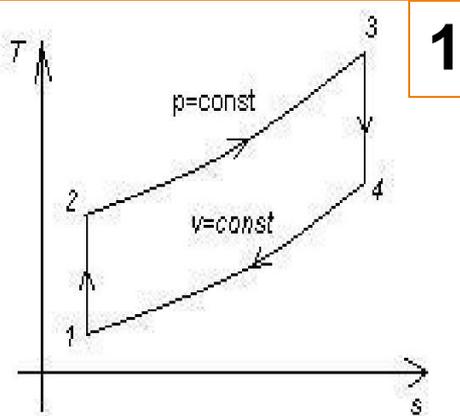
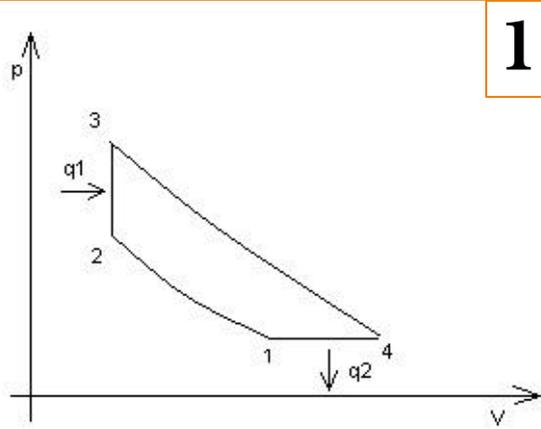


Термодинамика (часть 2)

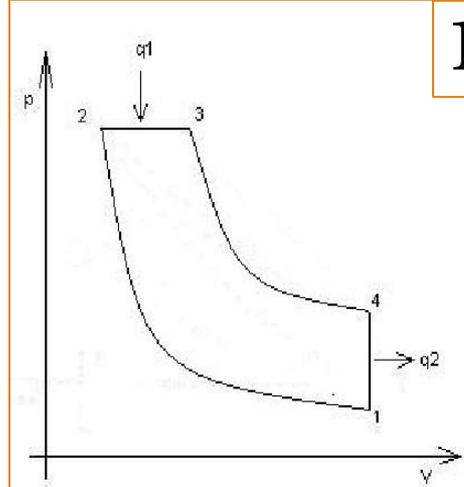
Тема лекции:
**Паротурбинные
установки (ПТУ)**



