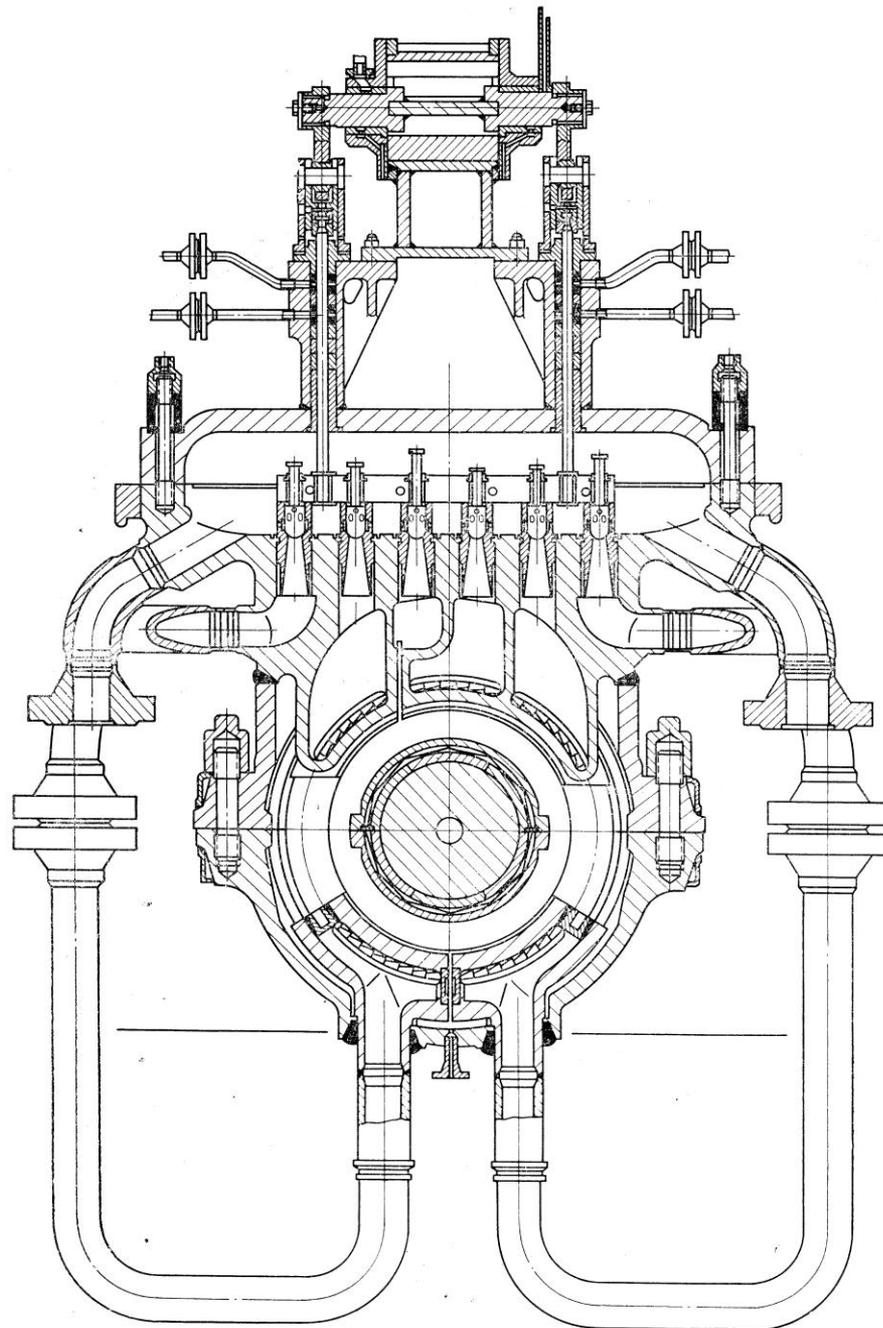


6.5. Сопловая система парораспределения

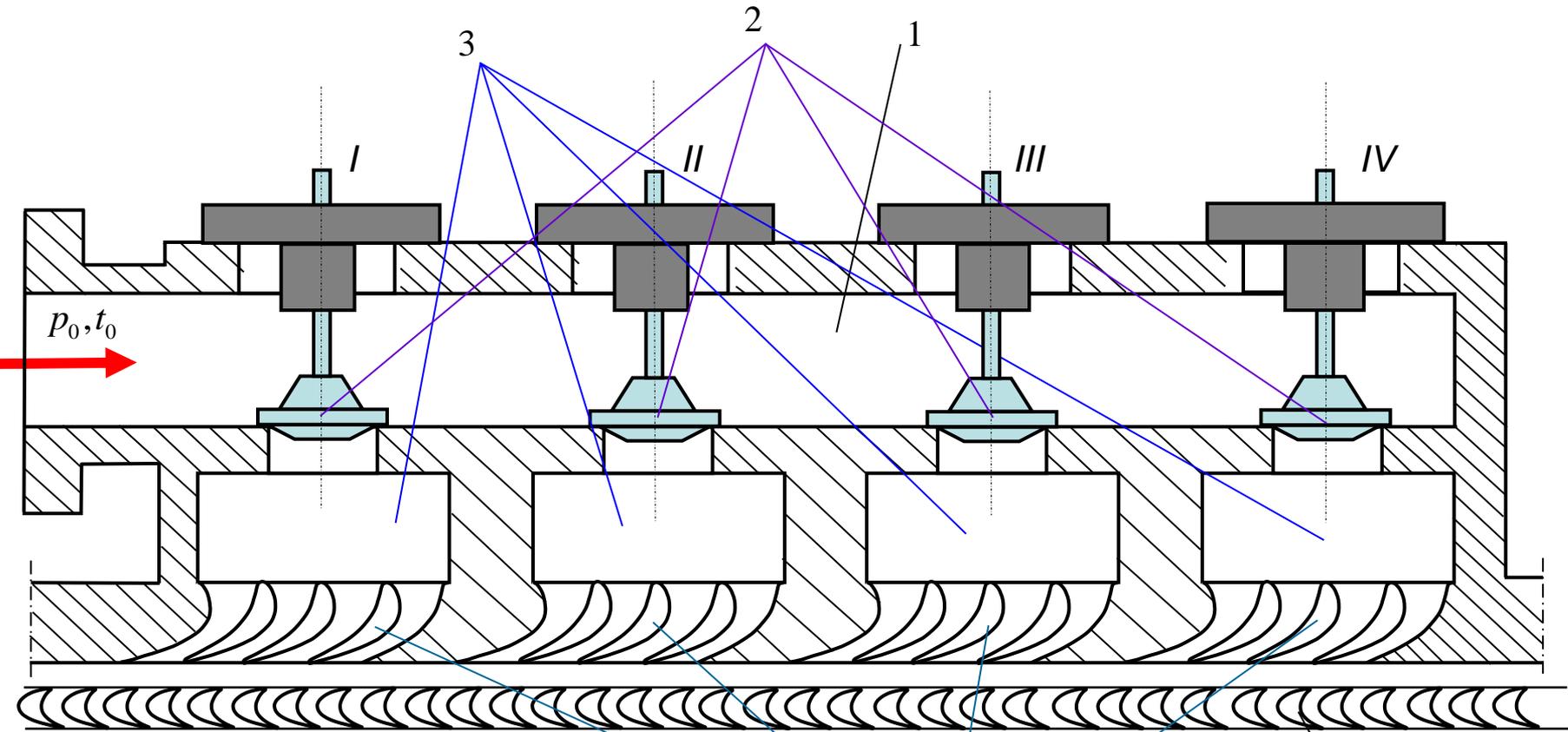
6.5.1. Основные понятия сопловой системы парораспределения

- При **сопловом парораспределении** впуск пара управляется несколькими регулирующими клапанами, открывающимися последовательно. От каждого клапана пар направляется к самостоятельному сопловому сегменту.
- Благодаря этому потери от дросселирования при сниженной нагрузке распространяются не на все количество пара (как при дроссельном парораспределении), а только на ту его часть, которая проходит через **не полностью открытый клапан**.
- При полном открытии всех или нескольких клапанов и закрытых остальных клапанах **потери от дросселирования вообще отсутствуют**.
- При сопловом парораспределении есть особенная ступень, которая называется **регулирующей**.



Поперечный разрез по клапанной и сопловым
коробкам турбины НЗЛ Т-3С-90.

