

Министерство образования и науки Республики Казахстан
ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Д.СЕРИКБАЕВА

А.Т Жапарова

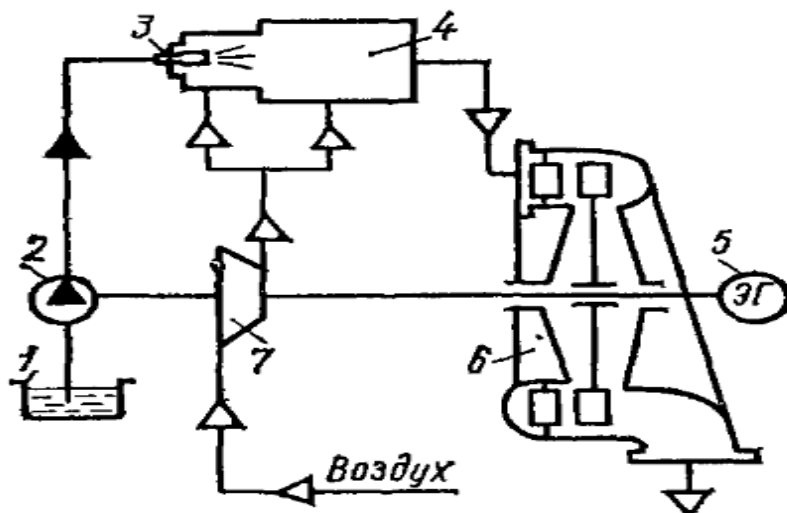
ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

Курс лекции для студентов специальности 050717 «Теплоэнергетика» для
дневной формы обучения

Усть-Каменогорск
2016

Циклы газотурбинных установок

На рис 25 представлена схема наиболее распространенного типа газотурбинной установки со сгорание топлива при *постоянном давлении*.



1 – топливный бак, 2 – топливный насос, 3 – клапан, 4 – камера сгорания, 5 – электрогенератор, 6 – турбина, 7 – компрессор.

Рисунок 25 – Газотурбинная установка со сгорание топлива при постоянном давлении

Компрессор К, расположенный на одном валу с газовой турбины Т, всасывает воздух из атмосферы и сжимает его до заданного давления. Сжатый в компрессоре воздух поступает в камеру сгорания КС, туда же топливным насосом ТН подается жидкое горючее. Сгорание происходит при постоянном давлении. Из камеры сгорания газы поступают в сопла С, из которых Нои большой скоростью поступают на рабочие лопатки Л турбины и приводят во вращение ее ротор. Отработавшие газы через выпускной патрубок П выпускают в атмосферу.

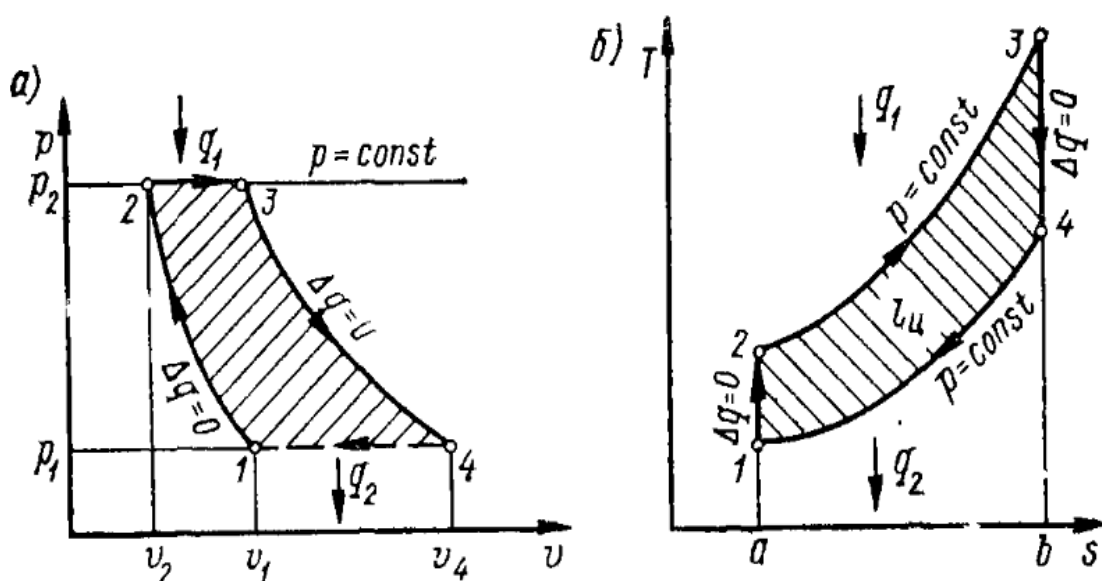


Рисунок 26 – Теоретический цикл газотурбинной установки со сгорание топлива при постоянном давлении: а) на $p-v$ диаграмме; б) на $T-s$ диаграмме

На рис 26 дан теоретический цикл газотурбинной установки со сгорание топлива при постоянном давлении. Как видно из этого рисунка, циклы состоят из двух адиабат и двух изохор. Линия 1-2 изображает процесс адиабатного сжатия в компрессоре, 2-3 изобарный подвод тепла (сгорание топлива), 3-4 адиабатное расширение в газовой турбине, 4-1 условный изобарный процесс, замыкающий цикл.

