

Часть 1

Техническая термодинамика

Занятие 7

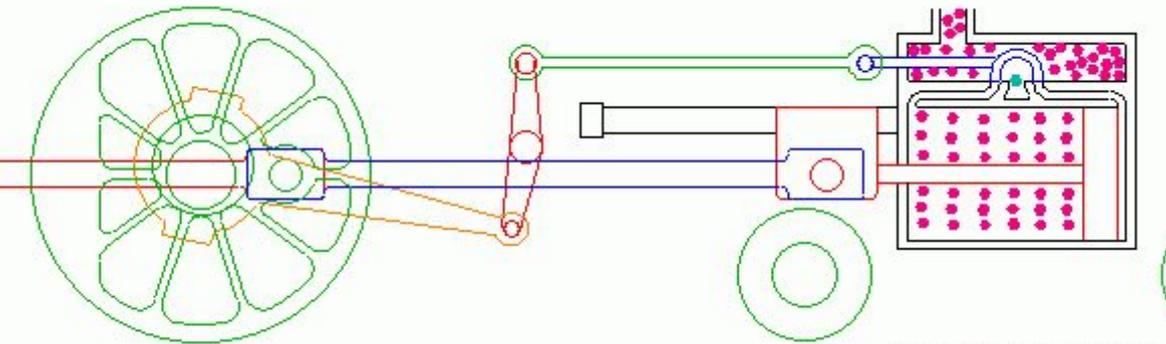
Циклы теплосиловых установок. Термодинамическая эффективность циклов теплосиловых установок. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Цикл газотурбинной установки. Цикл паротурбинной установки. Парогазовые циклы.