Схема подвода пара к регулирующей ступени



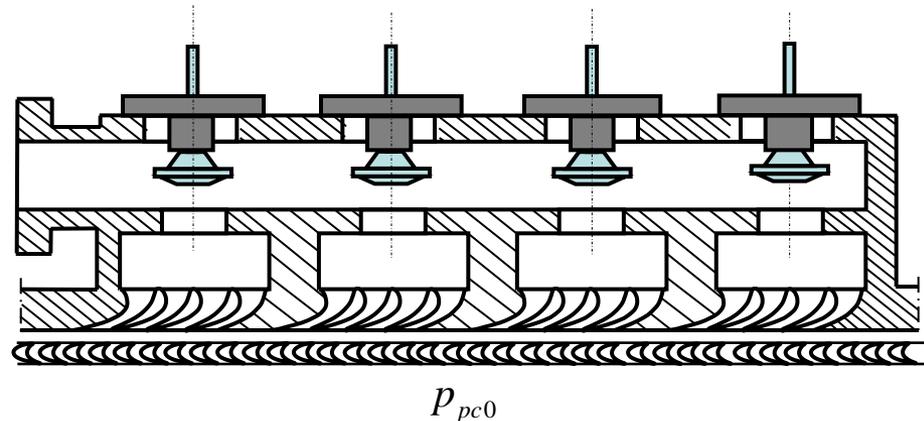
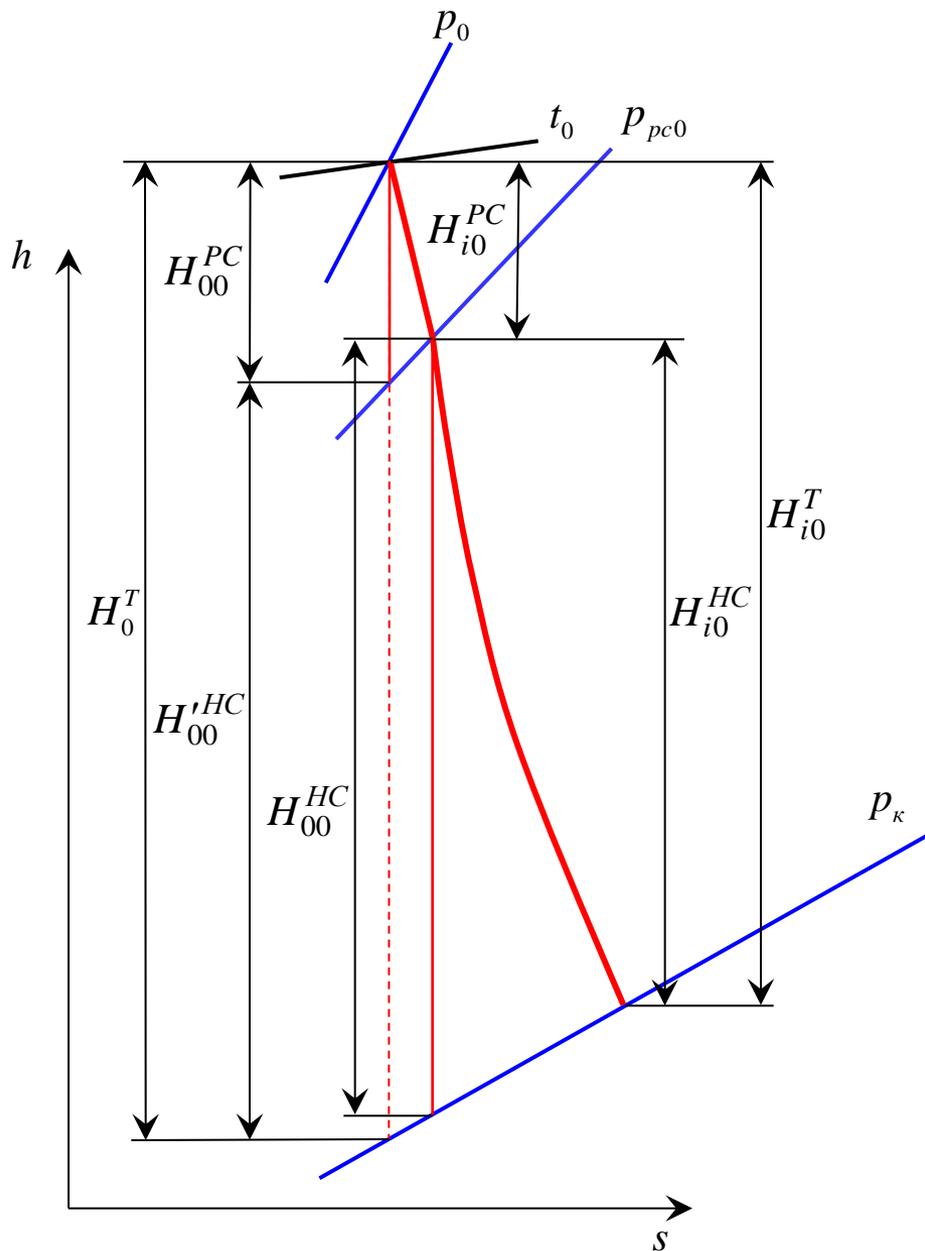
- 1 – клапанная коробка
 - 2 – регулирующие клапаны
 - 3 – сопловые коробки
 - 4 – сопловые сегменты
 - 5 – рабочие лопатки
- } регулирующая ступень

Камера регулирующей ступени

6.5.2. Тепловой процесс в турбине и его эффективность

РАСЧЕТНЫЙ РЕЖИМ

$$[N_{\text{э}}^{\text{эк}} = N_{\text{э}}^{\text{н}}]$$



H_{00}^{PC} - выбирается (исходя из чего?)

$$F_{1\text{min}}^{PC} = \frac{G_0 u_{1t}}{\mu_c 44,7 \sqrt{(1 - \rho^{pc}) H_{00}^{PC}}}$$

$$F_{1\text{min}}^{PC} = F_{1\text{min}}^I + F_{1\text{min}}^{II} + F_{1\text{min}}^{III} + F_{1\text{min}}^{IV}$$

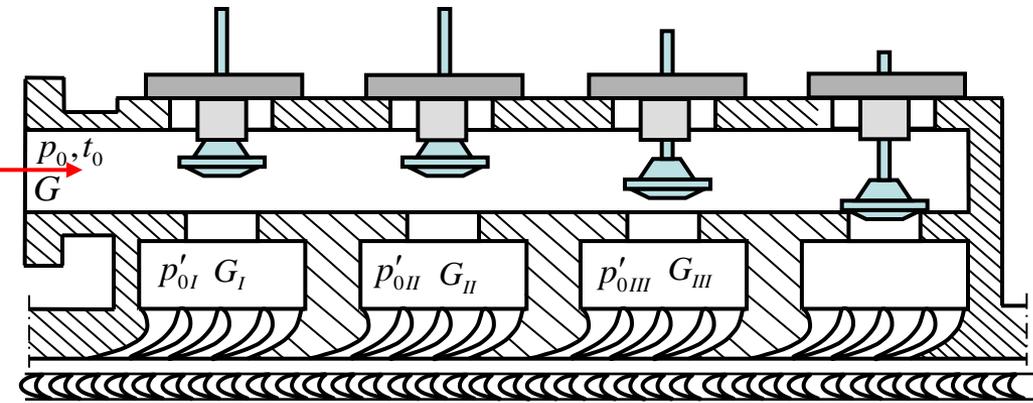
$$G_{I0} = G_0 \frac{F_{1\text{min}}^I}{F_{1\text{min}}^{PC}};$$

$$G_{II0} = G_0 \frac{F_{1\text{min}}^{II}}{F_{1\text{min}}^{PC}};$$

$$G_{III0} = G_0 \frac{F_{1\text{min}}^{III}}{F_{1\text{min}}^{PC}};$$

$$G_{IV0} = G_0 \frac{F_{1\text{min}}^{IV}}{F_{1\text{min}}^{PC}};$$

ПЕРЕМЕННЫЙ РЕЖИМ — пара в регулирующей ступени при частичных нагрузках
(постановка задачи)



p^{pc}

$$p'_{0I} = p'_{0II} = p_0 \quad H_0^{I,II} = H_0^{pc}$$

Имея зависимость $\eta_{ол} = f(H_0)$ (?) можно определить:

$$H_i^{I,II} = H_0^{I,II} \eta_{ол}^{I,II} \Rightarrow h_i^{I,II}$$

Если известно p'_{0III}

$$H_i^{III} = H_0^{III} \eta_{ол}^{III} \Rightarrow h_i^{III}$$

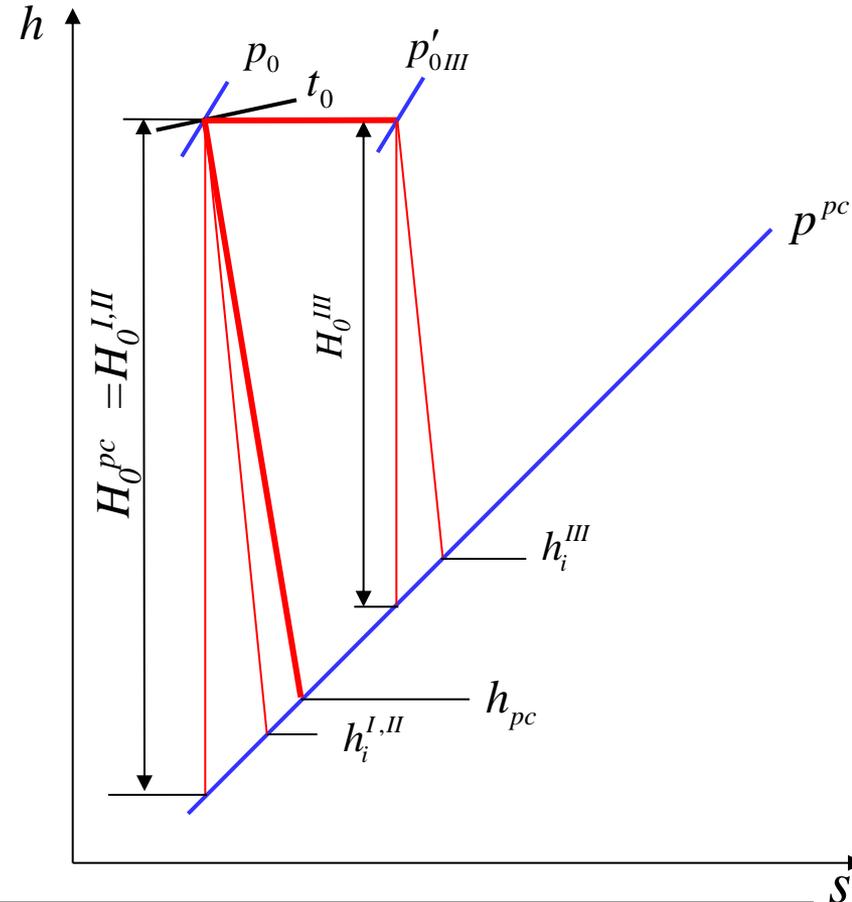
Средневзвешенная энтальпия пара на выходе из РС:

$$h_{pc} = \frac{G_I h_I + G_{II} h_{II} + G_{III} h_{III}}{G}$$

Относительный лопаточный КПД РС:

$$\eta_{ол}^{pc} = \frac{h_0 - h_{pc}}{H_0^{pc}}$$

Как перейти к относительному внутреннему КПД РС?

