

#### Задача 4.

##### Процесс расширения пара в ступени.

Построить действительный процесс расширения пара в активной ступени паровой турбины, если заданы:

- Параметры пара на входе в ступень  $P_0, t_0$  ;
- Скорость пара на входе в СР  $c_0$ ;
- Располагаемый теплоперепад ступени по статическим ( $P_0, t_0$ ) параметрам  $H_0$ ;
- Реактивность ступени  $\rho$ ;
- Угол выхода потока из СР  $\alpha_1$ ;
- Число оборотов турбины  $n$ ;
- Средний диаметр ступени  $d$ .

Принять:

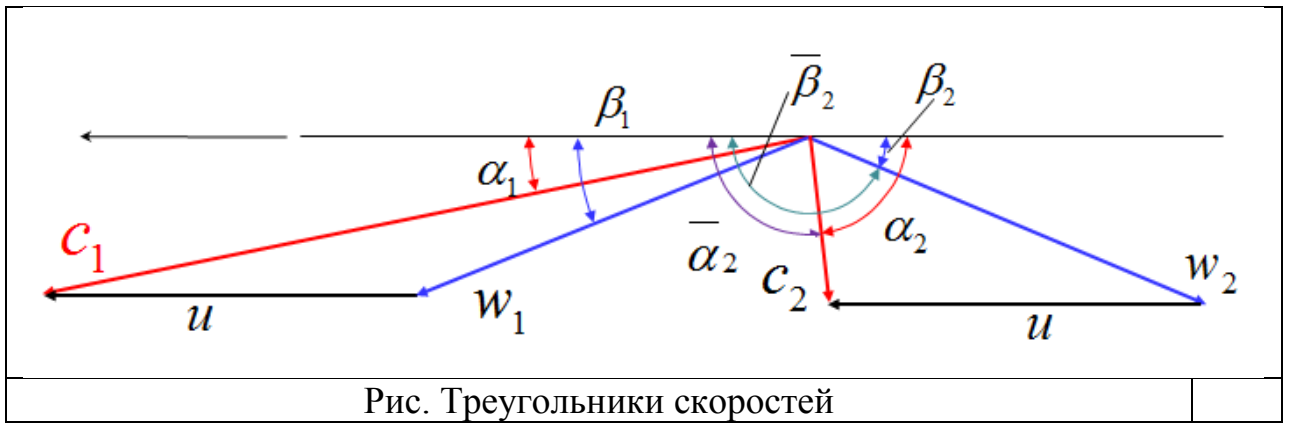
- Скоростные коэффициенты СР и РР соответственно  $\varphi=(0,93-0,98)$  и  $\psi=(0,87-0,95)$ .
- Угол выхода потока из РР  $\beta_2=\beta_1-(1\div 3)^\circ$

Задачи:

1. Определение скоростей истечения пара из СР и РР и построение треугольников скоростей.
2. Определение режимов течения потока в СР и РР.
3. Расчет потерь энергии в СР, РР и с выходной скоростью.
4. Построение теоретического и действительного процессов расширения пара в СР и РР ступени и определение параметров пара в решетках.
5. Расчет полезной работы потока и относительного лопаточного КПД.

Табл. 1. Исходные данные

№ вар	$P_0$	$t_0$	$c_0$	$H_0$	$\rho$	$\alpha_1$	$n$	$d$
	МПа	°С	м/с	кДж/кг	°С	гр	об/мин	м
1	1,0	300	50	80	0,15	12	3000	1,4
2	0,8	320	55	100	0,20	13	3200	1,5
3	0,7	350	50	110	0,25	14	2900	1,6
4	0,5	300	40	120	0,27	15	3500	1,1
5	0,6	310	60	50	0,30	16	3000	1,3
6	1,0	340	55	60	0,28	11	4000	1,2
7	0,2	200	40	70	0,15	12	5000	0,8
8	0,3	220	45	100	0,18	13	6000	0,9
9	0,5	270	50	110	0,25	14	4500	1,1
0	0,6	250	55	85	0,22	15	5500	1,2
11	0,7	300	50	95	0,20	16	3700	1,0
12	1,3	330	30	75	0,15	12	3000	1,3



$$c_{1t} = 44,7 \sqrt{(h_0 - h_{1t}) + c_0^2 / 2000} = 44,7 \sqrt{\bar{H}_{0c}}$$

$$c_1 = \varphi \cdot c_{1t}$$

$$w_1^2 = c_1^2 + u^2 - 2 \cdot u \cdot c_1 \cdot \cos \alpha_1$$

$$u = \pi \cdot d \cdot n / 60$$

$$w_{2t} = 44,7 \cdot \sqrt{(h_1 - h_{2t}) + w_1^2 / 2000} = 44,7 \cdot \sqrt{2\bar{H}_{0p}}$$