Циклы теплосиловых установок

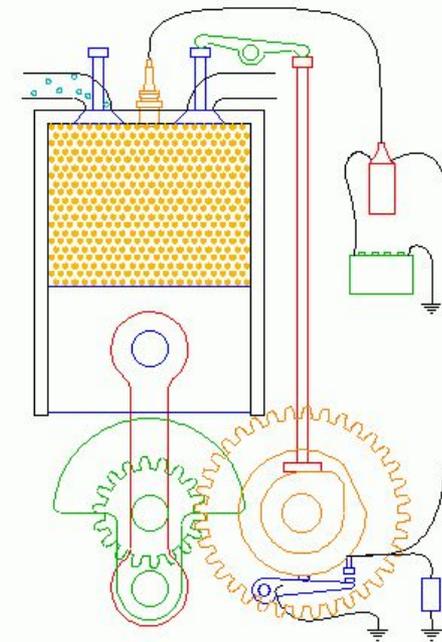
Тепловые двигатели

с внешним
подводом
теплоты

с внутренним
подводом
теплоты



Copyright 2000, Kevoney.com

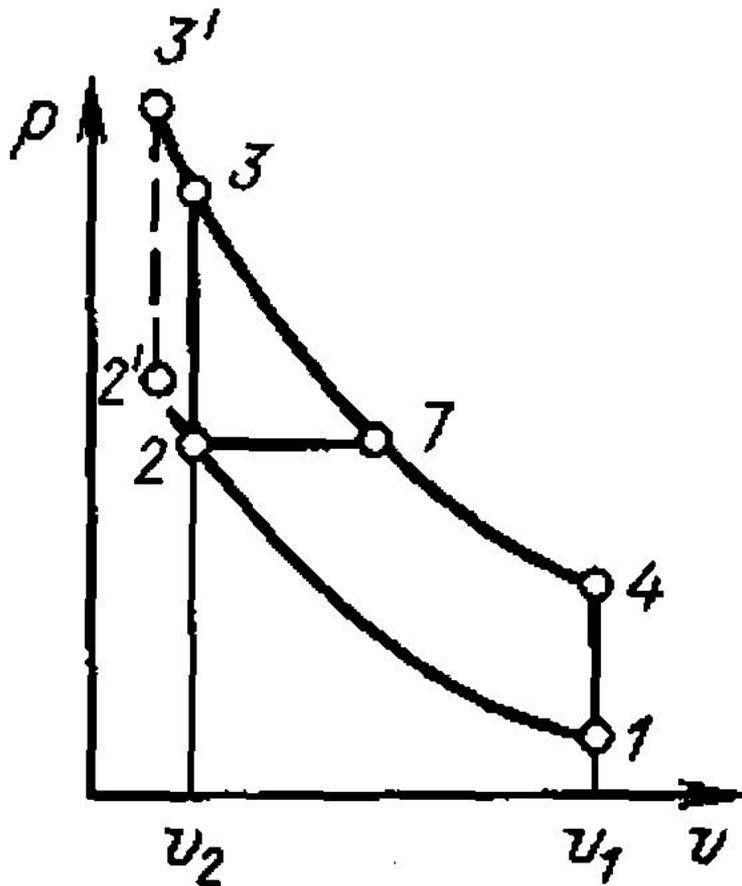


Copyright 2000, Kevoney.com

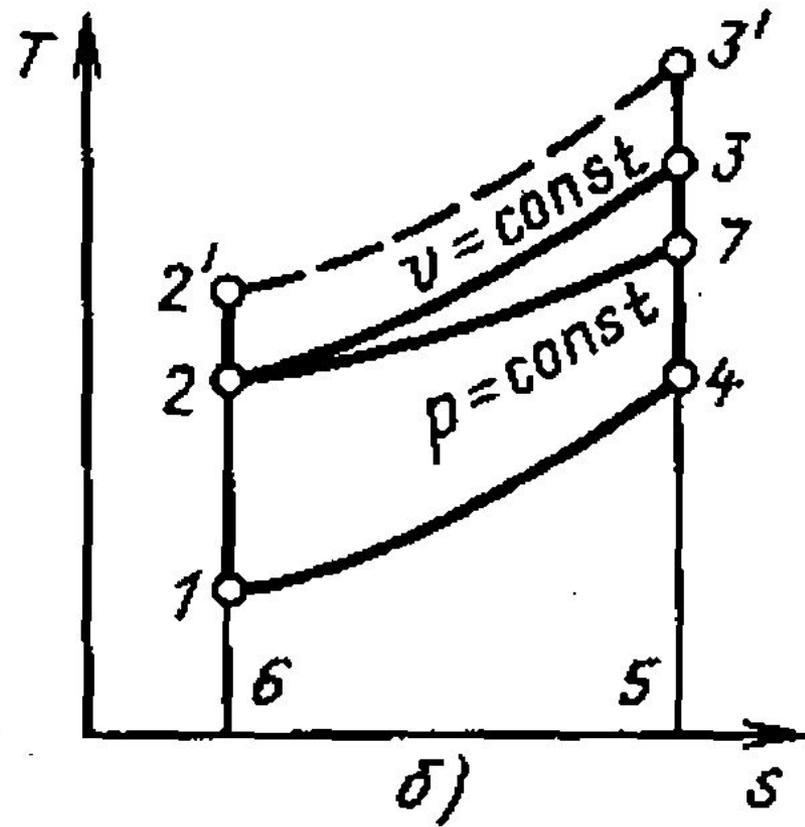
Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания

Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания

Цикл в $p-v$ координатах



Цикл в $T-S$ координатах



Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания

Показатели цикла

Степень сжатия двигателя ε - отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания.

$$\varepsilon = v_1/v_2.$$

Термический к.п.д. двигателя для изохорного процесса:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} =$$

Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания

$$\begin{aligned}\eta_t &= 1 - \frac{q_2}{q_1} = \\ &= 1 - \frac{c_v(T_4 - T_1)}{c_v(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{\left(\frac{T_4}{T_1} - 1\right)T_1}{\left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)T_2}\end{aligned}$$

Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания

Принимая одинаковые адиабаты процессов сжатия и расширения:

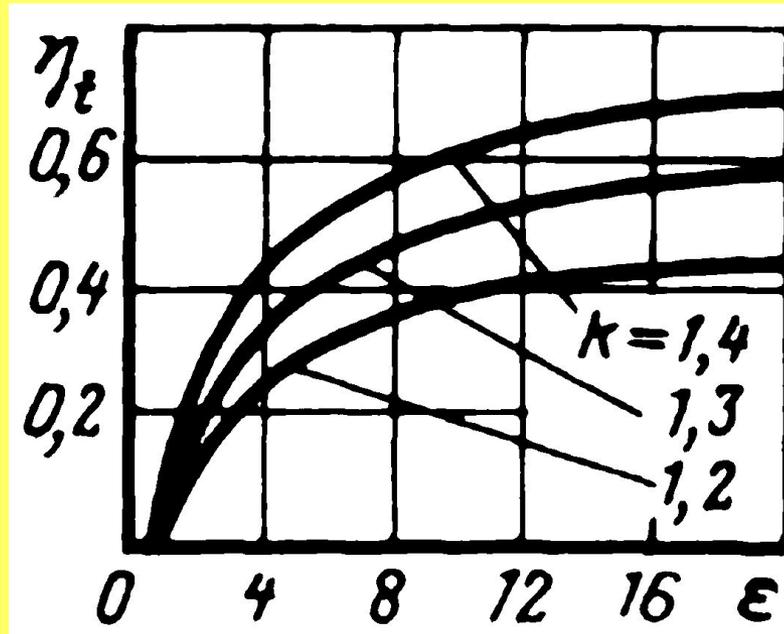
$$pv^k = \text{const}; \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1}; \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \frac{T_2}{T_1} = \varepsilon^{k-1} \quad \longrightarrow \quad \frac{T_3}{T_2} = \frac{T_4}{T_1} = \varepsilon^{k-1}$$

Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания

Для рассматриваемого цикла:

