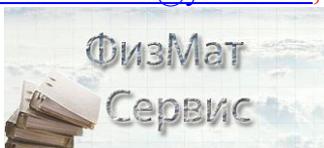


Если вам необходима помощь в решение задач по высшей математике, статистике, теории вероятностей (сложность не имеет значения), информатике, физике, химии, экономике, сопромату, теоретической, строительной, технической механике, гидравлике обращайтесь <http://fizmatservis.narod.ru>, тел. 8-906-966-70-28, Icq: 447-624-701,  
E-mail: [matematik555@yandex.ru](mailto:matematik555@yandex.ru), Дмитрий



### Задача №1

Рассмотреть цикл газотурбинной установки с изобарным подводом и отводом тепла. Рассчитать термический КПД цикла. Ввести характеристики работы цикла.

### Решение:

На рис.1 дана схема простейшей газотурбинной установки со сгоранием топлива при постоянном давлении. Топливным насосом 5 и компрессором 4 топливо и воздух через форсунки 6 и 7 поступают в камеру сгорания 1. Из камеры продукты сгорания направляются в комбинированные сопла 2, где они расширяются, и поступают на лопатки газовой турбины 3.

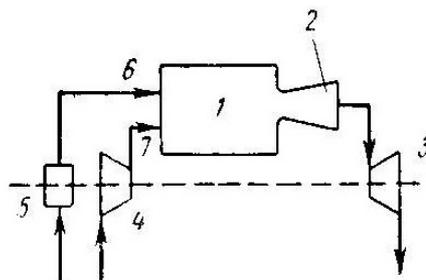


Рис.1

На рис.2 представлен идеальный цикл ГТУ на PV и TS диаграммах.

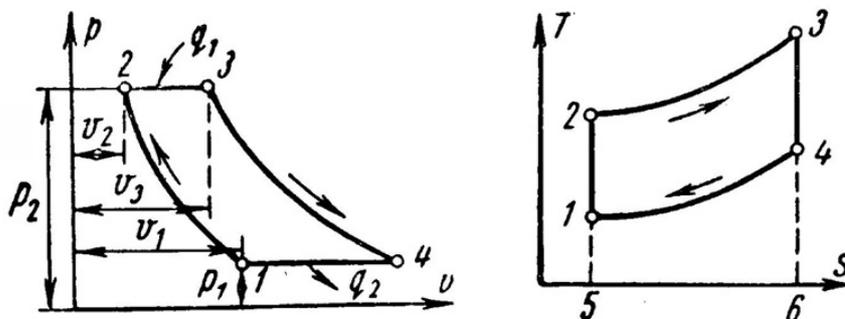


Рис.2

- 1-2 - адиабатное сжатие до давления  $P_2$ ;
- 2-3 – подвод теплоты  $q_1$  при постоянном давлении  $P_2$  (сгорание топлива);

Задачи и контрольные скачаны с сайта компании **ФизМатСервис** -  
<http://fizmatservis.narod.ru>

Если вам необходима помощь в решение задач по высшей математике, статистике, теории вероятностей (сложность не имеет значения), информатике, физике, химии, экономике, сопромату, теоретической, строительной, технической механике, гидравлике обращайтесь <http://fizmatservis.narod.ru>, тел. 8-906-966-70-28, Иср: 447-624-701,  
E-mail: [matematik555@yandex.ru](mailto:matematik555@yandex.ru), Дмитрий



3-4 – адиабатное расширение до первоначального давления  $P_1$ ;

4-1 – охлаждение рабочего тела при постоянном давлении  $P_1$  (отвод теплоты  $q_2$ );

Характеристиками работы цикла являются:

степень повышения давления в компрессоре –  $\beta = \frac{P_2}{P_1}$ ;

степень изобарного расширения –  $\rho = \frac{v_3}{v_2}$ .

Количество подводимой теплоты:

$$q_1 = c_p(T_3 - T_2);$$

отводимого тепла:

$$q_2 = c_p(T_4 - T_1),$$

где  $c_p$  – изобарная теплоемкость.

Определим термический КПД цикла:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{c_p(T_4 - T_1)}{c_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}.$$

Выразим температуры в точках цикла через начальную температуру рабочего тела  $T_1$ .