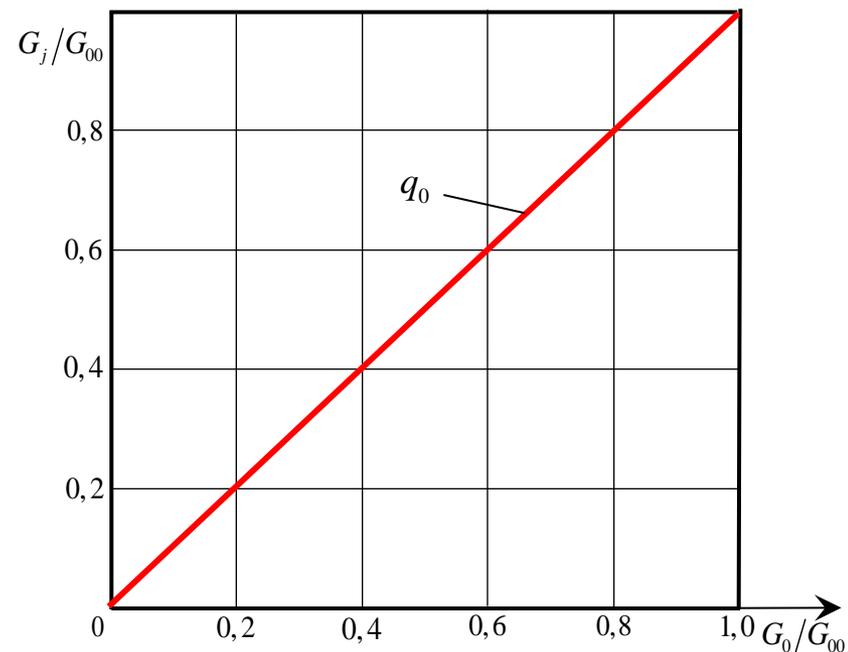
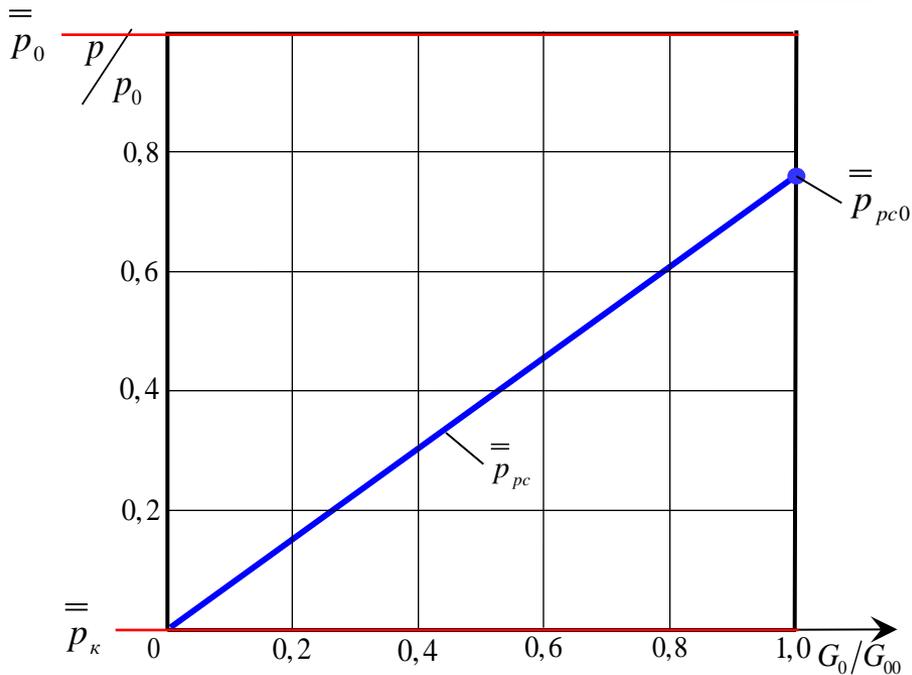


Т.о., чтобы построить процесс расширения пара в РС, определить ее КПД и точку начала процесса расширения в НС надо знать зависимость:

$$p_{pc}, p'_{0j}, G_j$$

от расхода пара через турбину.

$p-G$ и $G-G$ диаграммы сопловой системы парораспределения



Рассмотрим конденсационную турбину

Будем обозначать $\frac{p_j}{p_0} = \frac{p_j}{p_0}$, $\frac{G_j}{G_{00}} = q_j$

1. Изменение давления за регулирующей ступенью

$$p_{pc} = \sqrt{\frac{G}{G_0} (p_{pc0}^2 - p_{k0}^2)} + p_k$$

2. Изменение расхода пара на турбину

Зачем взяты относительные величины?

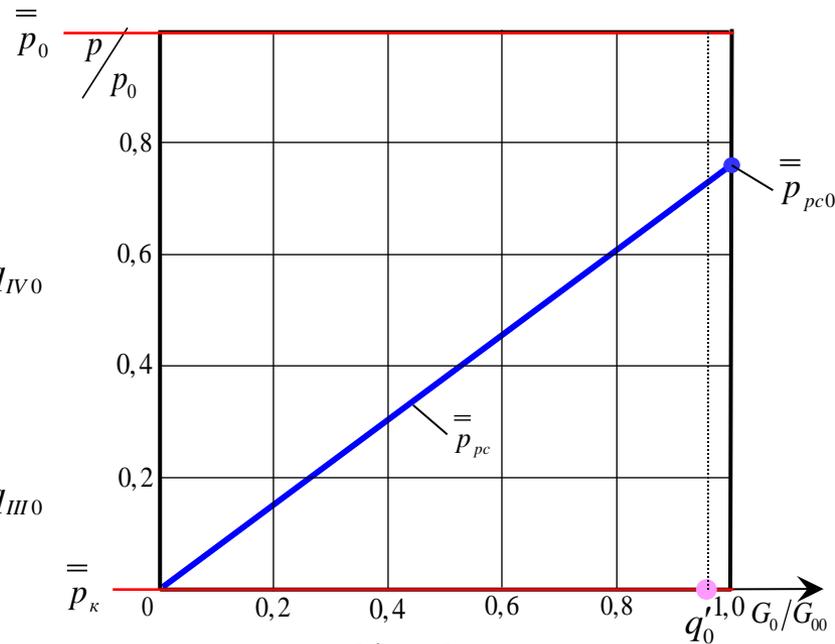
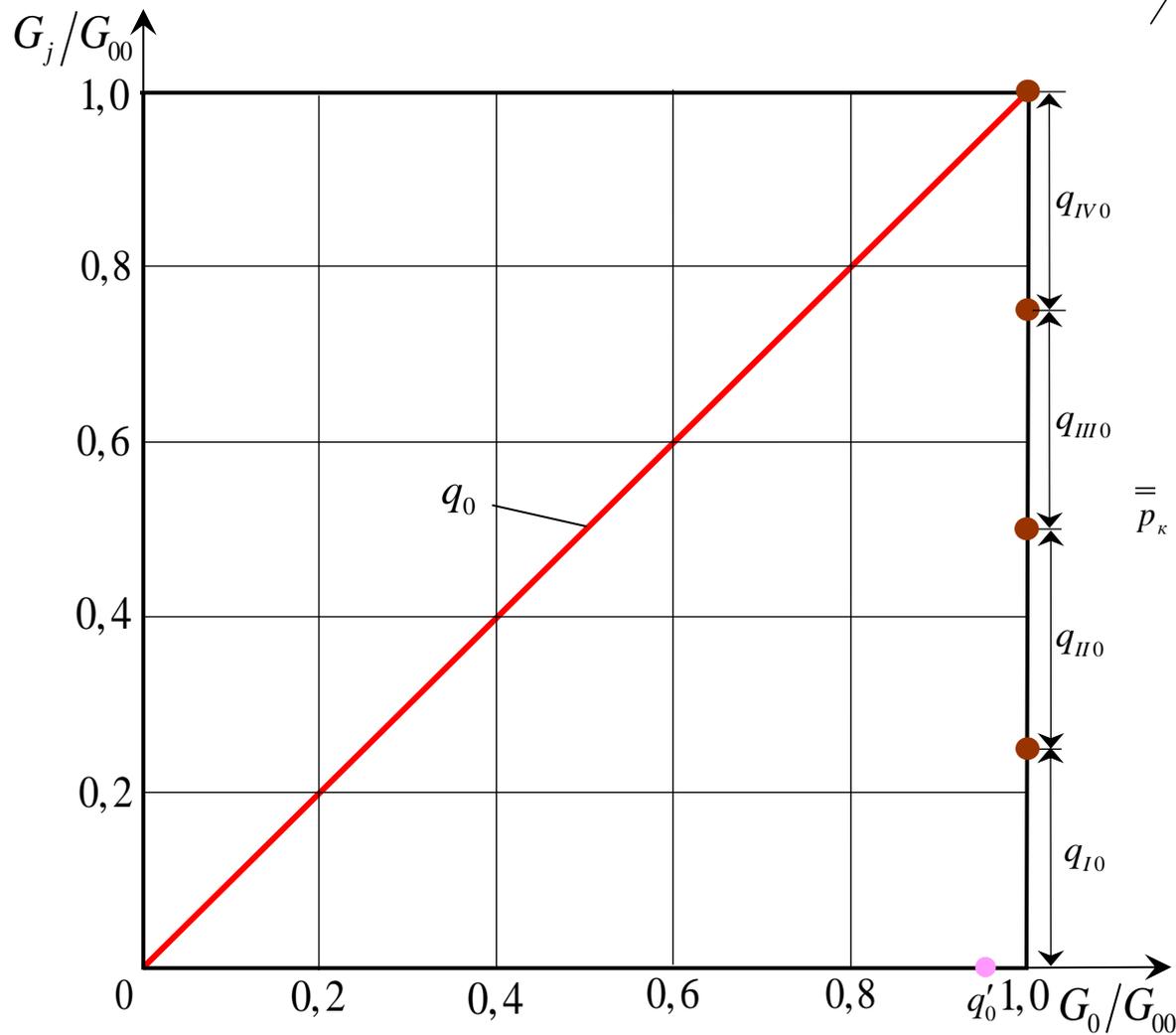
Равномерный и совместимый масштаб по осям.

Для подобных по параметрам (p_0, p_k, p_{pc0}) турбин будут одинаковые диаграммы.

