

Дисциплина **TU 3218** «Турбинные установки»

Модуль **ESTA 08** «Электрические станции и теплообменные аппараты»

Специальность **6B07108** - «Теплоэнергетика»

Факультет энергетики, автоматики и телекоммуникации

Кафедра «Энергетические системы»

Калытка Валерий Александрович

Доктор PhD; ассоциированный профессор (доцент); доцент
кафедры «Энергетические системы»

2. Геометрические характеристики осевой ступени турбины



Лекция №9. Геометрические характеристики турбинных решёток. Процессы в соплах (сопловых решётках) в $h-s$ –диаграмме

Цель лекции состоит в ознакомлении с закономерностями процессов, протекающих в сопловом аппарате осевой турбиной ступени.

План лекции

1. Геометрические характеристики турбинных решёток: а) сопловая решётка; б) рабочая решётка.
2. Расширение пара в косом срезе сопловой решётки при сверхзвуковых скоростях потока.
3. Каналы сопловых (а, б, в, г) и рабочих (д, е, ж, з) турбинных решёток.
4. Классификация турбинных решёток.
5. Процесс в соплах (сопловых решётках) в $h-s$ –диаграмме.

6. Видеоролики:

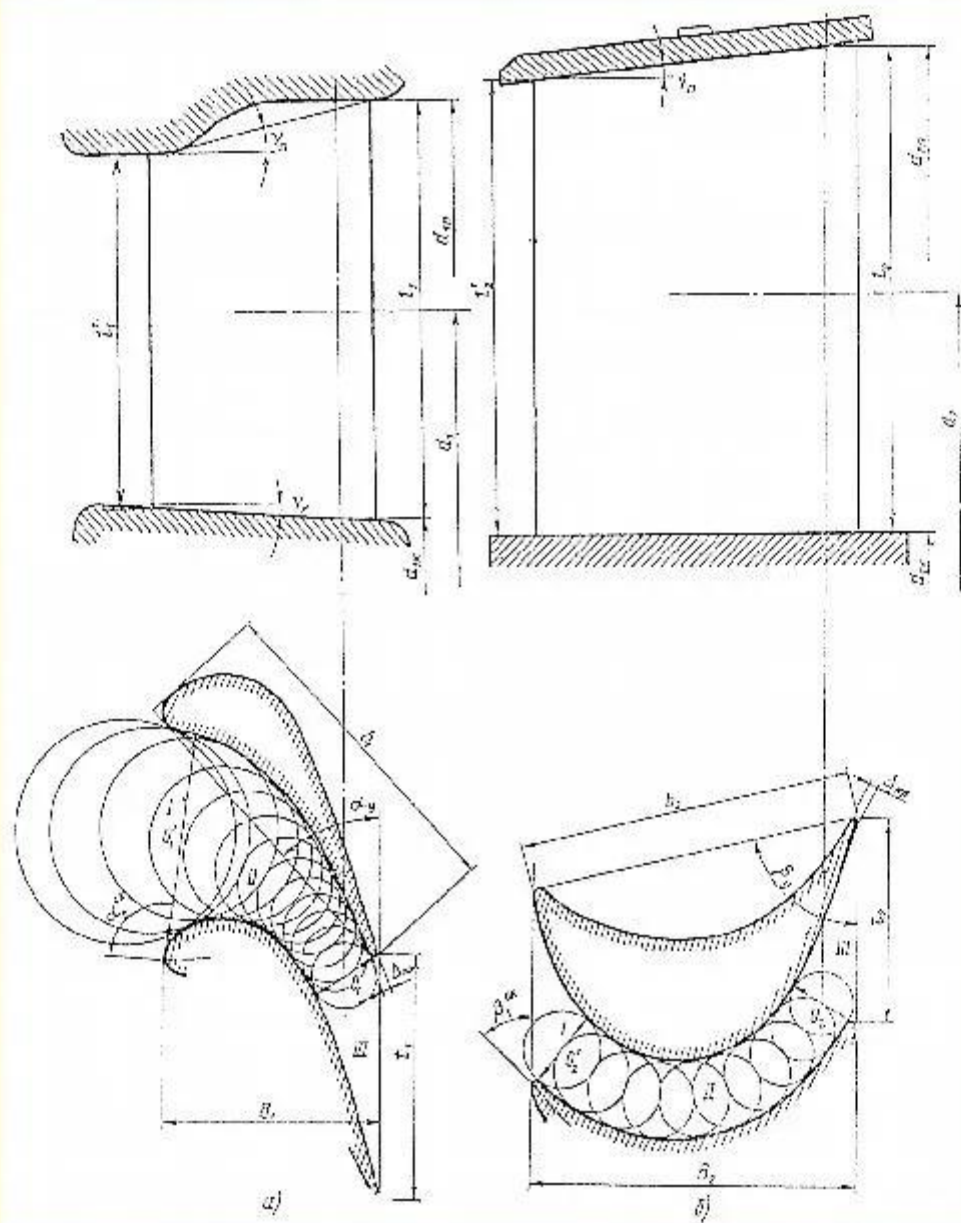
6.1. Эксплуатация паротурбинных установок (Киевнаучфильм) (20 мин)