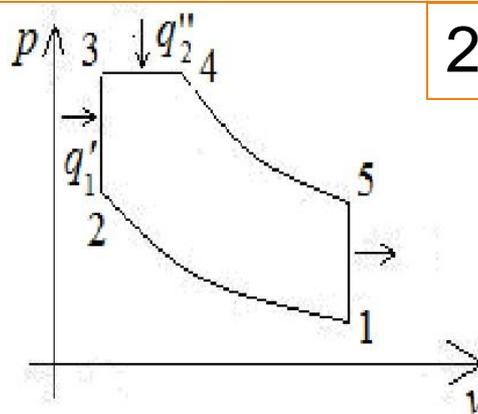
1



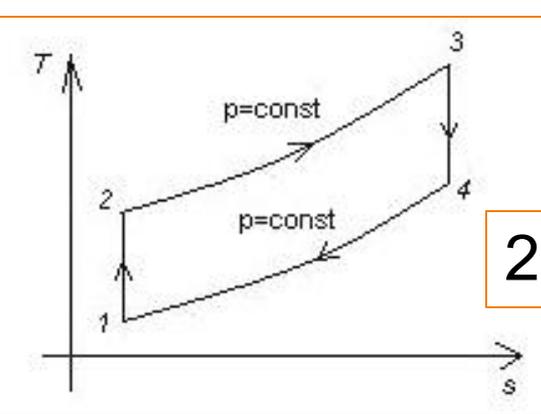
1



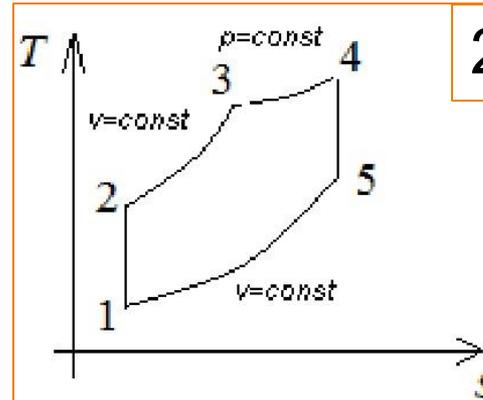
1



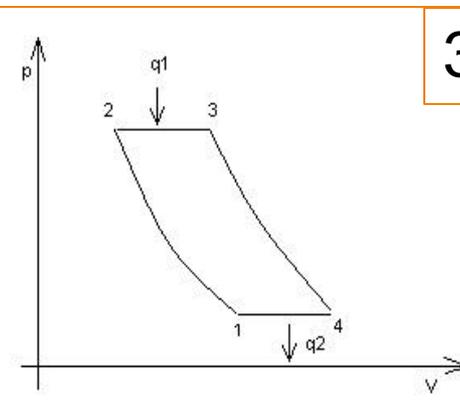
2



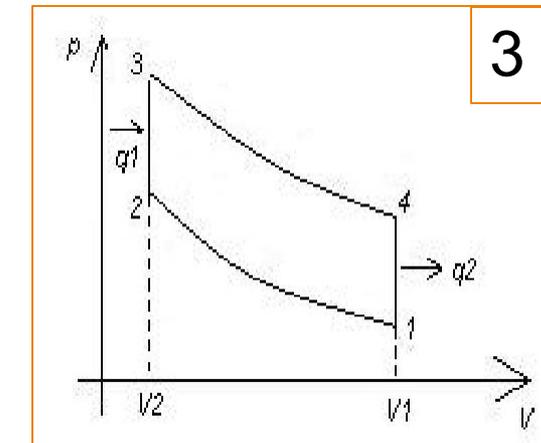
2



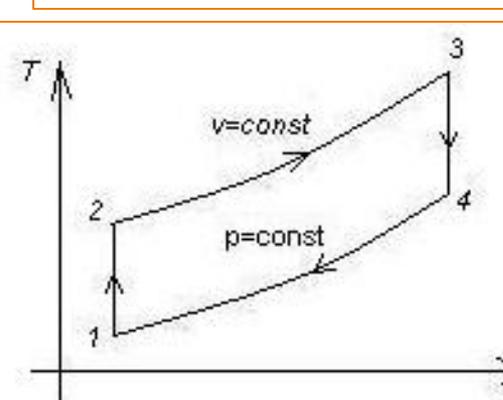
2



3



3



3

Требования к свойствам наиболее удобного рабочего тела:

- рабочее тело должно обеспечивать более высокий коэффициент заполнения цикла. Для этого рабочее тело должно иметь меньшую изобарную теплоемкость в жидком состоянии, более высокие критические параметры,
- свойства рабочего тела должны быть такими, чтобы верхняя температура при достаточно высоком коэффициенте заполнения цикла обеспечивалась при не слишком высоком давлении пара, т.к. высокое давление приводит к усложнению установки,
- рабочее тело должно быть недорогим, не должно быть токсичным, агрессивным в отношении конструкционных материалов.