Термический к.п.д. цикла:

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

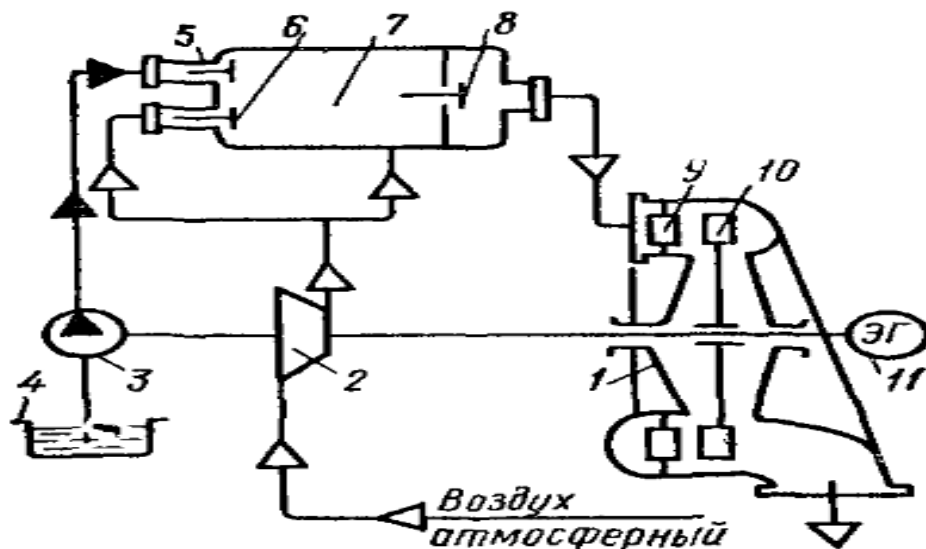
или

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

где $\varepsilon = \frac{v_1}{v_2}$ - степень сжатия

$\lambda = \frac{p_2}{p_1}$ - степень повышения давления

На рис 27, 28 представлена схема газотурбинной установки со сгорание топлива при *постоянном объеме*.



1 – турбина, 2 – компрессор, 3- топливный насос, 4 – топливный бак, 5 – клапан (форсунки), 6 – управляемый лапан, 7 – камера сгорания, 8 – сопловой клапан, 9 – сопло, 10 – лопатки турбины, 11 – электрогенератор.

Рисунок 27 – Газотурбинная установка со сгорание топлива при постоянном объеме

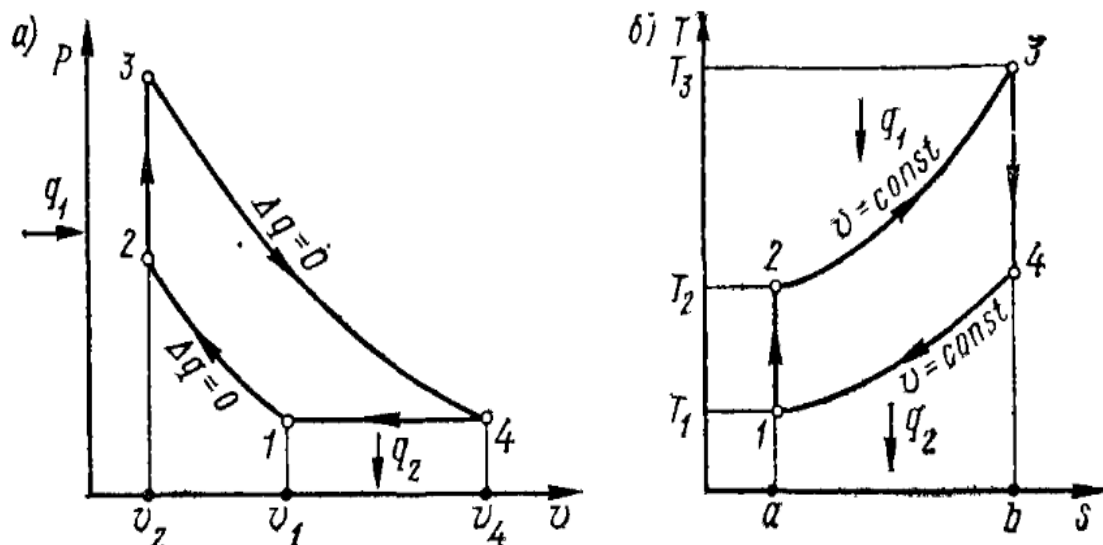


Рисунок 28 – Теоретический цикл газотурбинной установки со сгорание топлива при постоянном объеме: а) на $p-v$ диаграмме; б) на $T-s$ диаграмме

В компрессоре К происходит адиабатное сжатие воздуха линия 1-2 рис 28. Сжатый воздух попадает в камеру сгорания КС, куда одновременно топливным насосом ТН подается жидкое топливо. Сгорание происходит при постоянном объеме и закрытых клапанах. Воспламенение горючей смеси производится от электрической свечи ЭС. Продукты сгорания через выпускной клапан камеры, поступают в сопла С, где адиабатно расширяются линия 3-4 рис 28. Далее газы с большой скоростью поступают на рабочие лопатки Л турбины тем самым приводят во вращения ее ротор. Отработавшие газы через выпускной патрубок П выпускают в атмосферу. Цикл замыкается условным изобарным процессом линия 4-1 рис 28.

