

## 2 ЗАДАНИЯ НА ПРАКТИКУ

### 2.1 Газотурбинные установки

#### 2.1.1 Пример решения

##### Исходные данные

Газотурбинная установка работает по циклу с подводом теплоты при постоянном давлении  $\lambda=7$ ,  $\varepsilon=2,8$ ; начальное состояние воздуха определяется давлением  $p_a=0,8$  бар, и температура  $t_a=-12^\circ\text{C}$ . Процесс сжатия и расширения могут производиться по адиабате или по политропе с показателем  $n=1,3$ . Рассчитать оба цикла, (смотреть рисунок 2.1)

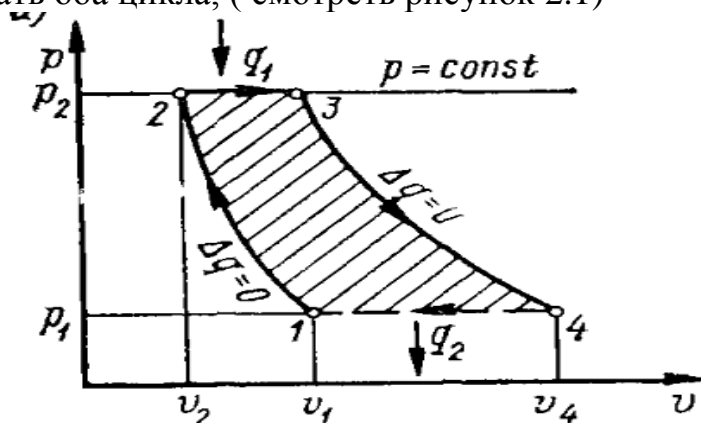


Рисунок 2.1 – Теоретический цикл газотурбинной установки со сгорание топлива при постоянном давлении

где точка 1, 2, 3, 4 соответствуют а, с, з, е.

Решение:  $p_a=0,8$  бар,  $T_a=261\text{K}$ ,

$p_a \times v_a = T_a \times R$  где  $v_a = (T_a \times R) / p_a = (261 \times 287) / (0,8 \times 10^5) = 0,936 \text{ м}^3/\text{кг}$

$\lambda = p_2/p_1 = 7$        $\varepsilon = v_3/v_2 = 2,8$

$p_c = p_2 = \lambda \times p_1 = 7 \times 0,8 = 5,6$  бар

$v_3 = v_2 \times \varepsilon = 0,936 \times 2,8 = 2,621 \text{ м}^3/\text{кг}$

1) Адиабатный цикл: по формулам адиабаты рассчитав получим

$$\frac{T_c}{T_a} = \left( \frac{p_c}{p_a} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad T_c = T_a \times \left( \frac{p_c}{p_a} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad T_c = 261 \times \left( \frac{5,6 \times 10^5}{0,8 \times 10^5} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 455 \text{ K}$$

$v_c = (T_c \times R) / p_c = (455 \times 287) / (5,6 \times 10^5) = 0,233 \text{ м}^3/\text{кг}$

$p_c = p_z = 5,6$  бар, так как с-з изобарный процесс

$T_z = (v_z \times T_c) / v_c = (0,652 \times 455) / 0,233 = 1274 \text{ K}$

$$\frac{T_e}{T_z} = \left( \frac{p_e}{p_z} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad T_e = T_z / \left( \frac{p_e}{p_z} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad T_e = 1274 / \left( \frac{0,8 \times 10^5}{5,6 \times 10^5} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 731 \text{ K}$$

проверка  $v_z = (T_z \times R) / p_z = (1274 \times 287) / (5,6 \times 10^5) = 0,652 \text{ м}^3/\text{кг}$

$p_a = p_e = 0,8$  бар, так как е-а изобарный процесс

$$v_e = (T_e \times R) / p_e = (731 \times 287) / (0,8 \times 10^5) = 2,622 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Полученные результаты:

$$p_c = 5,6 \text{ бар}, T_c = 455 \text{ К}, v_c = 0,233 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$p_z = 5,6 \text{ бар}, T_z = 1274 \text{ К}, v_z = 0,652 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$p_e = 0,8 \text{ бар}, T_e = 731 \text{ К}, v_e = 2,622 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$s_z - s_c = 1,034 \text{ кДж}/(\text{кг} \times \text{град})$$