<https://www.youtube.com/watch?v=v3DZPIXnYHw>

6.2. Асинхронные двигатели (10 мин)

<https://www.youtube.com/watch?v=gderKWgRD6g>

Рис. 9. Геометрические характеристики турбинных решёток
а) сопловая решётка;
б) рабочая решётка



$$t = \frac{\pi \cdot d}{z}$$

$$\bar{t} = \frac{t}{b}$$

$$\bar{l} = \frac{l}{b}$$

$$\bar{\Delta}_{кр} = \frac{\Delta_{кр}}{O_1}$$

$$\frac{l}{d} = \frac{1}{\theta}$$

$$\alpha_{13} = \arcsin \frac{O_1}{t_1}$$



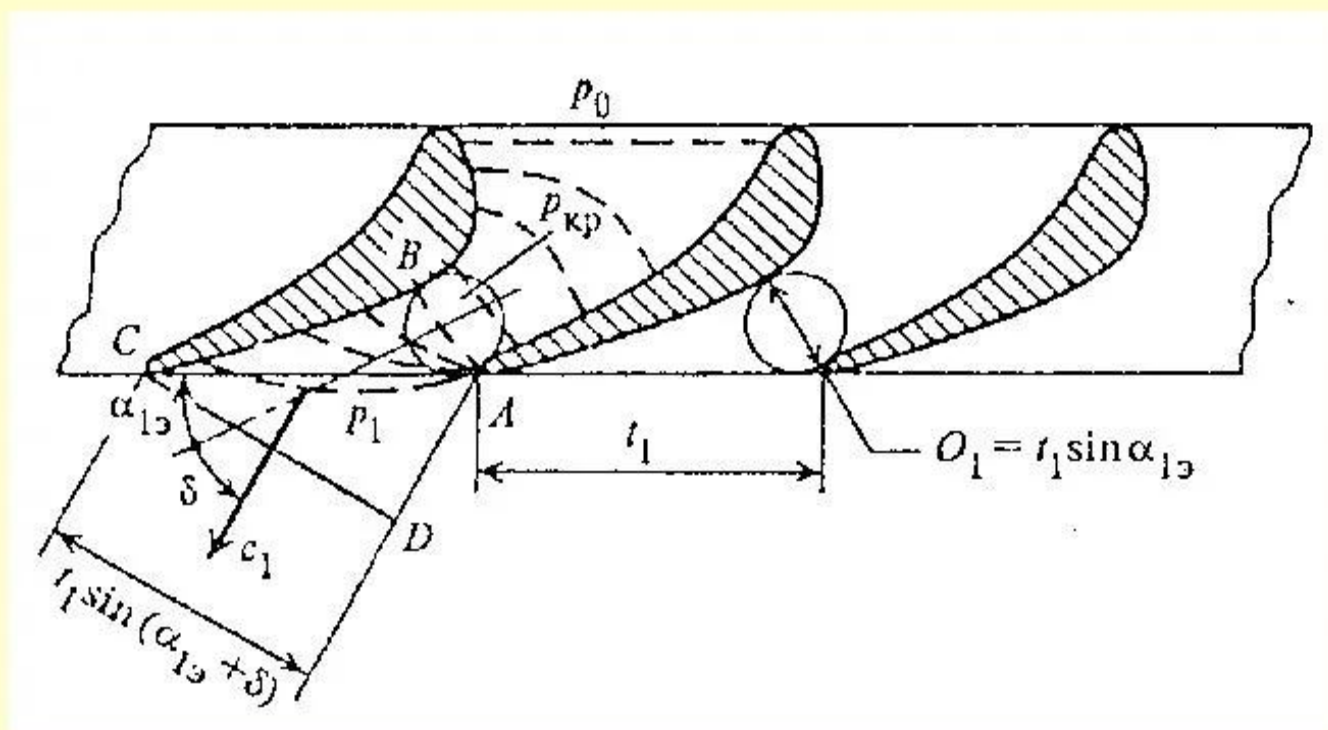
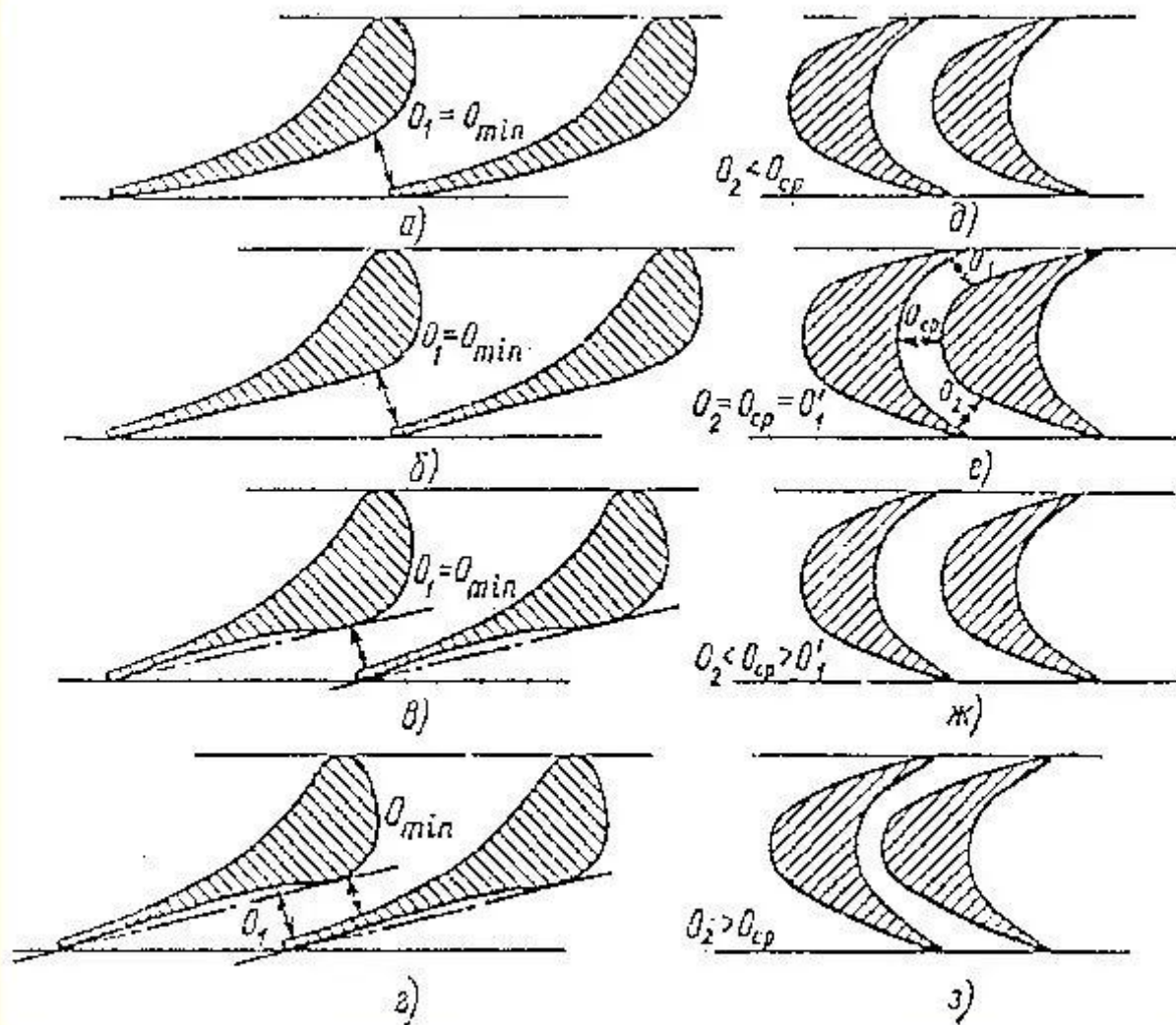