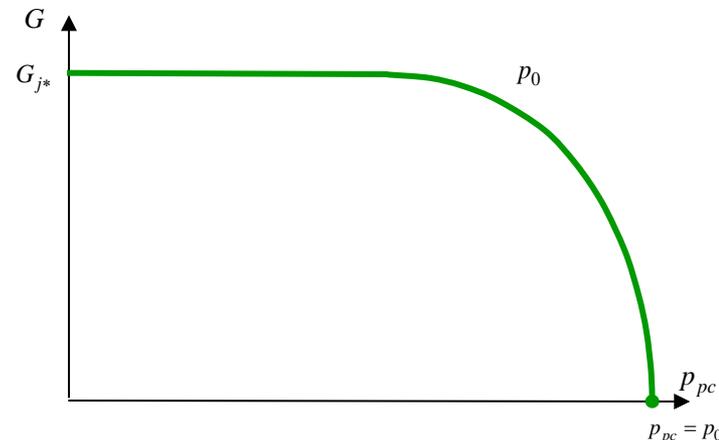
3. Изменение расхода через клапана

Возьмем $F_{1\min}^I = F_{1\min}^{II} = F_{1\min}^{III} = F_{1\min}^{IV}$

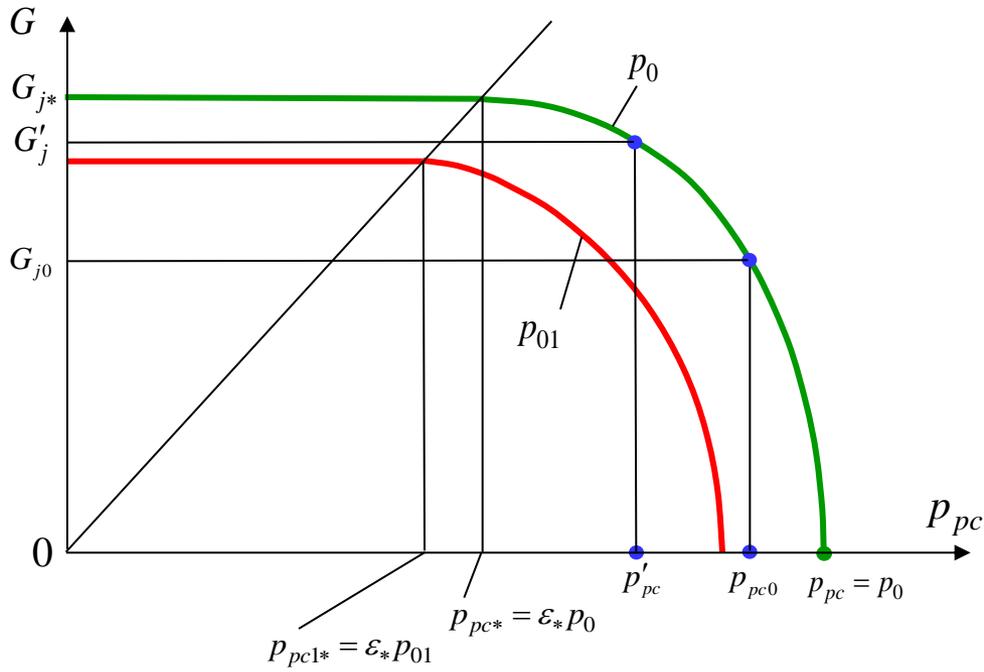
Это означает, что $q_{I0} = q_{II0} = q_{III0} = q_{IV0}$



Возьмем $G'_0 < G_{00}$
Видно, что перепад давлений на сопловые сегменты после полностью открытых клапанов увеличился

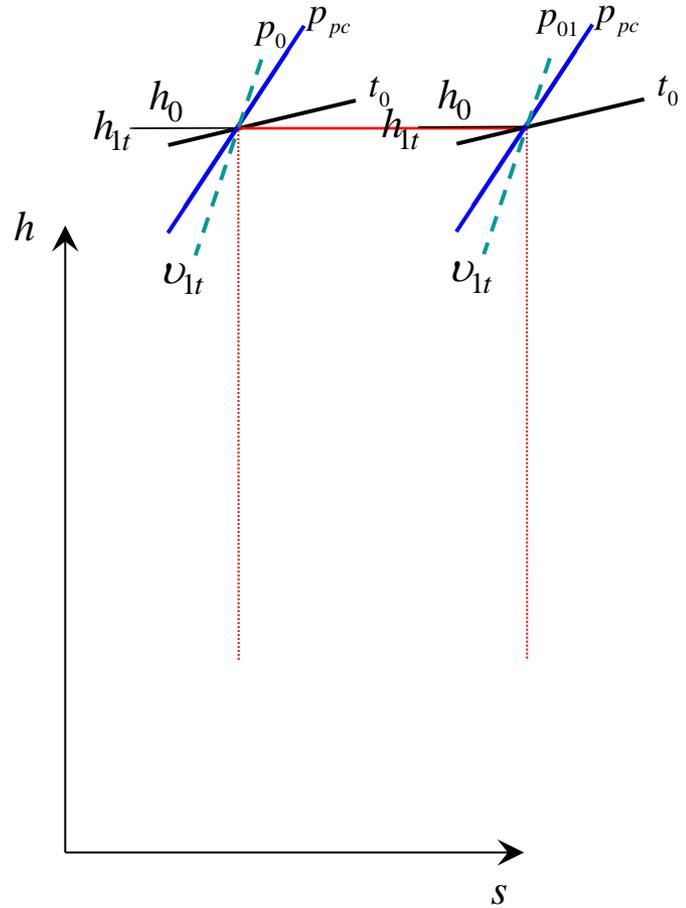


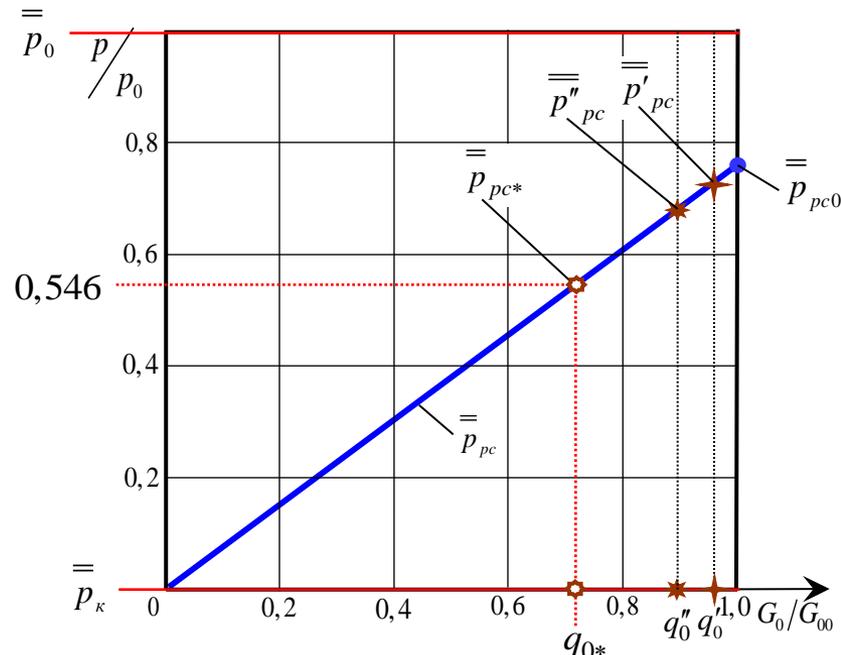
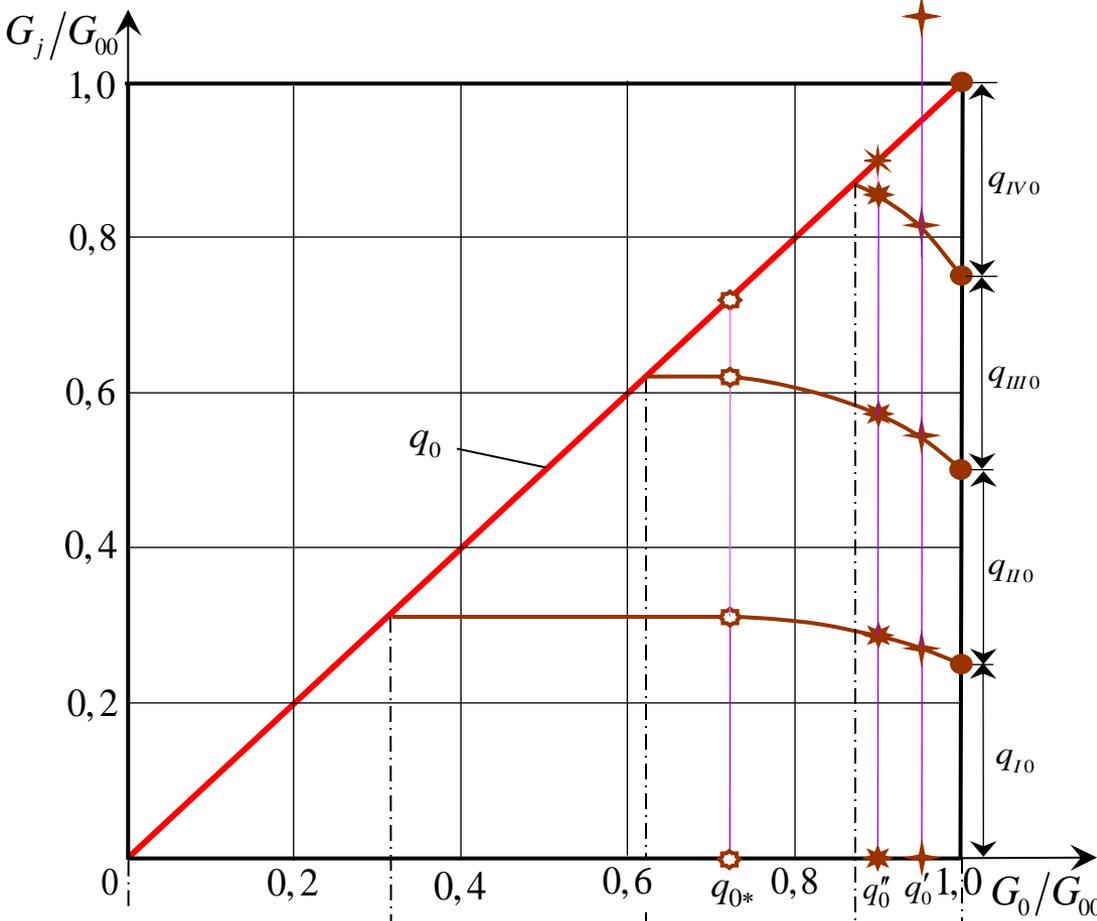
Вспомним, как строится зависимость $G = f(p_0, p_1, F_1)$