Бинарные циклы

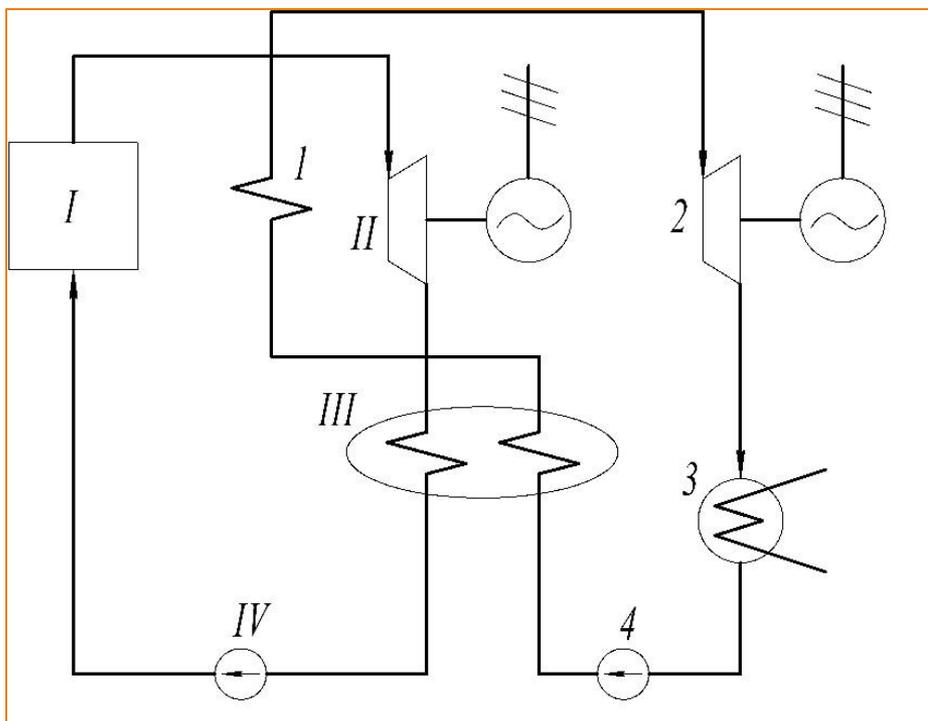
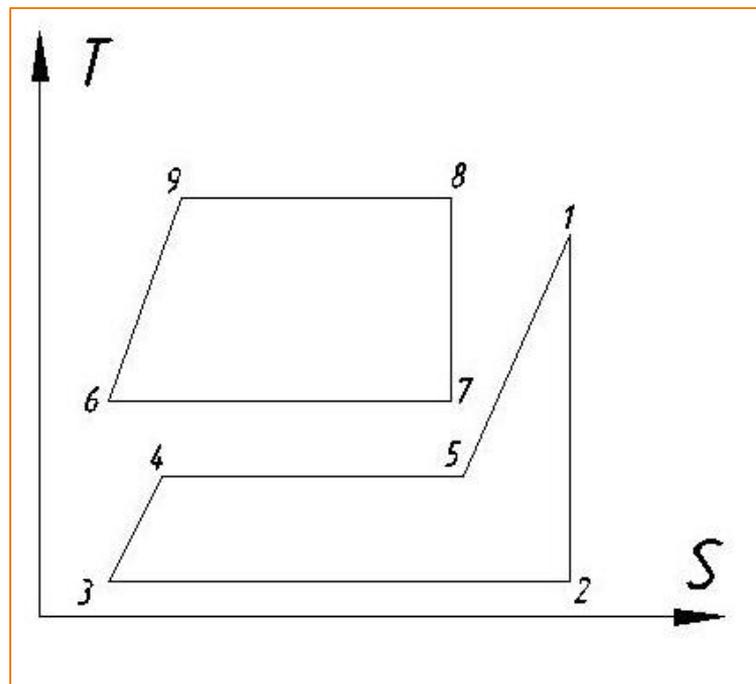


Схема установки:

- I – ртутный котел,
- II - ртутная турбина,
- III – конденсатор-испаритель,
- IV – ртутный насос,
- 1 - пароперегреватель
- 2 – паровая турбина,
- 3 – конденсатор,
- 4 – насос.

T-s - диаграмма



Цикл 1-2-3-4-5-1
приведен для 1 кг
водяного пара

Цикл 8-7-6-9-8 для
 m кг ртутного пара.

3-4 – подогрев воды до кипения
при постоянном давлении,

4-5 – изобарно-изотермический процесс испарения воды,

5-1 – изобарный перегрев пара,

1-2 – адиабатное расширение пара в турбине,

2-3 – конденсация пара при постоянном давлении,

8-7 – адиабатный процесс расширения в ртутной турбине,

7-6 отвод тепла от конденсирующегося ртутного пара в
конденсаторе испарителя,

6-9-8 – изобарный процесс подвода тепла к ртути в ртутном котле

Соотношение расходов ртути и воды определяется из соотношения

$$m = \frac{h_1^B - h_3^B}{r^{PT}} \frac{1}{\eta_{к.и.}}$$

где $\eta_{к.и.}$ - КПД конденсатора-испарителя, учитывающий тепловые потери этого аппарата.

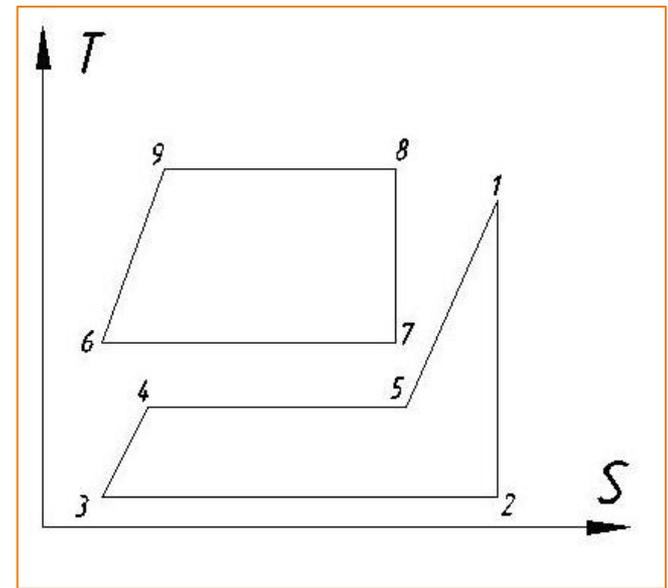
Термический КПД бинарного цикла

$$\eta_t^{бин} = \frac{ml^{PT} + l^B}{mq_1^{PT} + q_1^B}$$

Замечание:

