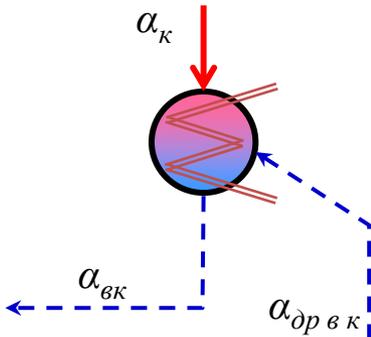
### Точка смешения



$$\alpha_{e(g+1)} h_{e(g+1)} + \alpha_{dp(g-1)} h_{dp(g-1)} = \alpha_{eg} h_{eg}$$

$$\alpha_{eg} = \alpha_{e(g+1)} + \alpha_{dp(g-1)}$$

### Материальный баланс конденсатора



А) по ходу расчета регенеративных подогревателей:

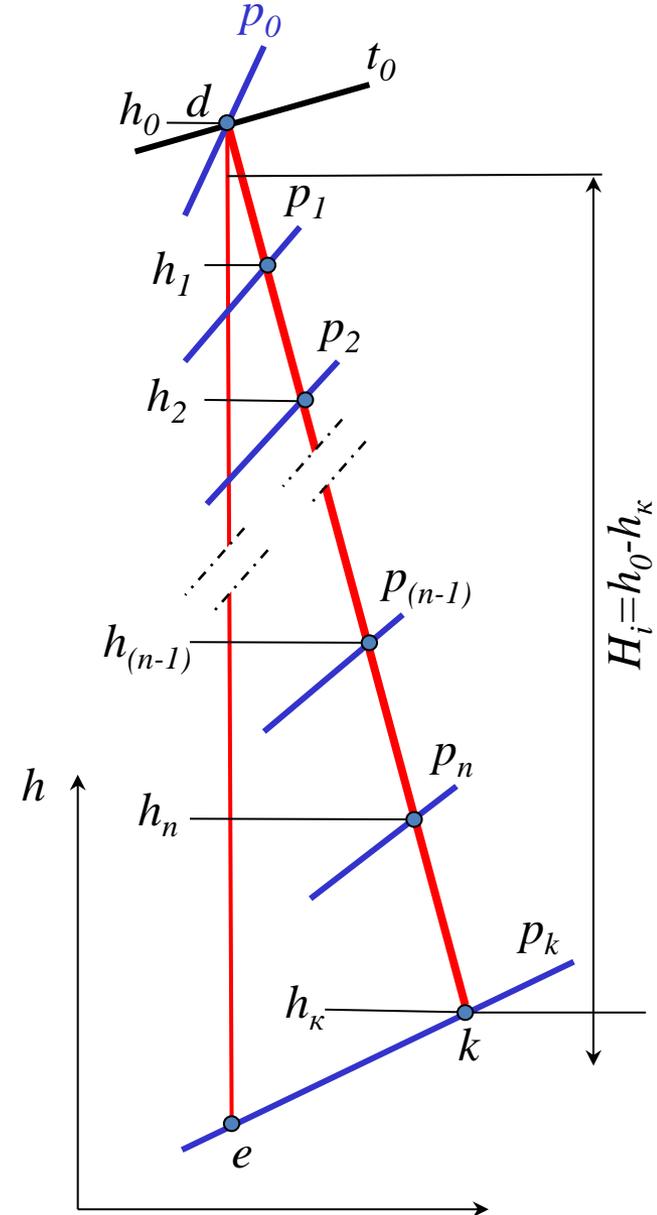
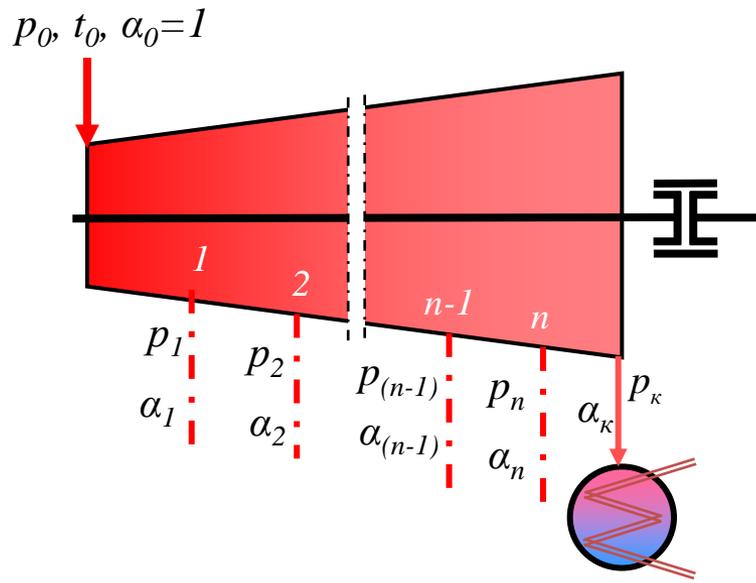
$$\alpha_k = \alpha_{ek} - \alpha_{dpк}$$

Б) по материальному балансу турбины:

$$\alpha_k = 1 - \sum_{j=1}^z \alpha_j$$

**= !**

# Определение расхода пара на турбину и потоков пара и воды по тепловой схеме



Внутренняя мощность турбины, вырабатываемая  $\alpha_0$ :

$$\begin{aligned}
 L_i &= \alpha_1 (h_0 - h_1) + \alpha_2 (h_0 - h_2) + \dots + \alpha_n (h_0 - h_n) + \alpha_k (h_0 - h_k) = \\
 &= 1 \cdot (h_0 - h_k) - \alpha_1 (h_1 - h_k) - \alpha_2 (h_2 - h_k) - \dots - \alpha_n (h_n - h_k) = \\
 &= (h_0 - h_k) \left[ 1 - \alpha_1 \frac{(h_1 - h_k)}{(h_0 - h_k)} - \alpha_2 \frac{(h_2 - h_k)}{(h_0 - h_k)} - \dots - \alpha_n \frac{(h_n - h_k)}{(h_0 - h_k)} \right] \\
 &= H_i \left( 1 - \sum_{j=1}^n \alpha_j y_j \right) = H_{\text{экв}}
 \end{aligned}$$

$$\frac{(h_j - h_k)}{(h_0 - h_k)}; \quad j \text{ от } 1 \text{ до } n \quad - \text{ коэффициент недовыработки мощности паром } j\text{-ого отбора}$$

$$(h_0 - h_k) = H_i \quad y_j - \text{ отношение теплоперепада, недовырабатываемого паром } j\text{-ого отбора к теплоперепаду, который он сработал бы пройдя через всю турбину.}$$