Термический к.п.д. цикла:

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

где

$$\lambda = \frac{p_3}{p_2}$$

Та как уходящие из газовой турбины продукты сгорания имеют достаточно высокую температуру, то для повышения экономичности газотурбинного агрегата вводят понятие регенерация. Регенерация это предварительный подогрев сжатого в компрессоре воздуха за счет тепла уходящих газов. Термический к.п.д. цикла газовой турбины при наличии регенерации больше, чем термический к.п.д. турбины без регенерации.

Если все располагаемое тепло отработавших газов используется для подогрева воздуха, то такой цикл газовой турбины называют цикл с предварительной регенерацией.

Циклы газовой турбины с подводом тепла при постоянном давлении и регенерацией изображен на рис 29, а цикл турбины с подводом тепла при объеме давлении и регенерацией изображен на рис 30.

Регенерация – использование теплоты отходящих газообразных продуктов сгорания для подогрева поступающего топлива.

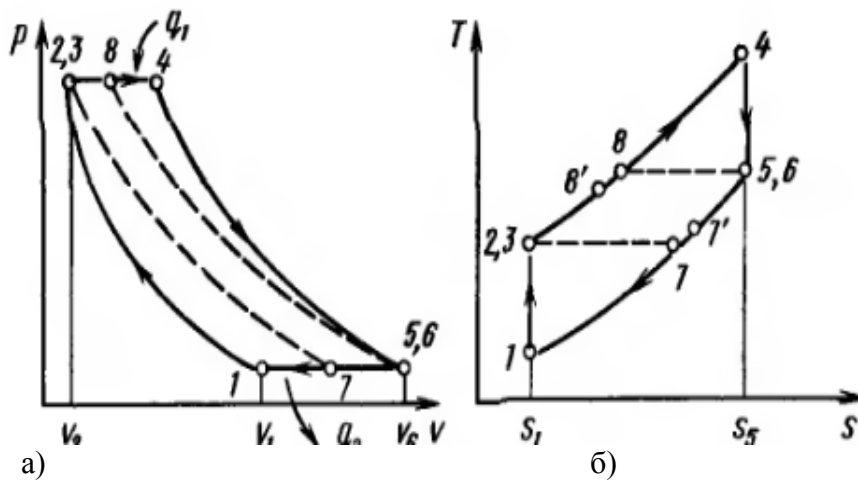


Рисунок 29 – Цикл газовой турбины с подводом тепла при постоянном давлении и регенерацией: а) на $p-v$ диаграмме; б) на $T-s$ диаграмме

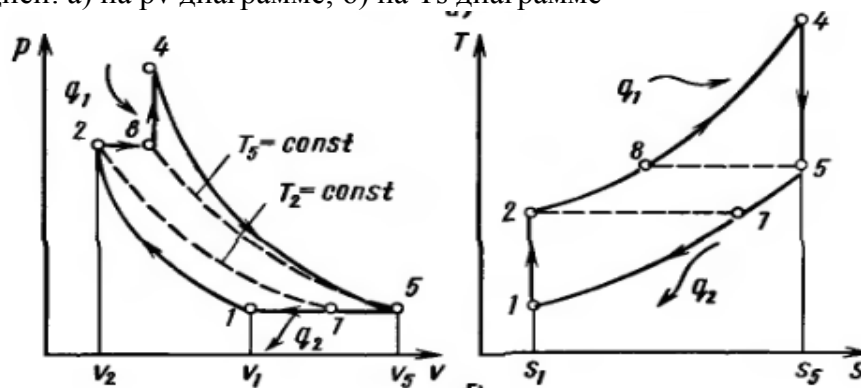


Рисунок 30 – Цикл газовой турбины с подводом тепла при объеме давлении и регенерацией: а) на $p-v$ диаграмме; б) на $T-s$ диаграмме

В обоих циклах линии 2-3 изображает изобарный подогрев сжатого воздуха в регенераторе, а линии 5-6 изобарное охлаждение продуктов сгорания в регенераторе.

Термический к.п.д. цикла турбины с подводом тепла при постоянном давлении и с предельной (полной) регенерацией и адиабатным сжатием:

$$\eta_t^{pe} = 1 - \frac{T_1}{T_5}$$

Термический к.п.д. цикла турбины с подводом тепла при постоянном давлении и с предельной (полной) регенерацией и адиабатным сжатием:

$$\eta_t = 1 - \frac{\frac{k-1}{k} T_1 (\lambda^{\frac{k-1}{k}} - 1)}{T_5 (\lambda^{k-1} - 1)}$$