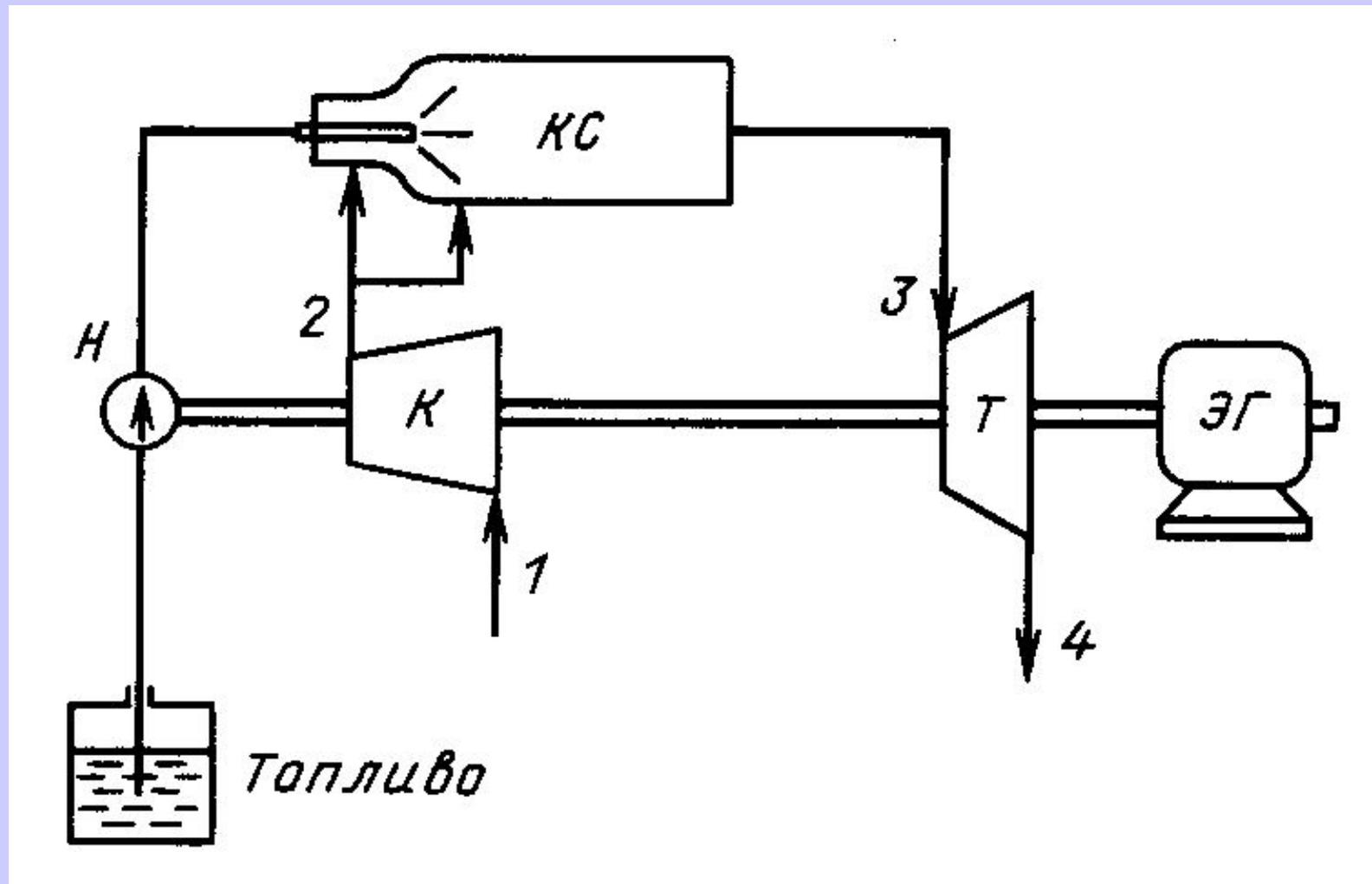
$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$



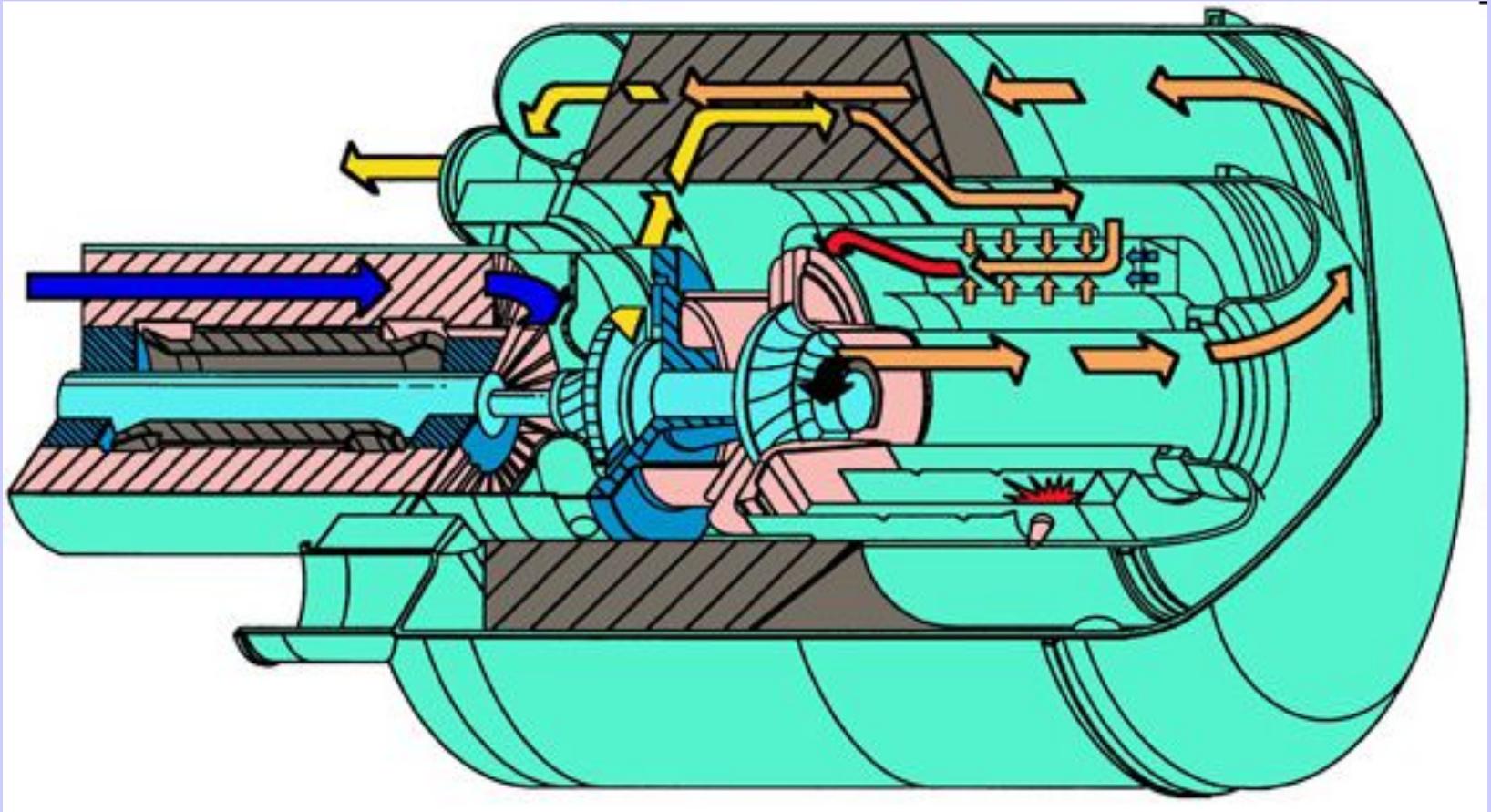
Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания

- 1. ДВС имеют самый высокий из тепловых машин к.п.д.**
- 2. Невозможность создания ДВС большой мощности из-за наличия возвратно-поступательно движущихся частей**
- 3. Применение в качестве двигателей транспортных установок.**

Схема газотурбинной установки

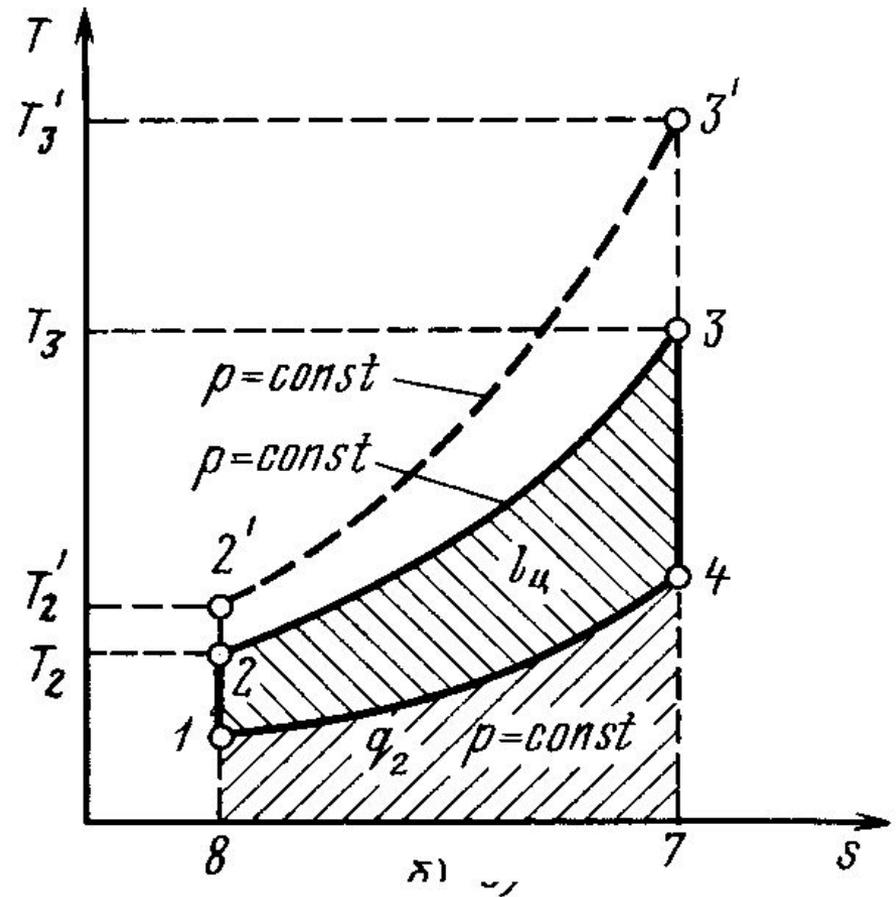
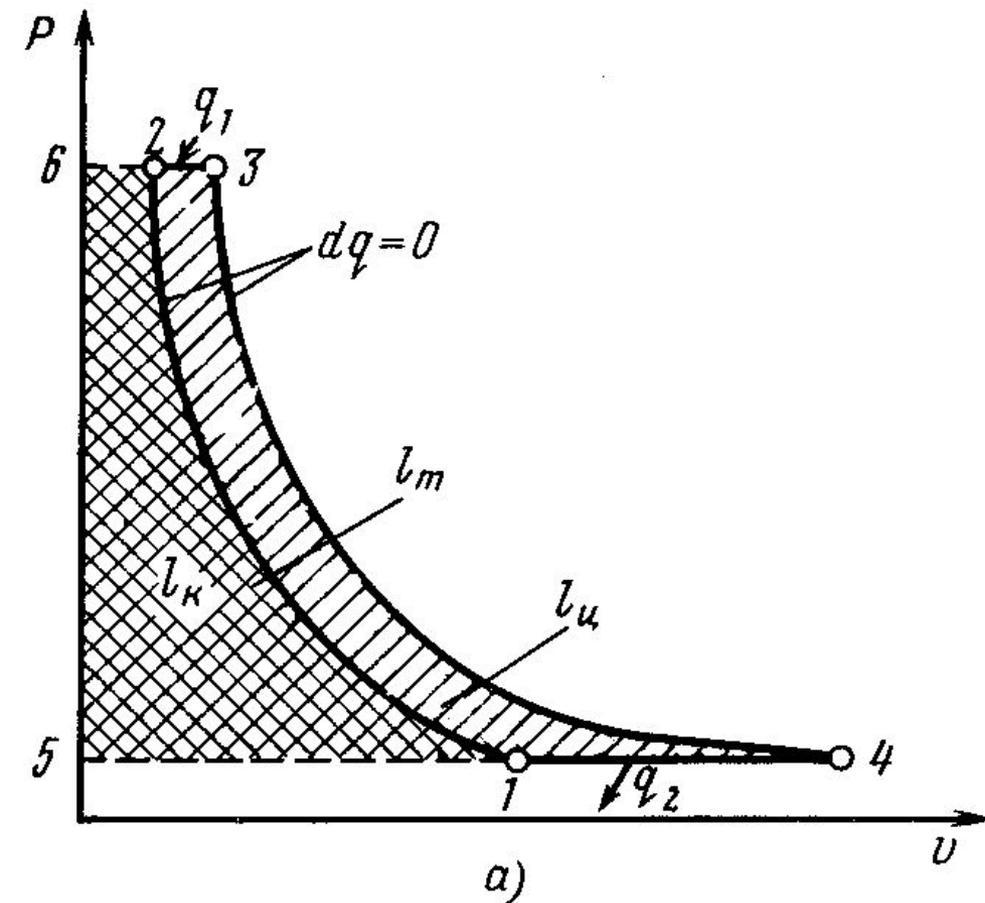