- это тепло затрачиваемое на перегрев пара

как $q_1^B = h_1^B - h_3^B$ так нагрев воды до кипения и испарение воды осуществляется за счет тепла, отдаваемого конденсирующимся ртутным паром.



Парогазовая установка

Парогазовая установка — электрогенерирующая станция, служащая для производства электроэнергии.

Преимущества ПГУ:

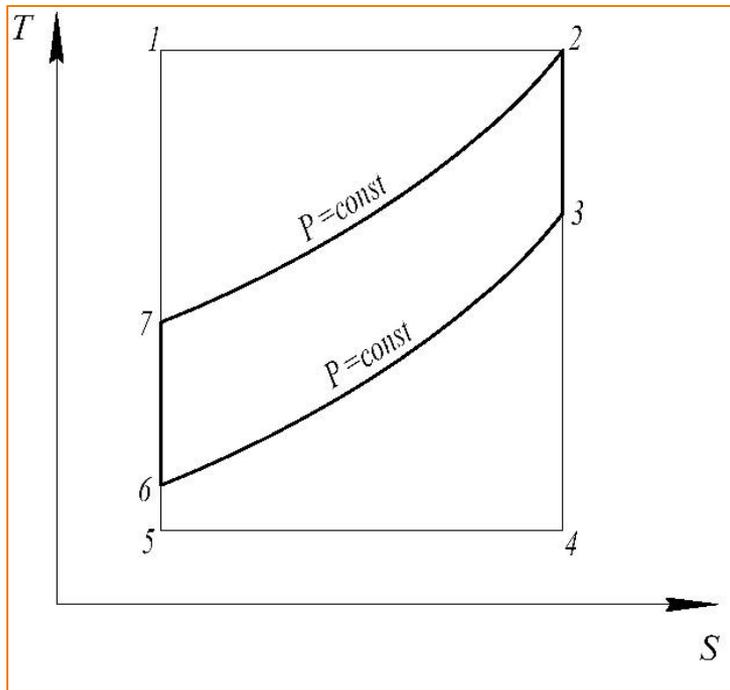
- Парогазовые установки позволяют достичь электрического КПД более 50 %.
- Низкая стоимость единицы установленной мощности
- Парогазовые установки потребляют существенно меньше воды на единицу вырабатываемой электроэнергии по сравнению с паросиловыми установками
- Короткие сроки возведения (9-12 мес.)
- Нет необходимости в постоянном подвозе топлива ж/д или морским транспортом
- Компактные размеры
- Более экологически чистые в сравнении с паротурбинными установками.

Недостатки ПГУ:

- Низкая единичная мощность оборудования (160—972,1 МВт на 1 блок), в то время как современные ТЭС имеют мощность блока до 1200 МВт, а АЭС 1200—1600 МВт.
- Необходимость осуществлять фильтрацию воздуха используемого для сжигания топлива.

Идеальный парогазовый цикл - цикл температуры рабочих тел при подводе и отводе теплоты постоянны и равны температурам соответствующих теплоисточников.

Идеальный парогазовый цикл



1-2 – изотермический подвод теплоты к газу от горячего источника;

2-3 – адиабатное расширение газа;

3-6 – изобарный отвод теплоты от газа;

6-1 – сжатие газа;