Рис. 10. Расширение пара в косом срезе сопловой решётки при сверхзвуковых скоростях потока на выходе из неё





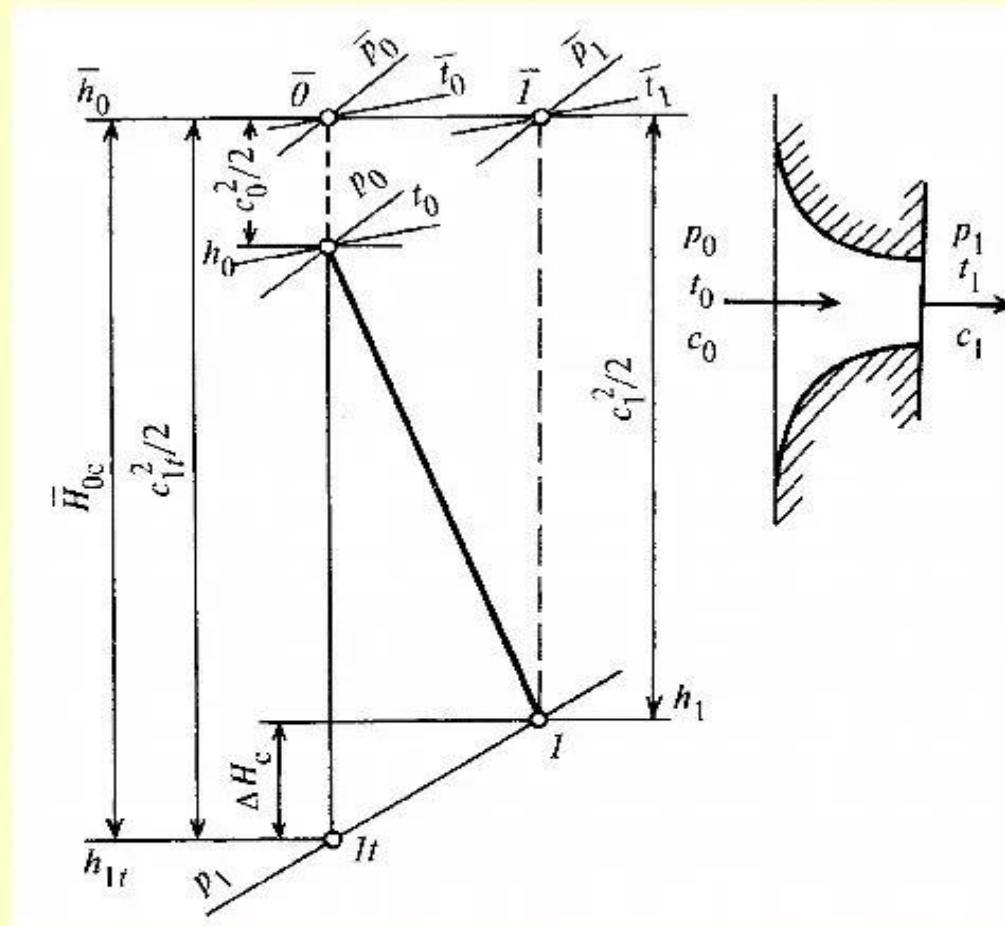
**Рис. 11. Каналы
сопловых
(а, б, в, г) и
рабочих
(д, е, ж, з)
решёток в
зависимости от
типа решётки**