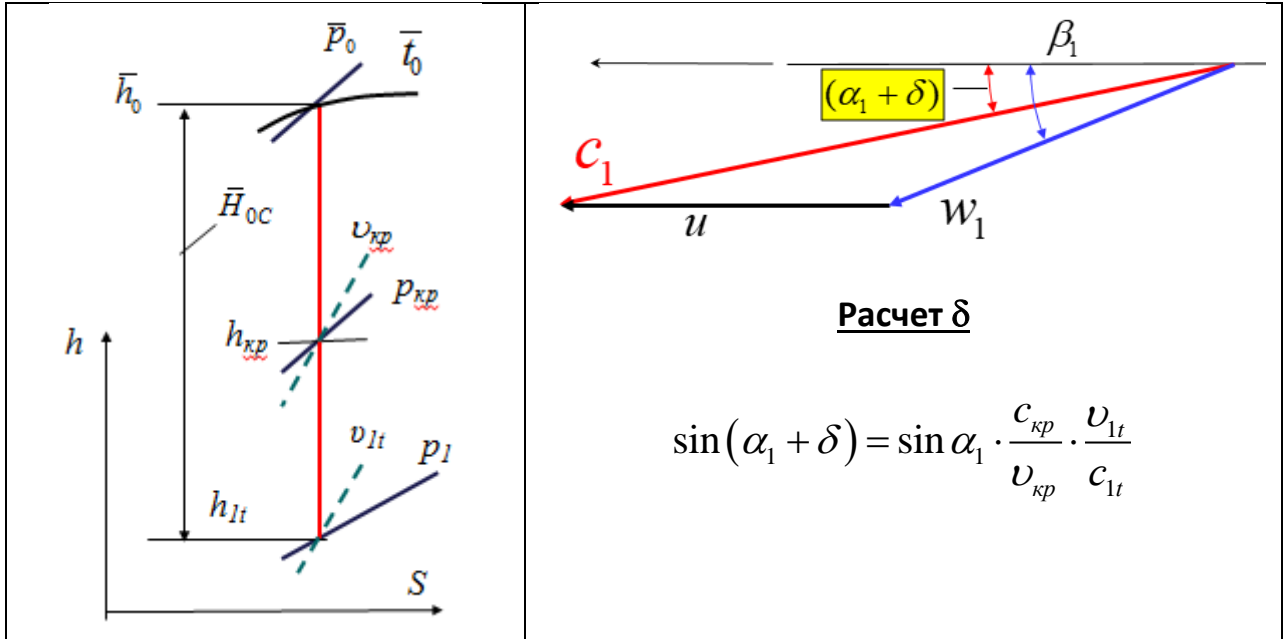
$$w_2 = \psi \cdot w_{2t}$$

$$c_2^2 = w_2^2 + u^2 - 2 \cdot u \cdot w_2 \cdot \cos \beta_2$$

$$\beta_1 = \arctg \left( \frac{\sin \alpha_1}{\cos \alpha_1 - \frac{u}{c_1}} \right)$$

$$\alpha_2 = \arctg \left( \frac{\sin \beta_2}{\cos \beta_2 - \frac{u}{w_2}} \right)$$

**Сверхкритический режим - учесть отклонение в косом срезе  $\delta$**



**Потери энергии в СР, в РР, с выходной скоростью, кДж/кг:**

$$\Delta H_c = \frac{c_{1t}^2 - c_1^2}{2000}$$

$$\Delta H_p = \frac{w_{2t}^2 - w_2^2}{2000}$$

$$\Delta H_{вс} = \frac{c_2^2}{2000}$$

**Работа 1 гк пара на рабочих лопатках ступени кДж/кг:**

$$1) \quad L_u = \frac{c_1^2 - c_2^2 + w_2^2 - w_1^2}{2}$$

$$2) \quad L_u = H_u = \overline{H_0} - \Delta H_c - \Delta H_p - \Delta H_{вс}$$

**Относительный лопаточный КПД**

$$\eta_{ол} = \frac{L_u}{\overline{H_0}}$$

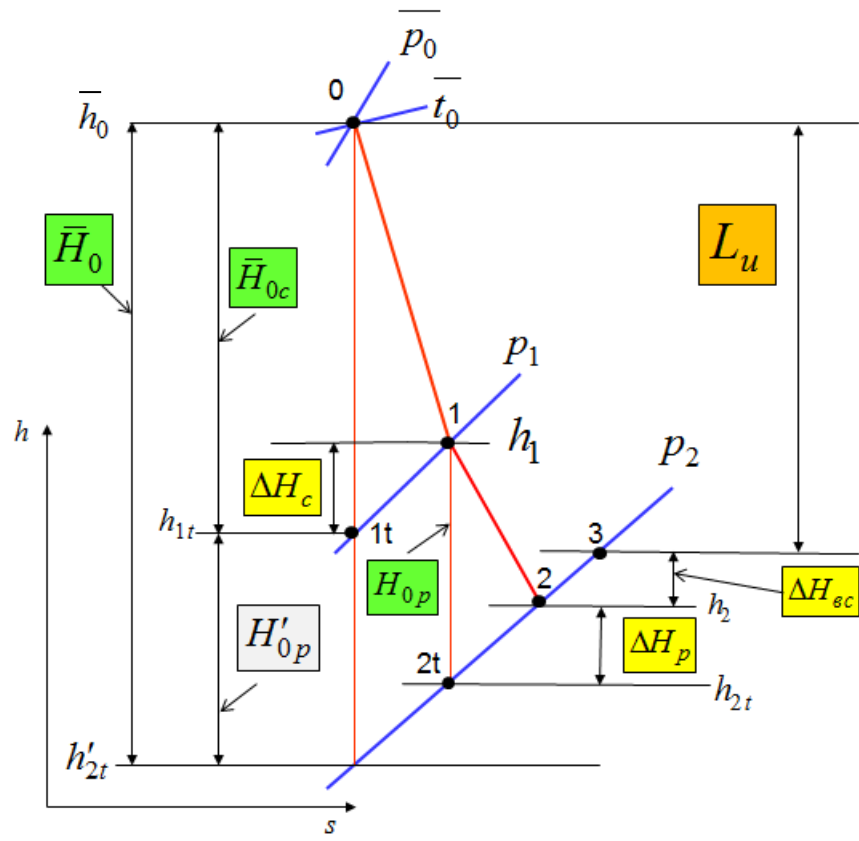


Рис. Процесс в ступени