для адиабаты 1-2

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \beta^{\frac{k-1}{k}}; \quad T_2 = T_1 \beta^{\frac{k-1}{k}};$$

для изобары 2-3

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{v_3}{v_2} = \rho; \quad T_3 = T_2 \rho = T_1 \beta^{\frac{k-1}{k}} \cdot \rho;$$

для адиабаты 3-4

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{P_4}{P_3}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{P_1}{P_1 \beta}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \frac{1}{\beta^{\frac{k-1}{k}}};$$

Если вам необходима помощь в решение задач по высшей математике, статистике, теории вероятностей (сложность не имеет значения), информатике, физике, химии, экономике, сопромату, теоретической, строительной, технической механике, гидравлике обращайтесь <http://fizmatservis.narod.ru>, тел. 8-906-966-70-28, Иср: 447-624-701,  
E-mail: [matematik555@yandex.ru](mailto:matematik555@yandex.ru), Дмитрий



$$T_4 = T_3 \frac{1}{\beta^{\frac{k-1}{k}}} = T_1 \beta^{\frac{k-1}{k}} \cdot \rho \frac{1}{\beta^{\frac{k-1}{k}}} = T_1 \rho.$$

Подставим полученные выражения в уравнение для термического КПД:

$$\eta_t = 1 - \frac{T_1 \rho - T_1}{T_1 \beta^{\frac{k-1}{k}} \cdot \rho - T_1 \beta^{\frac{k-1}{k}}} = 1 - \frac{\rho - 1}{\beta^{\frac{k-1}{k}} (\rho - 1)};$$
$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\beta^{\frac{k-1}{k}}}.$$

Таким образом, термический К.П.Д. газотурбинной установки с изобарным подводом теплоты зависит от степени повышения давления  $\beta$  и от показателя адиабаты  $k$ , возрастая с увеличением этих величин.

### Задача №2

Требуется сжать  $1,5 \text{ м}^3$  воздуха от давления  $0,1 \text{ МПа}$  и температуры  $17^\circ\text{C}$  до давления  $0,7 \text{ МПа}$  и температуры  $100^\circ\text{C}$ . Найти показатель политропы и работу сжатия.

### Решение:

По условию задачи

$$P_1=0,1\text{МПа}; P_2=0,7\text{МПа}; T_1=17+273=290\text{К}; T_2=100+273=373\text{К}; V_1=1,5\text{м}^3.$$

Для политропного процесса:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}};$$

$$\frac{373}{290} = \left( \frac{0,7}{0,1} \right)^{\frac{n-1}{n}}; \quad 1,286 = 7^{\frac{n-1}{n}}; \text{отсюда}$$

Задачи и контрольные скачаны с сайта компании **ФизМатСервис** -  
<http://fizmatservis.narod.ru>

Если вам необходима помощь в решение задач по высшей математике, статистике, теории вероятностей (сложность не имеет значения), информатике, физике, химии, экономике, сопромату, теоретической, строительной, технической механике, гидравлике обращайтесь <http://fizmatservis.narod.ru>, тел. 8-906-966-70-28, Иср: 447-624-701,  
E-mail: [matematik555@yandex.ru](mailto:matematik555@yandex.ru), Дмитрий



$$\frac{n-1}{n} = \frac{\lg 1,286}{\lg 7} = 0,13; \quad n = \frac{1}{1-0,13} = 1,149 - \text{показатель политропы.}$$

Конечный объем воздуха найдем из выражения:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^n; \quad \text{отсюда:}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{\sqrt[n]{\frac{P_2}{P_1}}} = \frac{1,5}{\sqrt[1,149]{\frac{0,7}{0,1}}} = 0,276 \text{ м}^3.$$

Затраченная работа:

$$L = \frac{P_1 V_1}{n-1} \left[ 1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{n-1} \right] = \frac{0,1 \cdot 10^6 \cdot 1,5}{1,149-1} \left[ 1 - \left(\frac{1,5}{0,276}\right)^{1,5-1} \right] = -288818 \text{ Дж} = -288,8 \text{ кДж.}$$

### Задача №3

Определить параметры узловых точек цикла ДВС с изохорным подводом теплоты, если дано начальное давление 0,1 МПа, начальная температура 17°C, степень сжатия 4, степень повышения давления 3,5, показатель адиабаты 1,41.

#### Решение:

Цикл ДВС с изохорным подводом теплоты состоит из двух адиабат и двух изохор (рис.3).