Устройство газотурбинной генераторной установки



Цикл Брайтона:

1. адиабатическое сжатие воздуха
2. сжигание при постоянном давлении
3. адиабатическое расширение обратно до начального давления



К.п.д. идеального цикла ГТУ:

$$\begin{aligned}\eta_t &= 1 - \frac{q_2}{q_1} = \\ &= 1 - \frac{c_p(T_4 - T_1)}{c_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{\left(\frac{T_4}{T_1} - 1\right)T_1}{\left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)T_2}\end{aligned}$$

Степень повышения давления в компрессоре π

$$\pi = \frac{p_2}{p_1}$$

Тогда:

$$pv^k = \text{const}; \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1}; \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{k-1}{k}} = \frac{1}{\pi^{\frac{k-1}{k}}}$$

Показатели цикла ГТУ

Запишем:

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_4}{T_3} \frac{T_3}{T_2} \frac{T_2}{T_1} \eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

Поскольку: $p_4 = p_1, p_3 = p_2$  $\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2}$

Получаем:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\pi^{\frac{k-1}{k}}}$$

Показатели цикла ГТУ

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\pi^{\frac{k-1}{k}}}$$

При $k=1,33$ имеем:

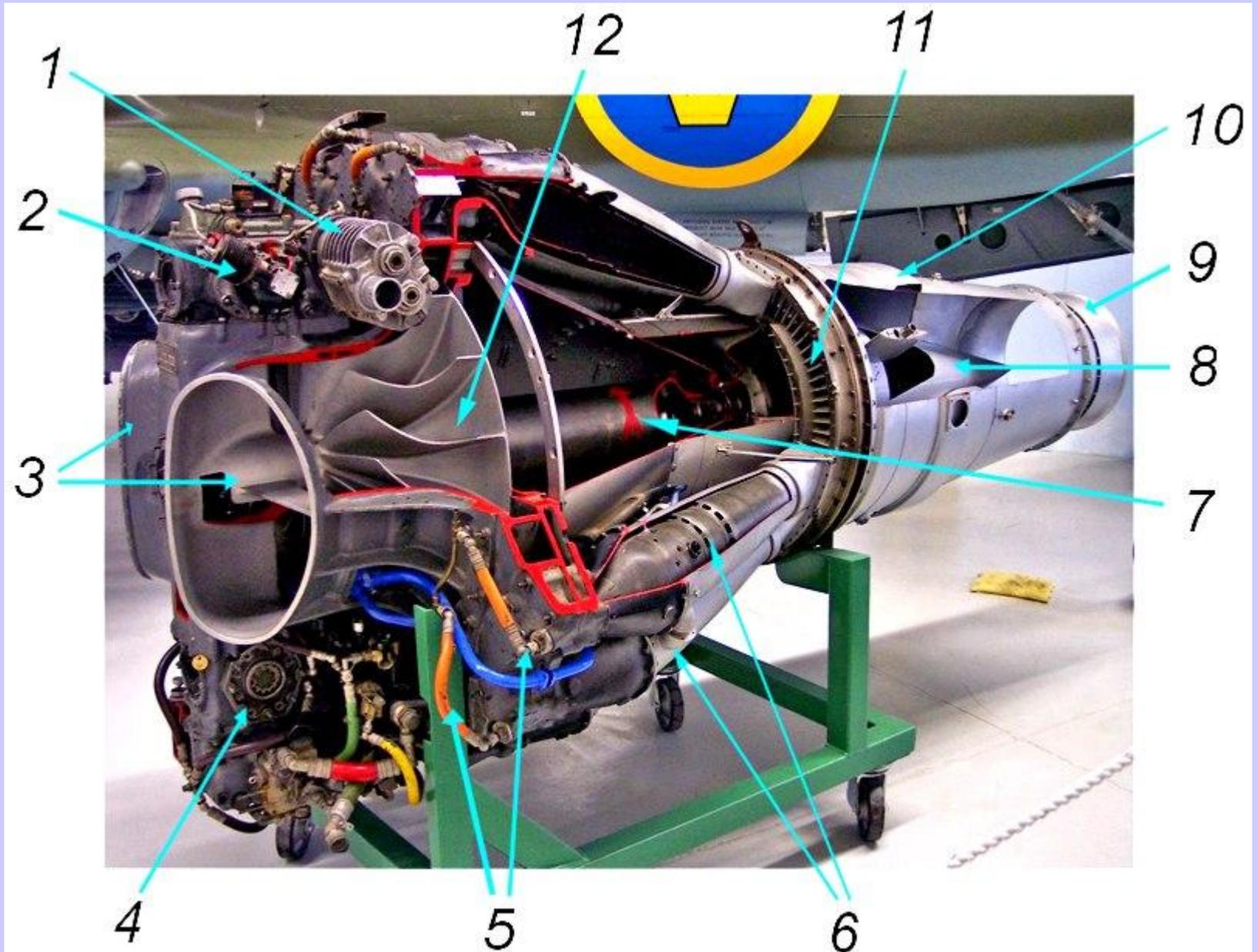
π	2	3	4	5
$\eta_t, \%$	16	24	29	33

π	6	7	8	10
$\eta_t, \%$	36	38,5	40,5	43,5

Применение газотурбинных установок

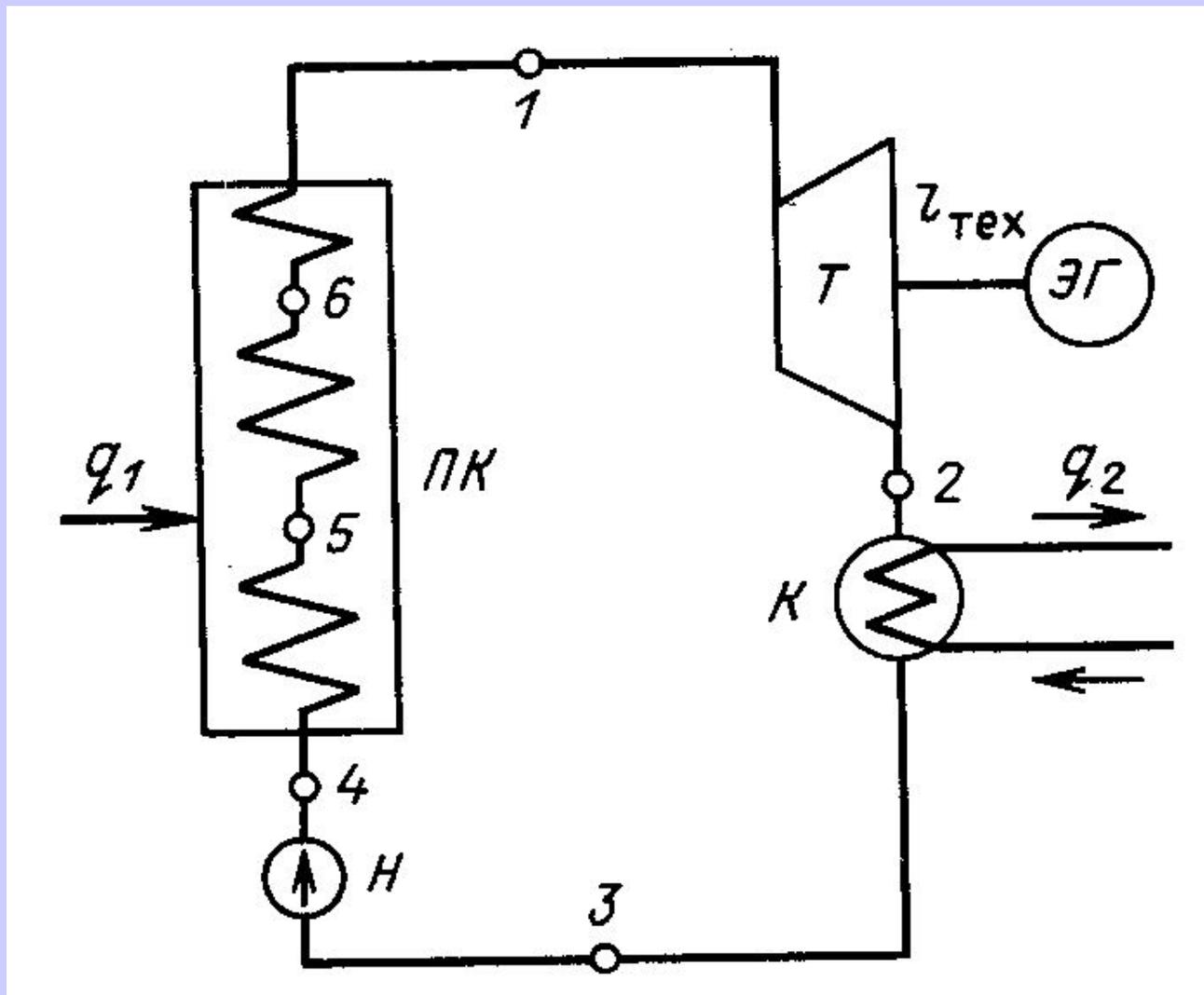
- 1. Мощность ГТУ 100-200 МВт.**
- 2. Применение в качестве двигателей крупных транспортных установок и маневренных энергетических установок.**
- 3. В авиации используют реактивные ГТД.**