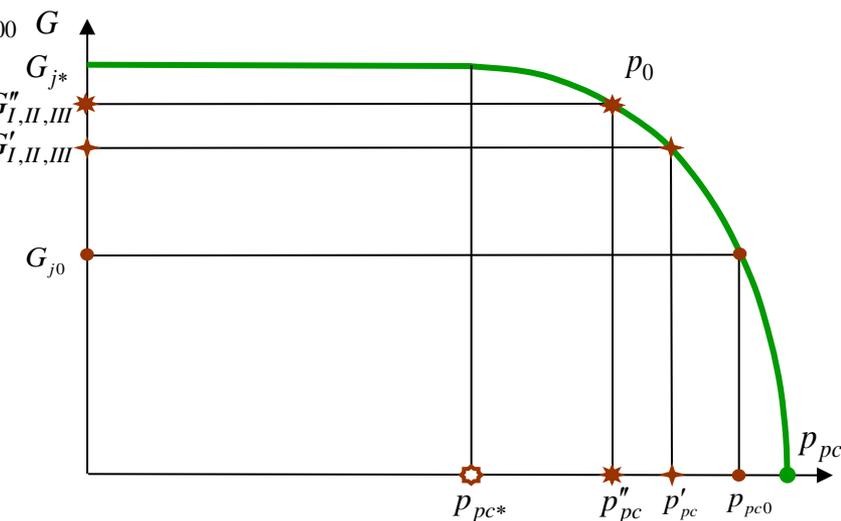
$$G = \frac{F_{\min j} c_{1t}}{v_{1t} \mu_c}$$

$$c_{1t} = 44,7 \sqrt{h_0 - h_{1t}}$$





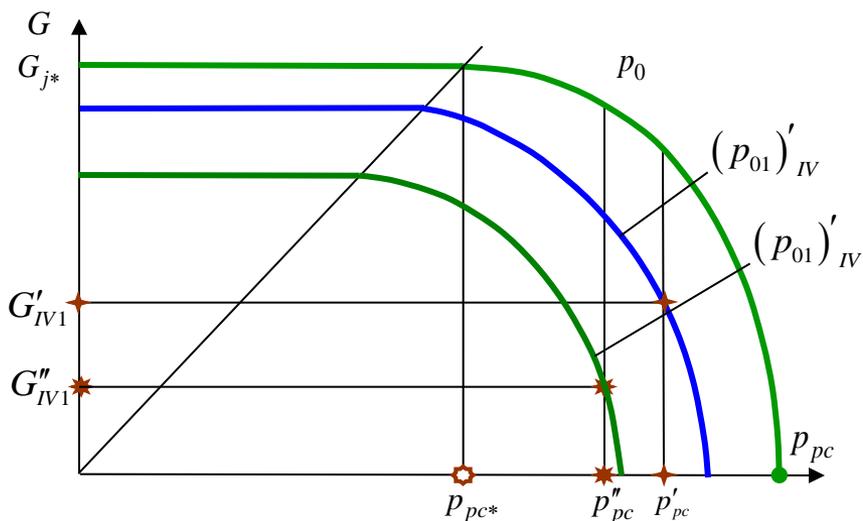
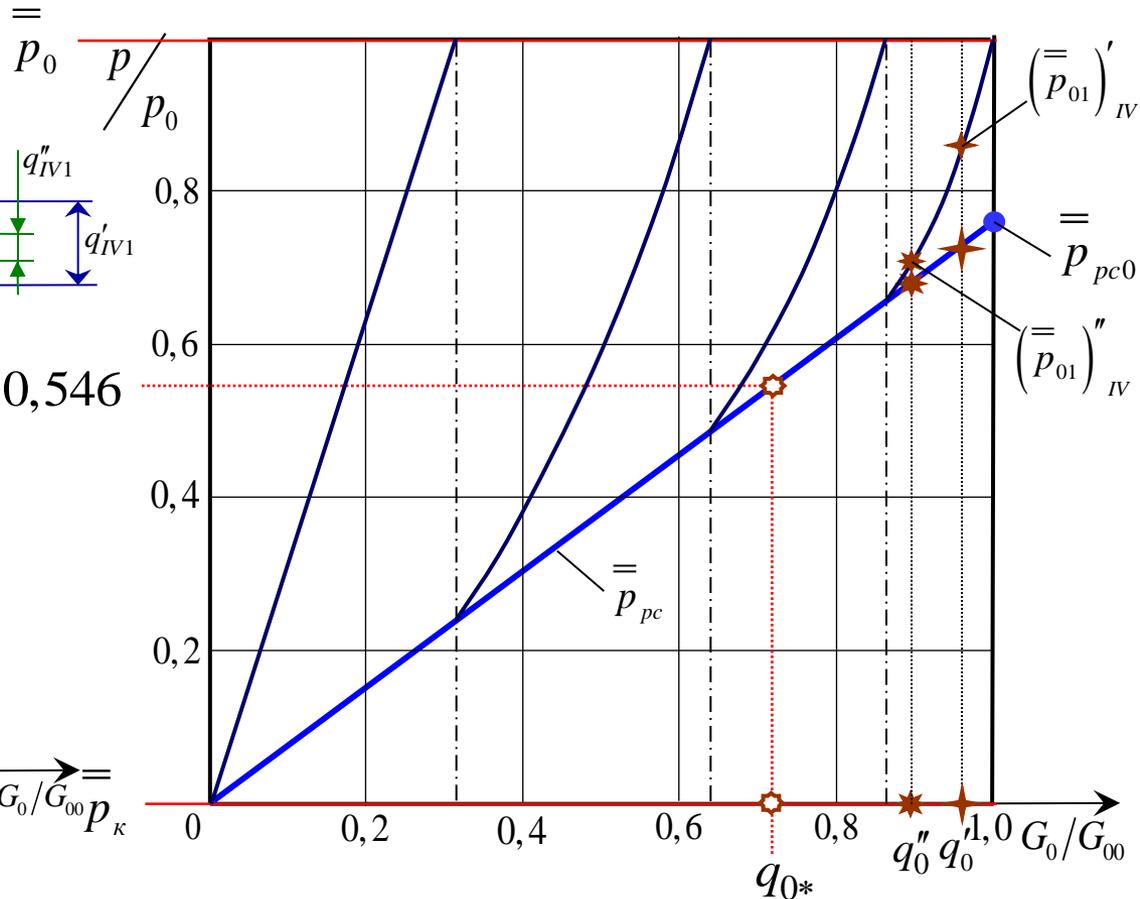
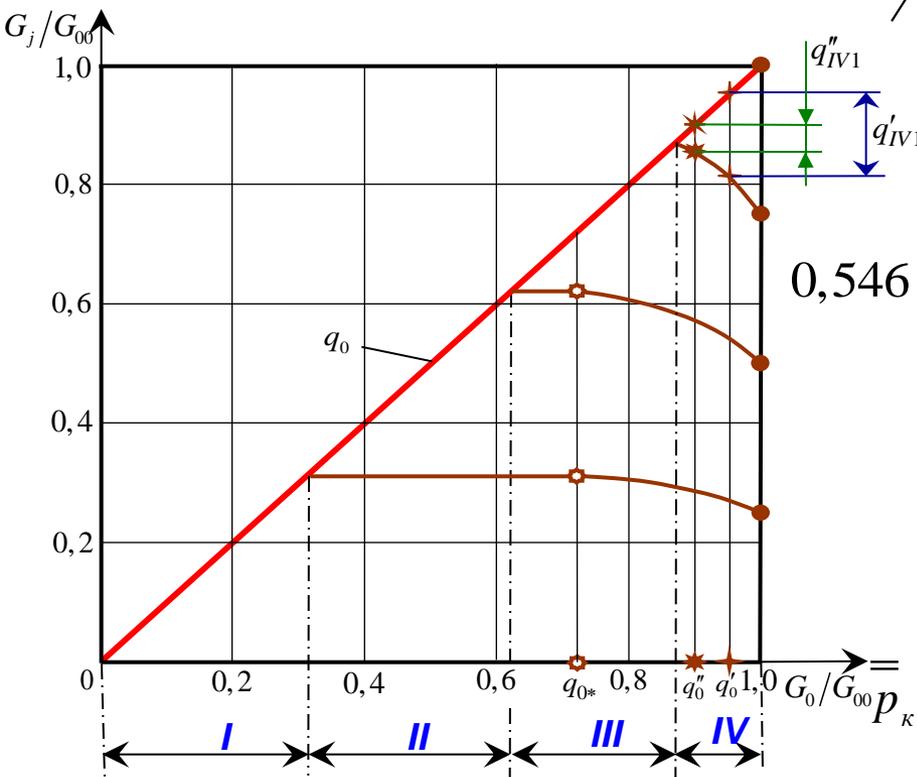
Регулирует:	I	II	III	IV
Полностью открыты:	-	I	I, II	I, II, III
Закрываются:	II, III, IV	III, IV	IV	-



Возьмем $G_0'' < G_0' \implies q_0''$

Возьмем G_0 соответствующее отношению давлений на сегменты с полностью открытыми клапанами равным критическому. $p_{pc^*} = \varepsilon_* p_0$