По условию задачи имеем:

$$P_1 = 0,1 \text{ МПа}; \quad T_1 = 17+273 = 290 \text{ К}; \quad \varepsilon = \frac{v_1}{v_2} = 4; \quad \lambda = \frac{P_3}{P_2} = 3,5; \quad k = 1,41.$$

Если вам необходима помощь в решение задач по высшей математике, статистике, теории вероятностей (сложность не имеет значения), информатике, физике, химии, экономике, сопромату, теоретической, строительной, технической механике, гидравлике обращайтесь <http://fizmatservis.narod.ru>, тел. 8-906-966-70-28, Иср: 447-624-701, E-mail: [matematik555@yandex.ru](mailto:matematik555@yandex.ru), Дмитрий

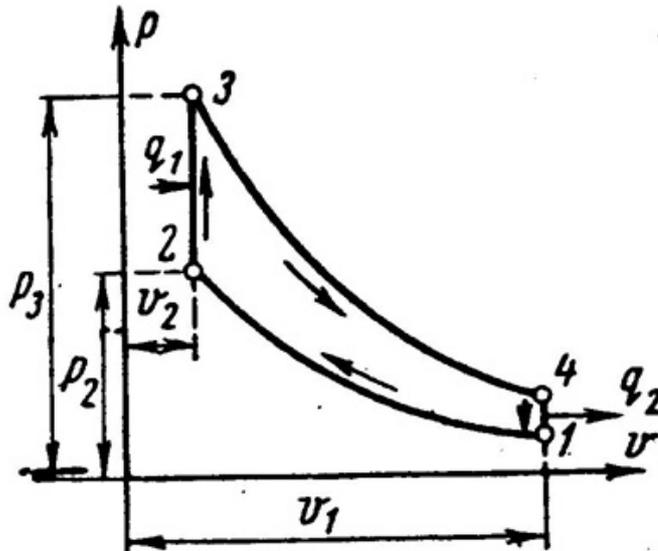


Рис.3

Точка 1.

$$P_1 = 0,1 \text{ МПа}; \quad t_1 = 17^\circ\text{C};$$

Удельный объем определим из уравнения состояния:

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{287 \cdot 290}{0,1 \cdot 10^6} = 0,83 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Точка 2. Процесс 1-2 – адиабатное сжатие.

$$v_2 = \frac{v_1}{\varepsilon} = \frac{0,83}{4} = 0,21 \text{ м}^3/\text{кг};$$

Температура в конце адиабатного сжатия определяется из соотношения:

$$T_2 = T_1 \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1} = 290 \cdot 4^{0,41} = 512 \text{ К}, \quad t_2 = 512 - 273 = 239^\circ\text{C};$$

Давление в точке 2 определим из уравнения состояния:

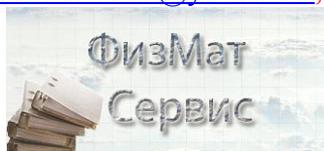
$$P_2 = \frac{RT_2}{v_2} = \frac{287 \cdot 512}{0,21} = 0,7 \cdot 10^6 \text{ Па} = 0,7 \text{ МПа}.$$

Точка 3. Процесс 2-3 изохорный.

$$v_3 = v_2 = 0,21 \text{ м}^3/\text{кг};$$

Температуру и давление в точке 3 найдем из соотношений для изохорного процесса:

Если вам необходима помощь в решение задач по высшей математике, статистике, теории вероятностей (сложность не имеет значения), информатике, физике, химии, экономике, сопромату, теоретической, строительной, технической механике, гидравлике обращайтесь <http://fizmatservis.narod.ru>, тел. 8-906-966-70-28, Иср: 447-624-701,  
E-mail: [matematik555@yandex.ru](mailto:matematik555@yandex.ru), Дмитрий



$$P_3 = P_2 \lambda = 0,7 \cdot 3,5 = 2,45 \text{ МПа};$$

$$T_3 = T_2 \lambda = 512 \cdot 3,5 = 1792 \text{ К}, \quad t_3 = 1792 - 273 = 1519^\circ\text{С}.$$

Точка 4. Процесс 3-4 – адиабатное расширение.

$$v_4 = v_1 = 0,83 \text{ м}^3/\text{кг};$$

Температура в конце адиабатного расширения определяется из соотношения:

$$T_4 = T_3 \left( \frac{v_3}{v_4} \right)^{k-1} = T_3 \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{k-1} = 1519 \cdot \frac{1}{4^{0,41}} = 860 \text{ К}, \quad t_4 = 860 - 273 = 587^\circ\text{С}.$$