Тип решетки	Диапазон чисел Маха
Тип А (дозвуковые)	$M < 0,9$
Тип Б (околозвуковые)	$0,9 < M < 1,1$
Тип В (сверхзвуковые)	$1,1 < M < 1,3$
Тип Р (расширяющиеся или сопла Лавалья)	$M > 1,3$

Рис. 12. Классификация решёток по типу





**Рис. 13. Процесс в соплах (сопловых решётках)
в h - s -диаграмме**



Уравнение энергии для точек $\bar{0}$ и $1t$ записывается как:

$$h_{\bar{0}} - h_{1t} = \frac{c_{1t}^2}{2} - \frac{c_{\bar{0}}^2}{2}$$

Отсюда получаем выражение для скорости в точке $1t$:

$$c_{1t} = \sqrt{2 \cdot (h_{\bar{0}} - h_{1t}) + c_{\bar{0}}^2}$$

Из уравнения энергии для точек $\bar{0}$ и 1 :

$$c_1 = \sqrt{2 \cdot (h_{\bar{0}} - h_1) + c_{\bar{0}}^2}$$



Из уравнения энергии для точек 1 и 1_t имеем:

$$\Delta H_c = h_1 - h_{1t} = \frac{c_{1t}^2 - c_1^2}{2} = \frac{c_{1t}^2}{2} \cdot \left[1 - \frac{c_1^2}{c_{1t}^2} \right] = \frac{c_{1t}^2}{2} \cdot \left[1 - \left(\frac{c_1}{c_{1t}} \right)^2 \right]$$

Отношение $\frac{c_1}{c_{1t}}$ называется **коэффициент скорости**

сопловой решётки и обозначается φ (обычно **0,93-0,98**)

Тогда:

$$\Delta H_c = \frac{c_{1t}^2}{2} \cdot (1 - \varphi^2)$$

Величина, характеризующая потерю энергии из-за действия сил трения, называется **коэффициент потери энергии в сопловой решётке** и обозначается:

$$\zeta_c = 1 - \varphi^2$$



Из выражения $c_{1t} = \sqrt{2 \cdot (h_{\bar{0}} - h_{1t}) + c_{\bar{0}}^2}$ и h-s-
диаграммы для сопловой решётки (рис. 13) следует:

$$c_{1t} = \sqrt{2 \cdot (h_{\bar{0}} - h_{1t}) + c_{\bar{0}}^2}$$

С учётом того, что скорость $c_{\bar{0}} = 0$, а $h_{\bar{0}} - h_{1t} = \overline{H_{\bar{0c}}}$

$$c_{1t} = \sqrt{2 \cdot (h_{\bar{0}} - h_{1t}) + c_{\bar{0}}^2} = \sqrt{2 \cdot \overline{H_{\bar{0c}}}}$$

Тогда потери в сопловой решётке можно записать как:

$$\Delta H_c = \frac{c_{1t}^2}{2} \cdot (1 - \varphi^2) = \left[h_{\bar{0}} - h_{1t} + \frac{c_{\bar{0}}^2}{2} \right] \cdot (1 - \varphi^2) = \overline{H_{\bar{0c}}} \cdot (1 - \varphi^2)$$

$$\Delta H_c = \overline{H_{\bar{0c}}} \cdot \zeta_c$$