4. Давления за не полностью открытыми клапанами

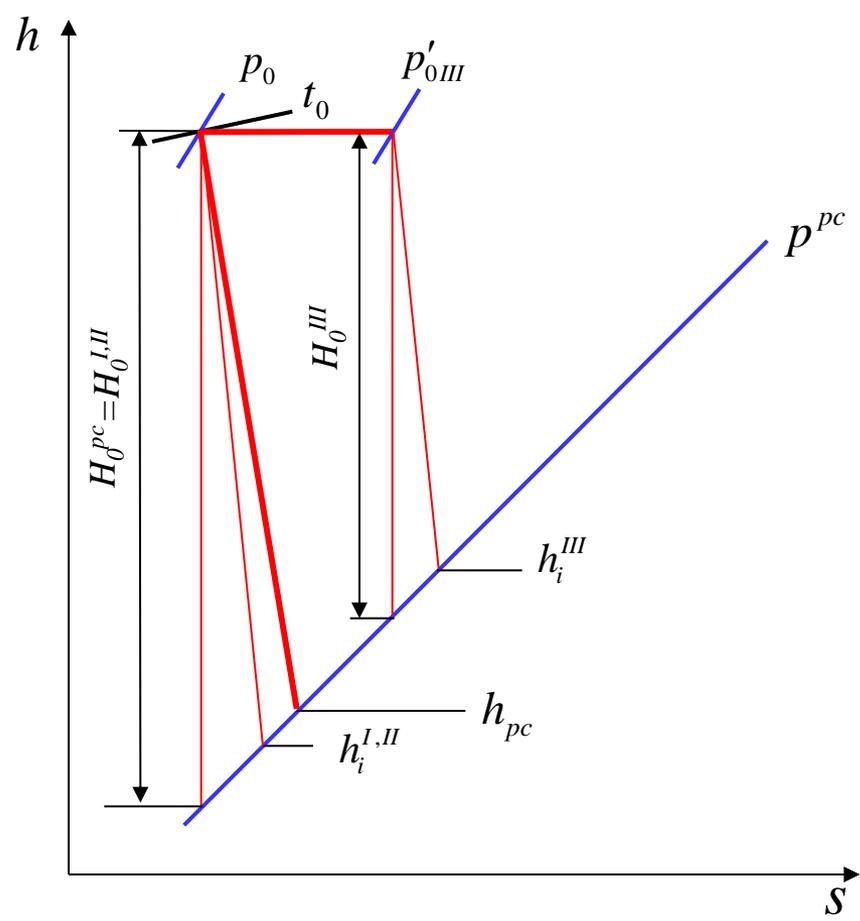
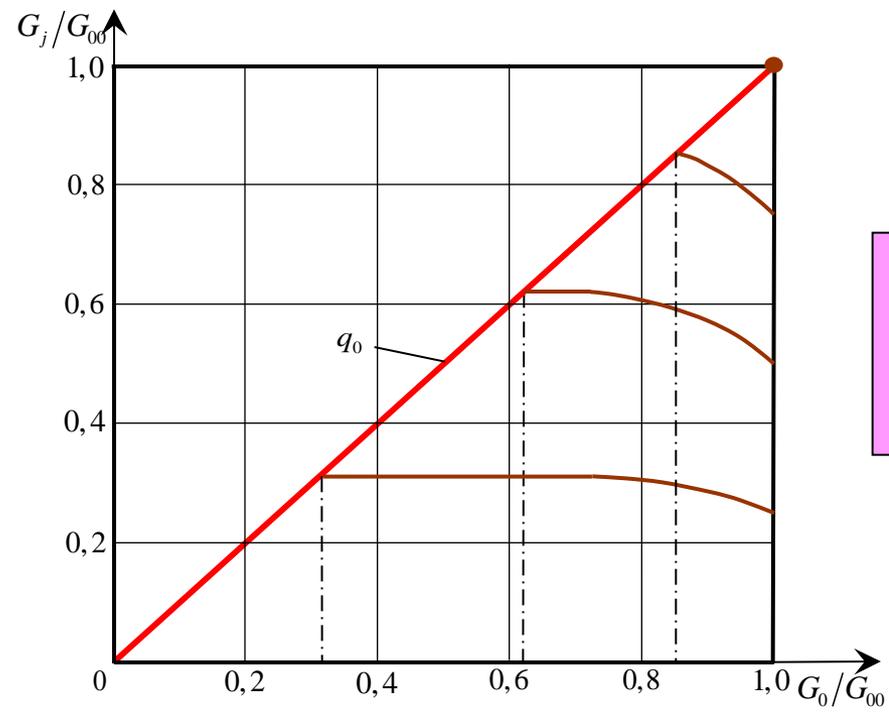
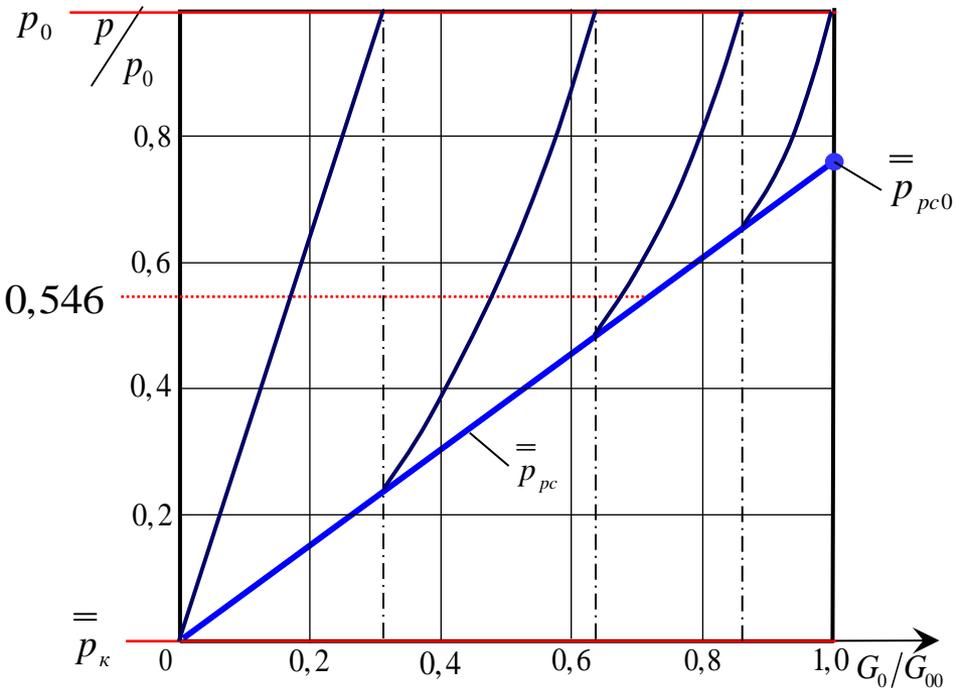


При q_0' имеем:

- давление за регулирующей ступенью p'_{pc}
- расход через IV клапан q'_{IV1}

При q_0'' имеем:

- давление за регулирующей ступенью p''_{pc}
- расход через IV клапан q''_{IV1}



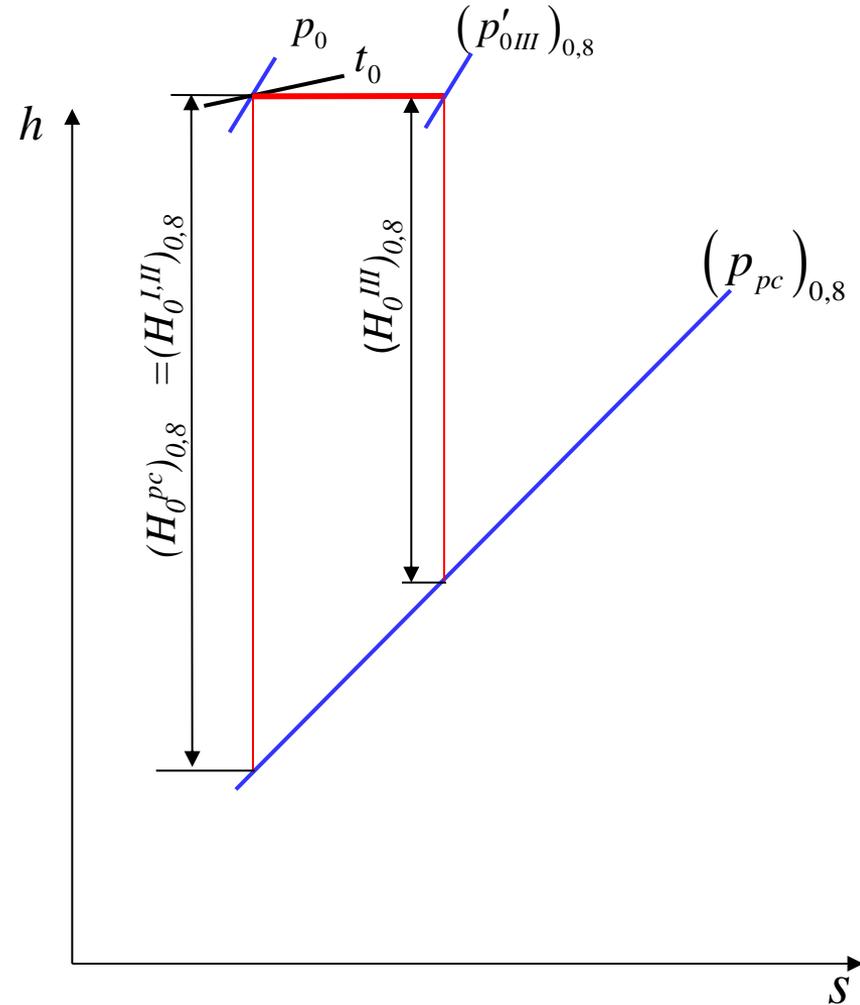
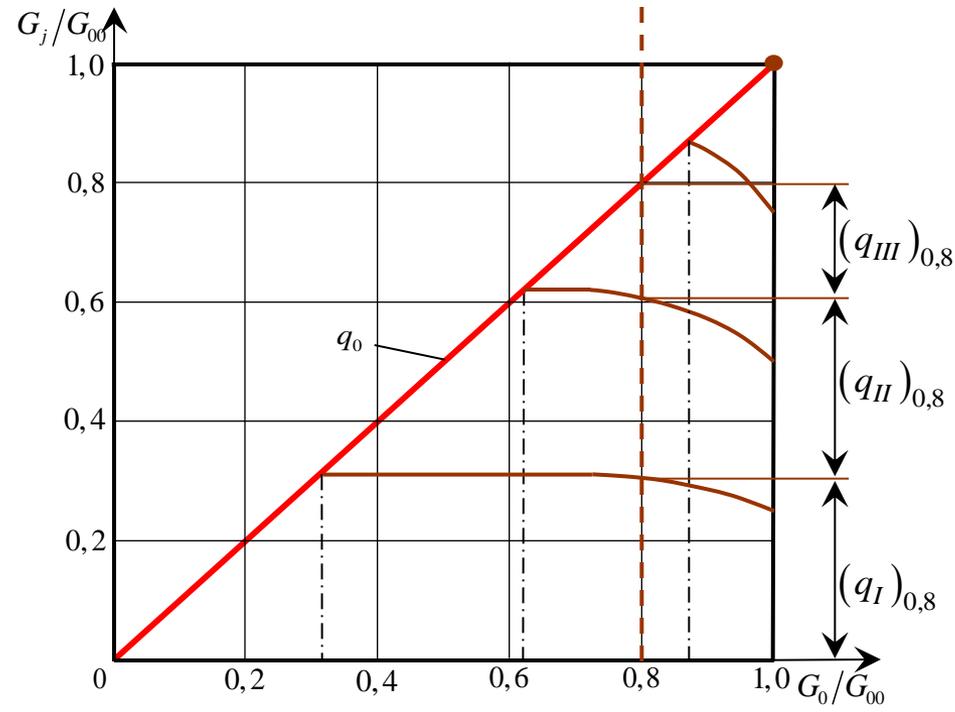
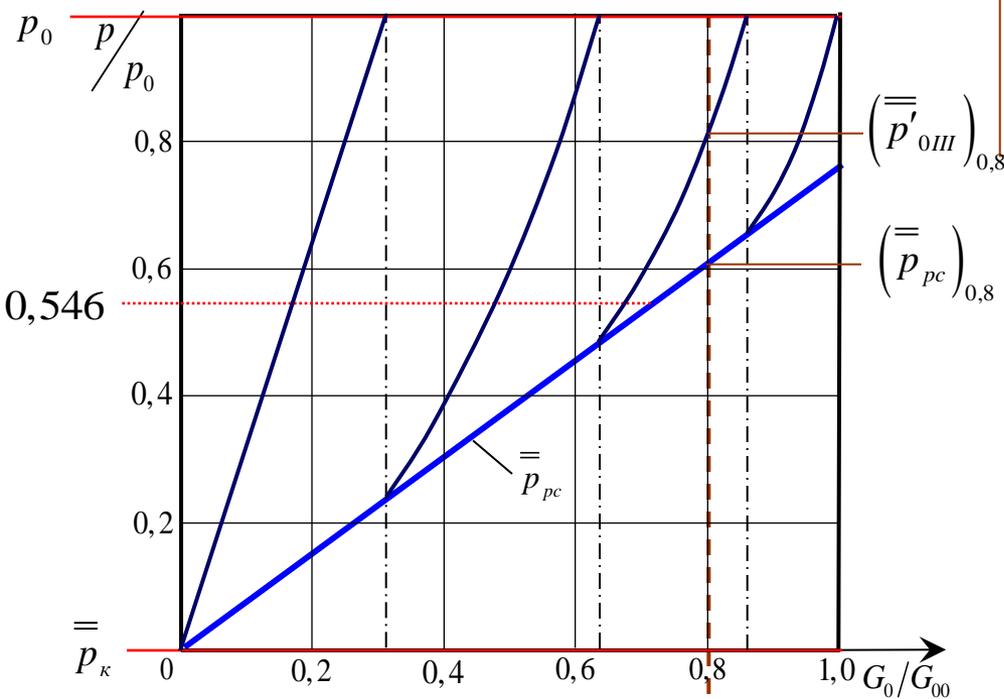
Т.о., чтобы построить процесс расширения пара в РС, определить ее КПД и точку начала процесса расширения в НС надо знать зависимость:
 p_{pc}, p'_{0j}, G_j от расхода пара через турбину.