Давление в конце адиабатного расширения определим из соотношения параметров в изохорном процессе (4-1):

$$P_4 = P_1 \frac{T_4}{T_1} = 0,1 \frac{587}{290} = 0,2 \text{ МПа}.$$

Термический КПД цикла:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = 1 - \frac{1}{4^{0,41}} = 0,43 = 43\%.$$

#### Задача №4

1 кг перегретого водяного пара с давлением 5 МПа и температурой 380°C сначала дросселируется в вентиле до промежуточного давления 0,2 МПа, а затем расширяется адиабатно до конечного давления 0,004 МПа. Определить параметры за вентилем, увеличение энтропии и теплоперепад при адиабатном расширении.

#### Решение:

По условию задачи имеем:

$$P_1 = 5 \text{ МПа} = 5 \text{ бар}; t_1 = 380^\circ\text{С}; P_2 = 0,2 \text{ МПа} = 2 \text{ бар}; P_k = 0,004 \text{ МПа} = 0,04 \text{ бар}.$$

При дросселировании пара энтальпия в начальном и конечном состоянии одинакова, т.е.

Задачи и контрольные скачаны с сайта компании **ФизМатСервис** -  
<http://fizmatservis.narod.ru>

Если вам необходима помощь в решение задач по высшей математике, статистике, теории вероятностей (сложность не имеет значения), информатике, физике, химии, экономике, сопромату, теоретической, строительной, технической механике, гидравлике обращайтесь <http://fizmatservis.narod.ru>, тел. 8-906-966-70-28, Иср: 447-624-701,  
E-mail: [matematik555@yandex.ru](mailto:matematik555@yandex.ru), Дмитрий



$$h_1 = h_2 .$$

По диаграмме  $hs$  водяного пара находим точку, соответствующую начальным параметрам пара, и проводим через нее линию постоянной энтальпии до пересечения с изобарой  $P_2=2$ бар. Получаем точку, характеризующую промежуточное состояние пара:

$$t_2 = 338^\circ\text{C}; h_2 = h_1 = 3149 \text{ кДж/кг}; s_2 = 8,05 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{град)}.$$

Далее пар расширяется адиабатно, т.е.

$$s_2 = s_k, \text{ увеличение энтропии равно } 0.$$

Из второй точки на диаграмме  $hs$  водяного пара проводим линию постоянной энтропии (адиабату) до пересечения с изобарой  $P_k = 0,04$ бар. Получаем точку, характеризующую конечное состояние пара:

$$\text{пар влажный}; s_k = s_2 = 8,05 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{град)}; t_k = 29^\circ\text{C}; h_k = 2432 \text{ кДж/кг}; x_k = 0,95.$$

Темперопад при адиабатном расширении:

$$q = h_k - h_2 = 2432 - 3149 = -717 \text{ кДж/кг}.$$

### Задача №5

Определить, сколько теплоты передается ежечасно через стенки картера двигателя, если толщина стенок 5,5 мм, площадь поверхности стенок 0,6 м<sup>2</sup>, температура внутренней поверхности 75°C, наружной 68°C, а средний коэффициент теплопроводности стенок 175 Вт/(мК).

### Решение:

Количество теплоты, передаваемое через стенки картера двигателя в час:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F (t_{cm}' - t_{cm}''),$$

где  $\lambda = 175$  Вт/(мК) – коэффициент теплопроводности;

$\delta = 0,0055$  м – толщина стенок;

$F = 0,6$  м<sup>2</sup> – площадь поверхности стенок;

Задачи и контрольные скачаны с сайта компании **ФизМатСервис** -  
<http://fizmatservis.narod.ru>

Если вам необходима помощь в решение задач по высшей математике, статистике, теории вероятностей (сложность не имеет значения), информатике, физике, химии, экономике, сопромату, теоретической, строительной, технической механике, гидравлике обращайтесь <http://fizmatservis.narod.ru>, тел. 8-906-966-70-28, Исq: 447-624-701,  
E-mail: [matematik555@yandex.ru](mailto:matematik555@yandex.ru), Дмитрий



$t_{cm}^{\prime} = 75^{\circ} C$  - температура внутренней поверхности стенки;

$t_{cm}^{\prime\prime} = 68^{\circ} C$  - температура наружной поверхности стенки;

$$Q = \frac{175}{0,0055} 0,6 \cdot (75 - 68) = 133,6 \text{ кВт.}$$