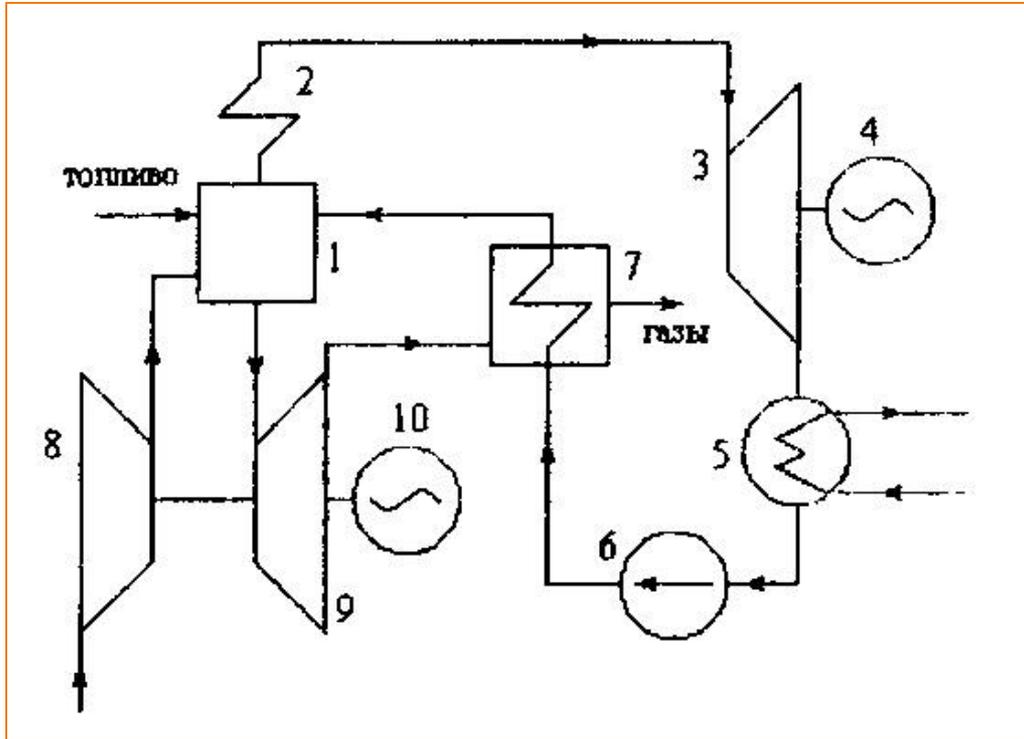
3-4 – адиабатное расширение пара;

4-5 – изотермический отвод теплоты в холодный источник от водяного пара;

5-6 – адиабатное сжатие воды;

6-3 – изобарный подвод теплоты к пару.

Схема парогазовой установки



- 1 - парогенератор,
- 2 - пароперегреватель,
- 3 - паровая турбина,
- 4 - электрический генератор, соединенный с паровой турбиной,
- 5 - конденсатор,
- 6 - питательный насос,

- 7 - газовойодяной подогреватель,
- 8 - компрессор для подачи сжатого воздуха в парогенератор,
- 9 - газовая турбина,
- 10 - электрогенератор, соединенный с газовой турбиной.