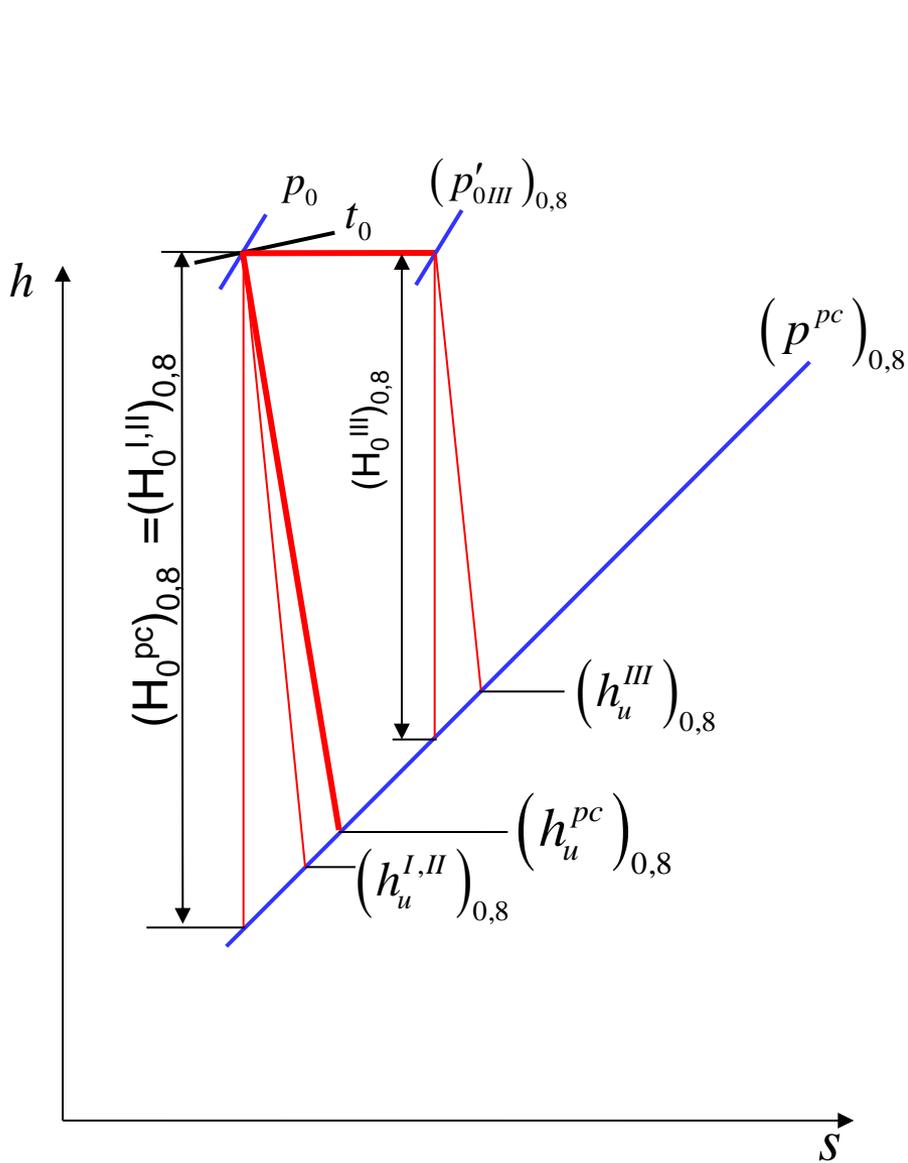
Остается открытым вопрос: Как перейти к действительному процессу?

Определение тепловой экономичности турбины с сопловым парораспределением при переменном режиме

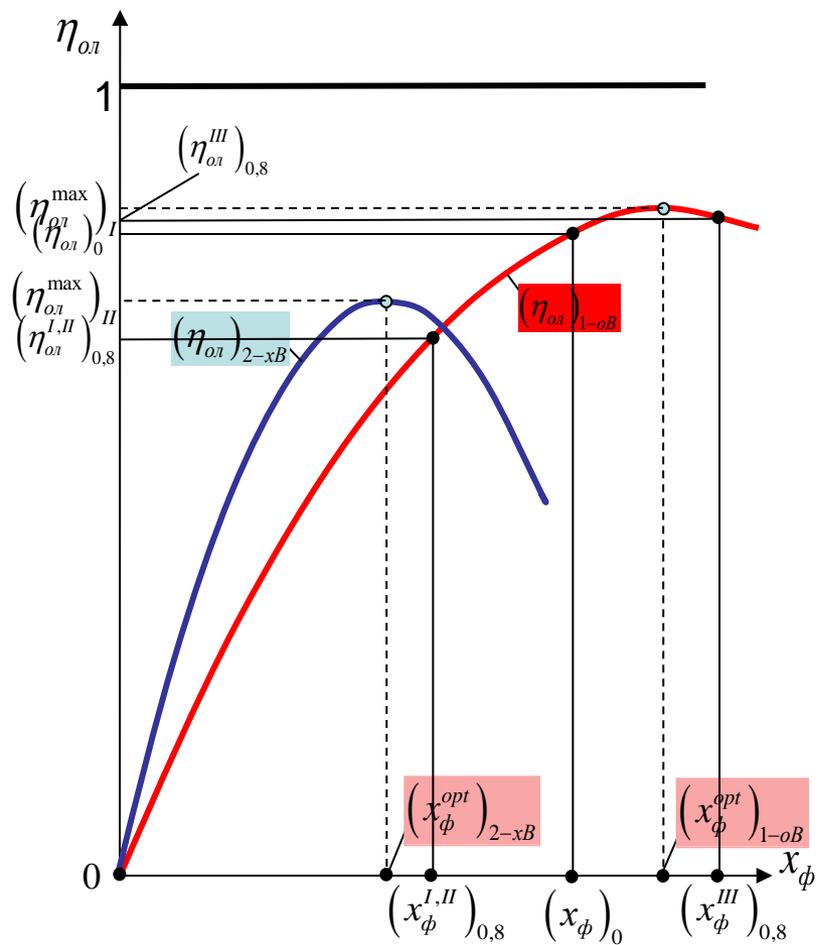
А. Тепловая экономичность РС при работе в переменном режиме

Возьмем $q_0 = 0,8$





$$h_{pc} = \frac{(G_I + G_{II})_{0,8} (h_i^{I,II})_{0,8} + (G_{III})_{0,8} (h_i^{III})_{0,8}}{(G_0)_{0,8}}$$



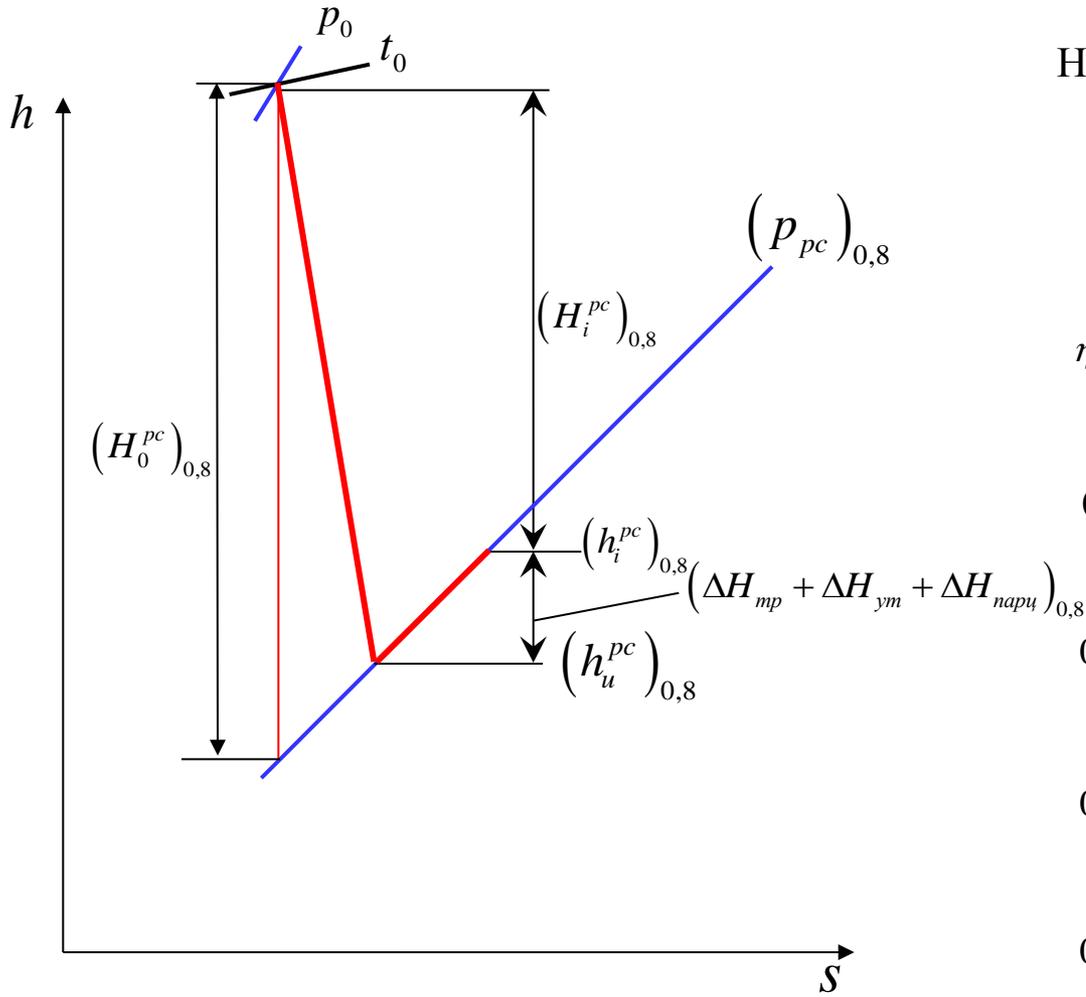
$$(c_\phi^{I,II})_{0,8} = \sqrt{2(H_{I,II})_{0,8}} \implies (x_\phi^{I,II})_{0,8}$$