Реактивный газотурбинный двигатель



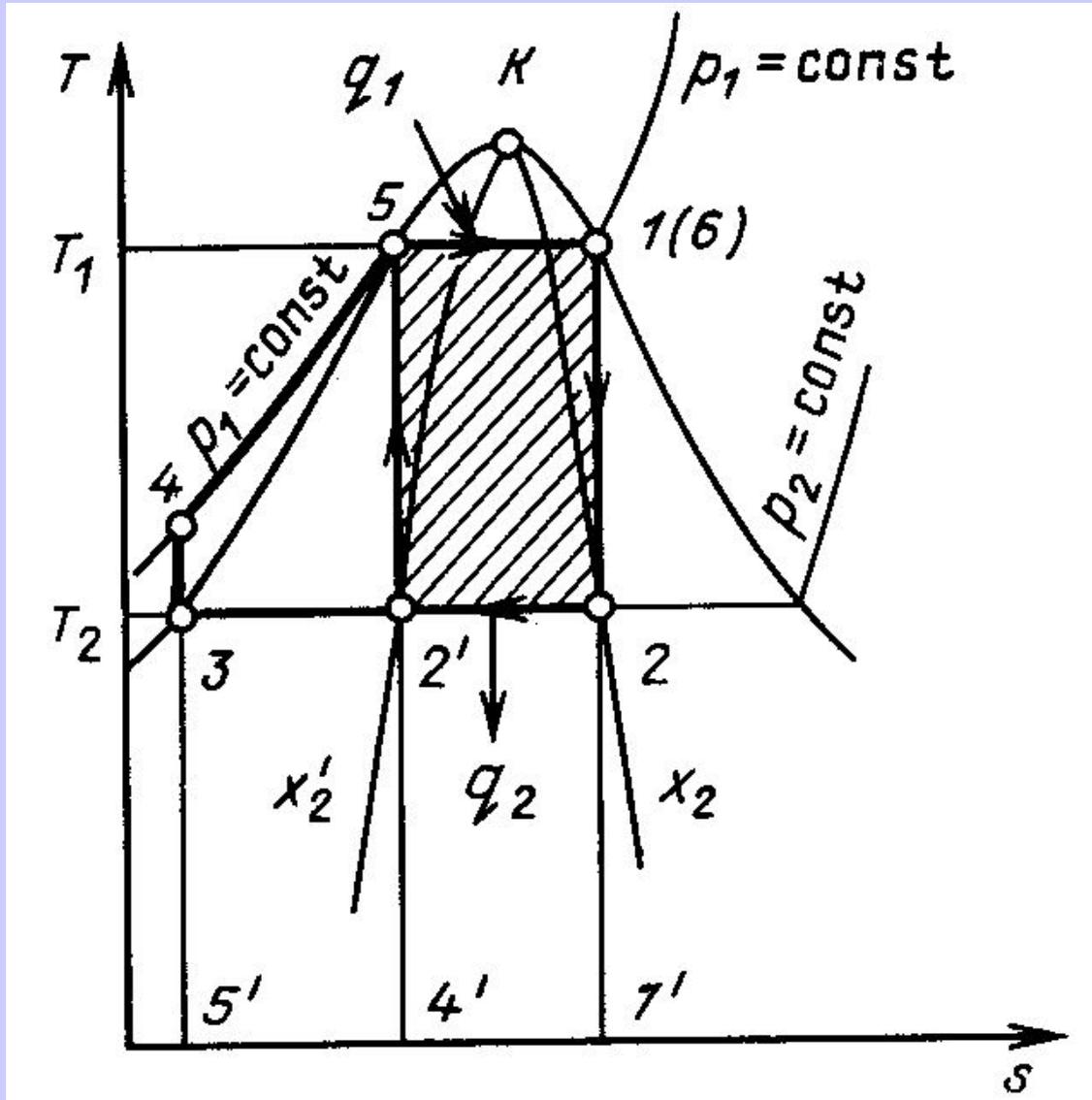
Цикл паротурбинных установок

Технологическая схема