1-2-3-4-5-6-1 –

паровой цикл

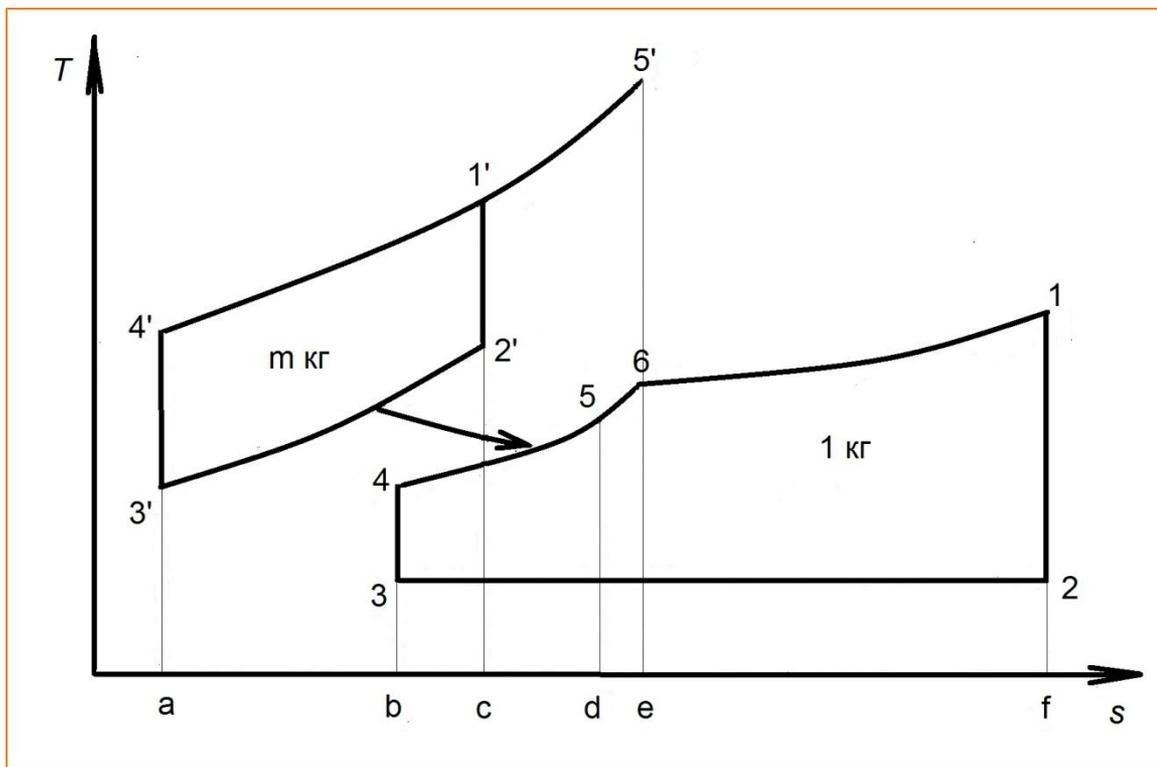
1'-2'-3'-4' – газовый

цикл

Количество теплоты,
подведенное в

парогенераторе –

площадь **a-4'-5'-e-a**.



Количество теплоты в паровой части –

площадь

c-1'-5'-e-c

Количество теплоты в газовой части –

площадь

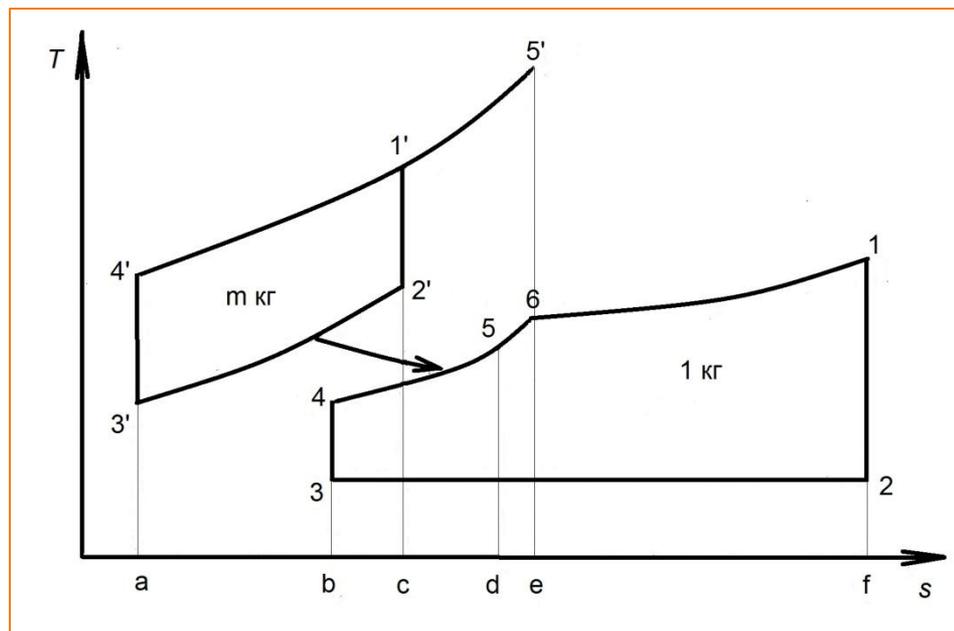
a-4'-1'-c-a.

Удельная полезная работа
пароводяного цикла

$$l_B = (h_1 - h_2) \eta_{\text{ПТ}} - \frac{(h_4 - h_3)}{\eta_H}$$

газового цикла

$$l_T = m(h_{1'} - h_{2'}) \eta_{\text{ГТ}} - \frac{(h_{4'} - h_{3'})}{\eta_K}$$



Удельное количество теплоты, полученное обоими
рабочими телами в теоретическом цикле

$$q_1 = m(h_{1'} - h_{4'}) + (h_1 - h_5)$$

КПД $\eta_t = \frac{l_{\text{ц}}}{q_1}$, тогда

$$\eta_t = \frac{(h_1 - h_2) + m(h_{1'} - h_{2'}) - (h_4 - h_3) - (h_{4'} - h_{3'})}{m(h_{1'} - h_{4'}) + (h_1 - h_5)}$$