$$(h_i^{I,II})_{0,8} = h_0 - (H_{I,II})_{0,8} (\eta_{ol}^{I,II})_{0,8}$$

$$(c_\phi^{III})_{0,8} = \sqrt{2(H_{III})_{0,8}} \implies (x_\phi^{III})_{0,8}$$

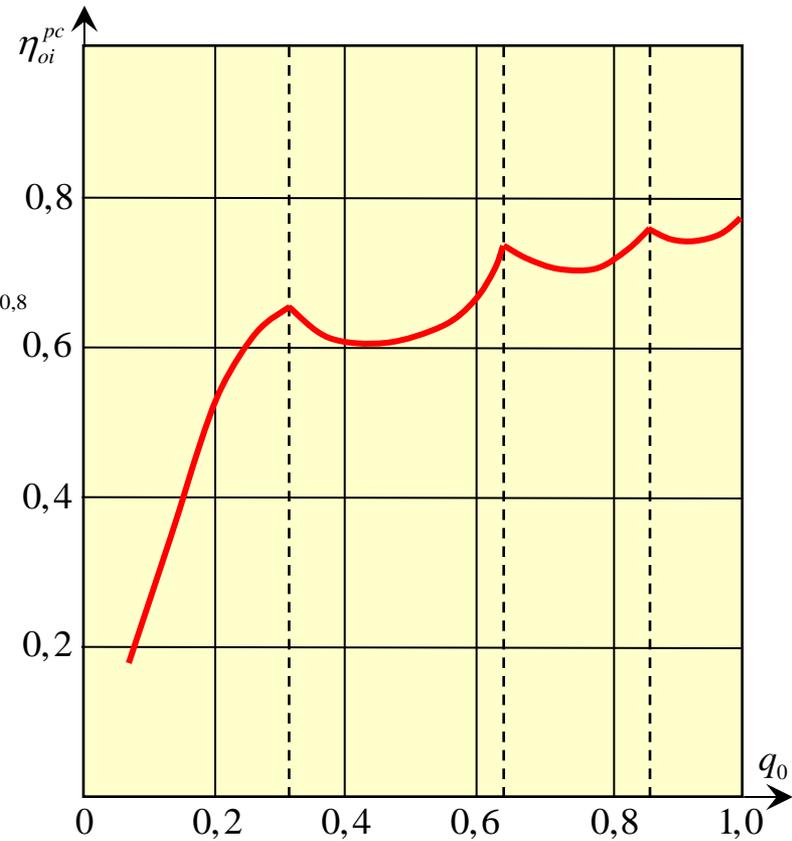
$$(h_i^{III})_{0,8} = h_0 - (H_{III})_{0,8} (\eta_{ol}^{III})_{0,8}$$

$$(\eta_{ol}^{pc})_{0,8} = \frac{h_0 - (h_u^{pc})_{0,8}}{(H_0^{pc})_{0,8}}$$

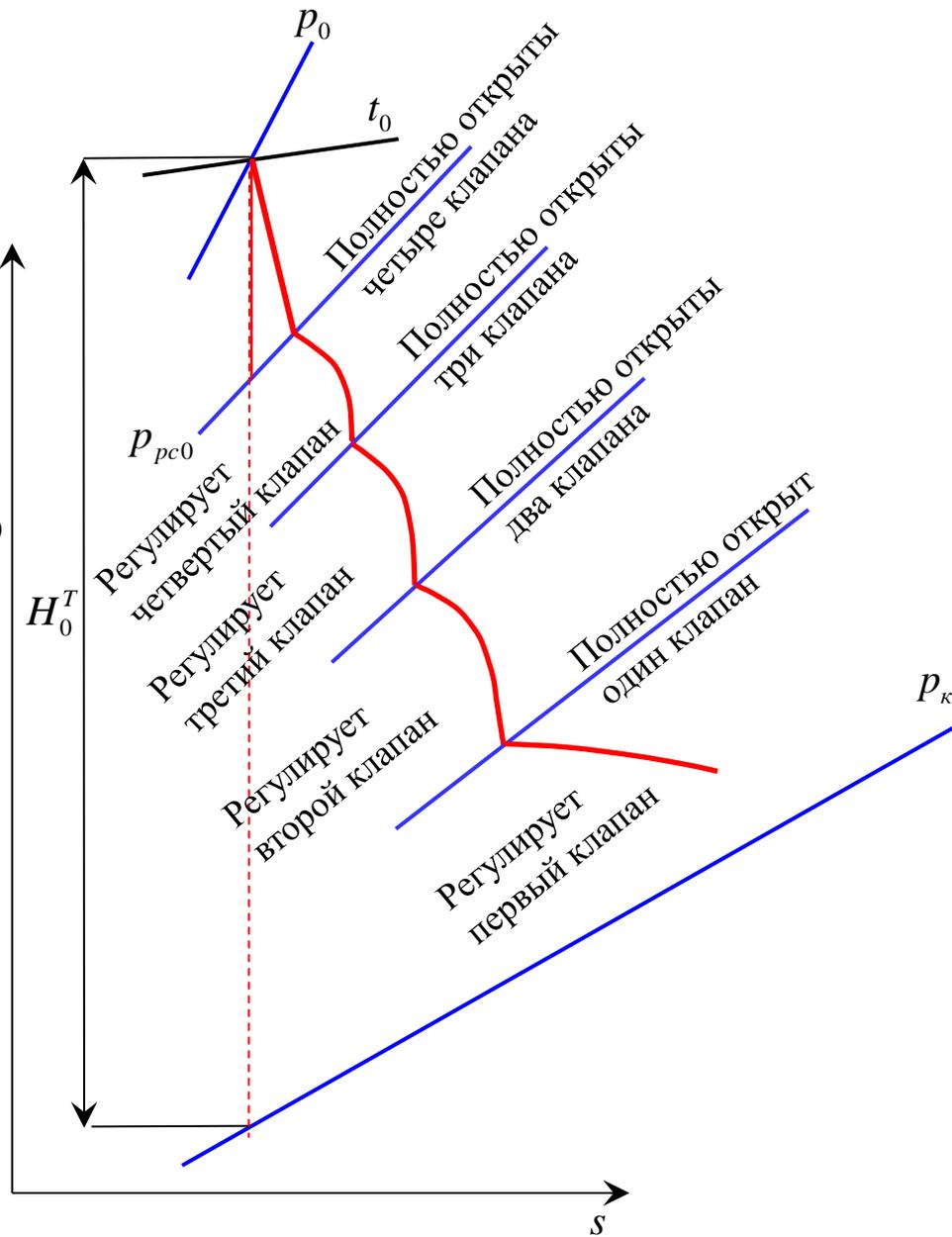
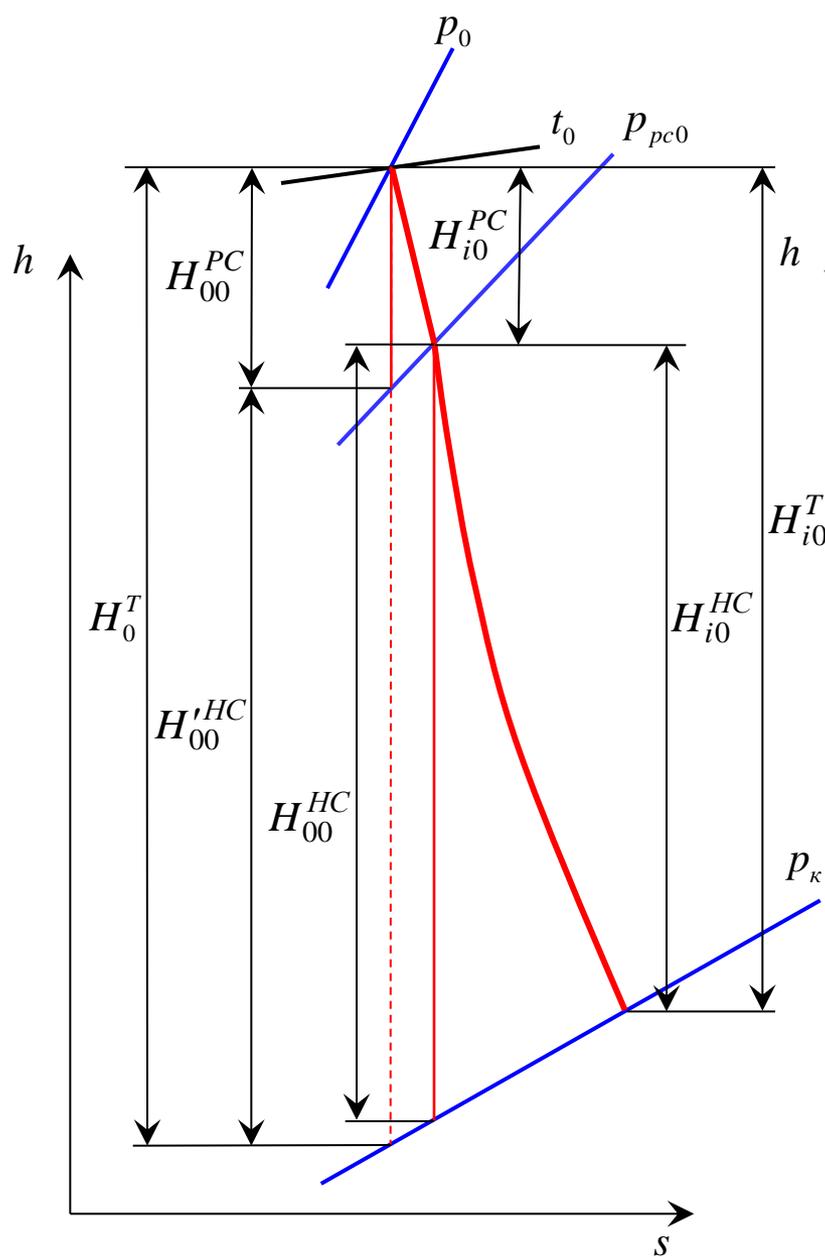


Необходимо определить: $\Delta H_{mp}, \Delta H_{ym}, \Delta H_{napu}$

$$(\eta_{oi}^{pc})_{0,8} = \frac{(H_i^{pc})_{0,8}}{(H_0^{pc})_{0,8}}$$



Изменение состояния пара в камере регулирующей ступени в зависимости от расхода через турбину (**положение точки начала процесса расширения в нерегулируемых ступенях**)



Б. Тепловая экономичность турбины при нерасчетном режиме