паротурбинной установки



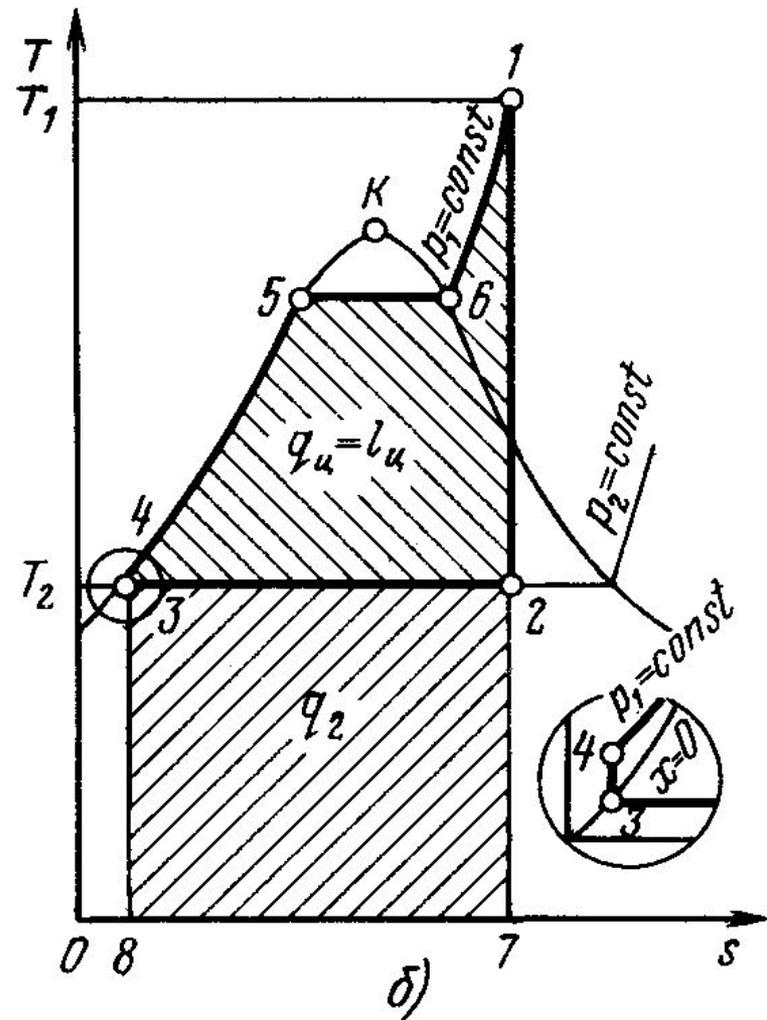
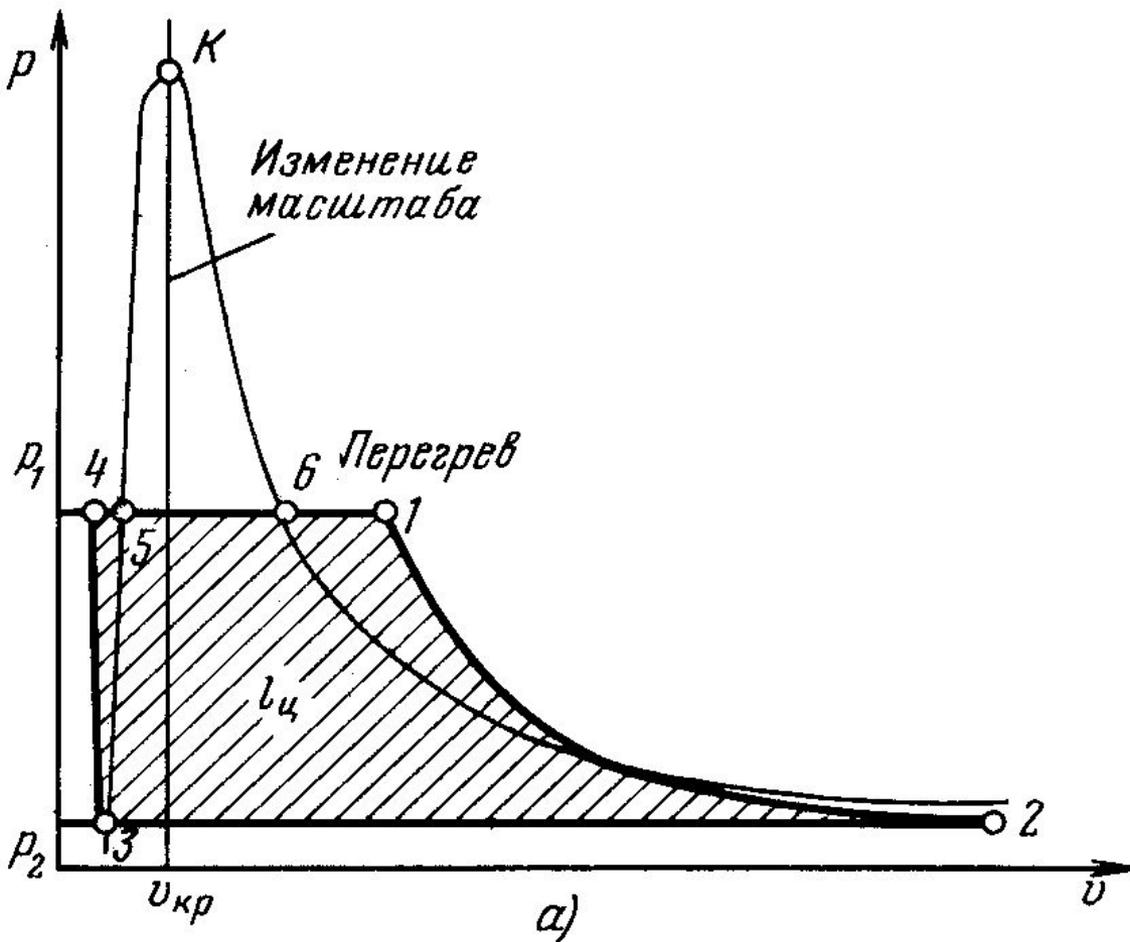
Цикл паротурбинных установок