*Определяем подводимую теплоту*

$$q_1 = c_p(T_z - T_c) - c_v(T_e - T_z)$$

$$q_1 = 1,004(1275 - 455) - 0,2387(731 - 11275) = 822,3 \text{ кДж}/\text{кг}$$

*Определяем отводимую теплоту*

$$q_2 = c_p(T_e - T_a) - c_v(T_a - T_c)$$

$$q_2 = 1,004(731 - 261) - 0,2387(261 - 455) = 471,9 \text{ кДж}/\text{кг}$$

*Работа цикла*

$$l_{\text{ц}} = q_1 - q_2 = 822,3 - 471,9 = 350,4 \text{ кДж}/\text{кг}$$

*Термический кпд*

$$\eta_t = l_{\text{ц}} / q_1 = 350,4 / 822,3 = 0,426$$

2) *Полиτροпный цикл* (для политропного процесса используем те же формулы, что и в адиабатном, но показатель политропы 1,3) точка 1, 2, 3, 4 соответствуют а, с, z, е:

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

$$p_c = 5,6 \text{ бар}, T_c = 409 \text{ К}, v_c = 0,210 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$p_z = 5,6 \text{ бар}, T_z = 1145 \text{ К}, v_z = 0,588 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$p_e = 0,8 \text{ бар}, T_e = 731 \text{ К}, v_e = 2,620 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$c = c_v \times (n - k) / (n - 1) = -0,2387 \text{ кДж}/(\text{кг} \times \text{град})$$

*Определяем подводимую теплоту*

$$q_1 = c_p(T_z - T_c) - c_v(T_e - T_z)$$

$$q_1 = 1,004(1145 - 49) - 0,2387(731 - 1145) = 837,7 \text{ кДж}/\text{кг}$$

*Определяем отводимую теплоту*

$$q_2 = c_p(T_e - T_a) - c_v(T_a - T_c)$$

$$q_2 = 1,004(731 - 261) - 0,2387(261 - 409) = 500,1 \text{ кДж}/\text{кг}$$

*Работа цикла*

$$l_{\text{ц}} = q_1 - q_2 = 837,7 - 500,1 = 337,6 \text{ кДж}/\text{кг}$$

*Термический кпд*

$$\eta_t = l_{\text{ц}} / q_1 = 337,6 / 837,7 = 0,402$$

## 2.1.2 Задания по вариантам

### Вариант 1

*Исходные данные*

Цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении характеризуется температурами  $t_a=37^\circ\text{C}$  и  $t_z=950^\circ\text{C}$ ; степень сжатия  $\lambda=5$ , а начальное давление равно 1 ат. Сжатие воздуха производится осевым компрессором по адиабате. Определить работу компрессора, полную и полезную работу (работу цикла) турбины и термический КПД, (смотреть рисунок 2.1)

#### Вариант 2

##### *Исходные данные*

Газотурбинная установка работает по циклу с подводом теплоты при постоянном давлении  $\lambda=9$ ,  $\varepsilon=2,8$ ; начальное состояние воздуха определяется давлением  $p_a=1,2\text{бар}$ , и температура  $t_a=25^\circ\text{C}$ . Процесс сжатия и расширения могут производиться по адиабате или по политропе с показателем  $n=1,2$ . Рассчитать оба цикла, (смотреть рисунок 2.1)

#### Вариант 3

##### *Исходные данные*

ГТУ работает по циклу с подводом тепла при постоянном давлении;  $\lambda=5$ , степень предварительного расширения  $r=3$ . Начальное состояние рабочего газа - азота определяется давлением  $p_a=0,8\text{бар}$  и  $t_a=-10^\circ\text{C}$ . Рассчитать этот цикл а) без регенерации и б) с полной регенерацией, сравнить их термическое КПД, (смотреть рисунок 2.1).

#### Вариант 4

##### *Исходные данные*

ГТУ работает по циклу с подводом тепла при постоянном давлении; начальное состояние воздуха  $p_a=1,2\text{бар}$  и  $t_a=20^\circ\text{C}$ ; давление в камере сгорания  $p_c=p_z=6\text{бар}$ , температура газа после подвода теплоты  $t_z=1000^\circ\text{C}$ . Рассчитать цикл без регенерации теплоты и выявить влияние регенерации при  $\sigma=25, 50, 75\%$  и полной; найти количества теплоты, передаваемые в регенераторе, и температуру воздуха по выходе из регенератора, (смотреть рисунок 2.1).

#### Вариант 5

##### *Исходные данные*

Цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении характеризуется температурами  $t_a=17^\circ\text{C}$  и  $t_z=1000^\circ\text{C}$ ; степень сжатия  $\lambda=7$ , а начальное давление равно 2 ат. Сжатие воздуха производится осевым компрессором по адиабате. Определить работу компрессора, полную и полезную работу (работу цикла) турбины и термический КПД, (смотреть рисунок 2.1)

## Вариант 6

### *Исходные данные*

Газотурбинная установка работает по циклу с подводом теплоты при постоянном давлении  $\lambda=5$ ,  $\varepsilon=3$ ; начальное состояние воздуха определяется давлением  $p_a=2,2$  бар, и температура  $t_a=15^\circ\text{C}$ . Процесс сжатия и расширения могут производиться по адиабате или по политропе с показателем  $n=1,3$ . Рассчитать оба цикла, (смотреть рисунок 2.1).

## Вариант 7

### *Исходные данные*

ГТУ работает по циклу с подводом тепла при постоянном давлении;  $\lambda=9$ , степень предварительного расширения  $\rho=2,8$ . Начальное состояние рабочего газа - азота определяется давлением  $p_a=2$  бар и  $t_a=-25^\circ\text{C}$ . Рассчитать этот цикл а) без регенерации и б) с полной регенерацией, сравнить их термическое кпд, (смотреть рисунок 2.1).

## Вариант 8

### *Исходные данные*

ГТУ работает по циклу с подводом тепла при постоянном давлении; начальное состояние воздуха  $p_a=0,6$  бар и  $t_a=-5^\circ\text{C}$ ; давление в камере сгорания  $p_c=p_z=4,2$  бар, температура газа после подвода теплоты  $t_z=900^\circ\text{C}$ . Рассчитать цикл без регенерации теплоты и выявить влияние регенерации при  $\sigma=25, 50, 75\%$  и полной; найти количества теплоты, передаваемые в регенераторе, и температуру воздуха по выходе из регенератора, (смотреть рисунок 2.1).

## Вариант 9

### *Исходные данные*

Цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении характеризуется температурами  $t_a=-15^\circ\text{C}$  и  $t_z=1000^\circ\text{C}$ ; степень сжатия  $\lambda=11$ , а начальное давление равно 0,8 ат. Сжатие воздуха производится осевым компрессором по адиабате. Определить работу компрессора, полную и полезную работу (работу цикла) турбины и термический кпд, (смотреть рисунок 2.1)

## Вариант 10

### *Исходные данные*

Газотурбинная установка работает по циклу с подводом теплоты при постоянном давлении  $\lambda=7$ ,  $\varepsilon=3,2$ ; начальное состояние воздуха определяется давлением  $p_a=2$  бар, и температура  $t_a=-15^\circ\text{C}$ . Процесс сжатия и расширения

могут производиться по адиабате или по политропе с показателем  $n=1,1$ .  
Рассчитать оба цикла, ( смотреть рисунок 2.1)

#### Вариант 11

##### *Исходные данные*

ГТУ работает по циклу с подводом тепла при постоянном давлении;  $\lambda=7$ , степень предварительного расширения  $\rho=3$ . Начальное состояние рабочего газа - азота определяется давлением  $p_a=1,8$ бар и  $t_a=10^\circ\text{C}$ . Рассчитать этот цикл а) без регенерации и б) с полной регенерацией, сравнить их термическое кпд, ( смотреть рисунок 2.1).

#### Вариант 12

##### *Исходные данные*

ГТУ работает по циклу с подводом тепла при постоянном давлении; начальное состояние воздуха  $p_a=2$ бар и  $t_a=-20^\circ\text{C}$ ; давление в камере сгорания  $p_c=p_z=8$ бар, температура газа после подвода теплоты  $t_z=950^\circ\text{C}$ . Рассчитать цикл без регенерации теплоты и выявить влияние регенерации при  $\sigma=25, 50, 75\%$  и полной; найти количества теплоты, передаваемые в регенераторе, и температуру воздуха по выходе из регенератора, ( смотреть рисунок 2.1).