Цикл Ренкина насыщенного пара



Цикл паротурбинных установок

Цикл Ренкина на перегретом паре



Цикл паротурбинных установок

Показатели паротурбинных установок

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1}$$

Для изобарного процесса:

$$q_1 = i_1 - i_4 \qquad q_2 = i_2 - i_3$$

$$\eta_t = 1 - \frac{i_2 - i_3}{i_4 - i_1}$$

При $p_1=9,8$ МПа и $p_2=3,9$ кПа :

$t_1, \text{ }^\circ\text{C}$	350	400	500	600
$\eta_t, \%$	40,5	41	42,5	44,5

Парогазовые циклы

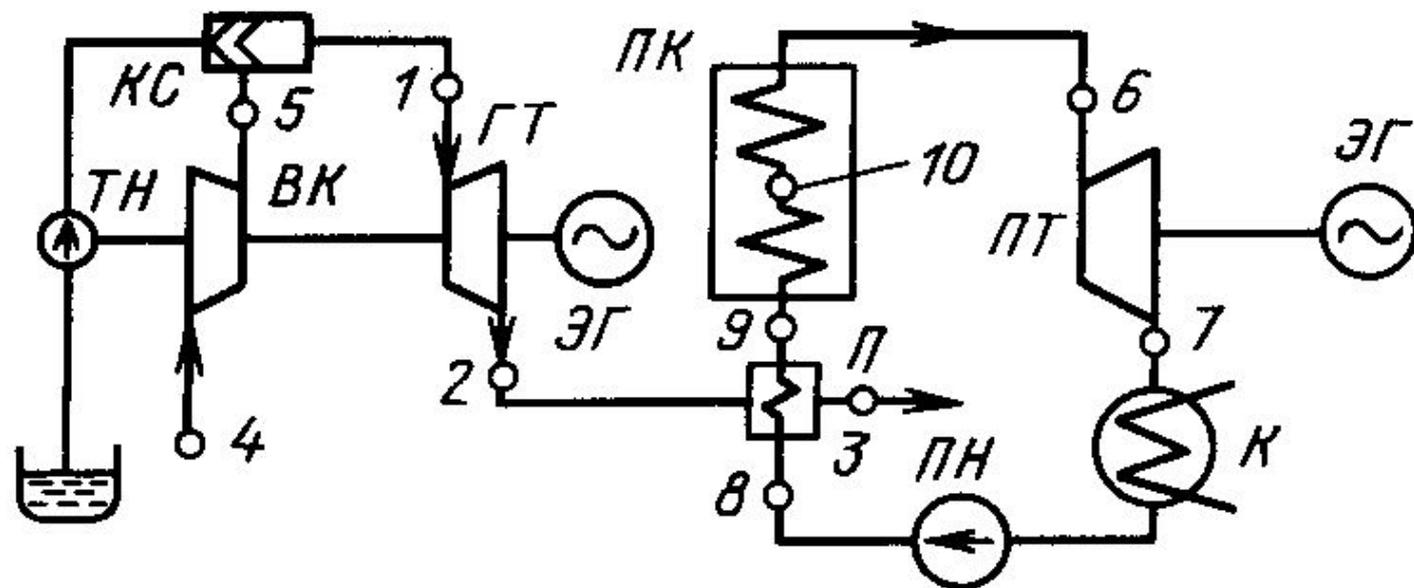


Схема простейшей парогазовой установки:

ГТ — газовая турбина; *ЭГ* — электрогенератор;
ПК — паровой котел; *ПН* — питательный насос;
К — конденсатор; *ПТ* — паровая турбина; *ВК* —
воздушный компрессор; *КС* — камера сгорания;
ТН — топливный насос; *П* — подогреватель

Парогазовые циклы

