

План занятия:

1. Циклы тепловых машин
2. Задачи

1. ЦИКЛЫ ТЕПЛОВЫХ МАШИН

Основные соотношения для расчёта параметров термодинамических процессов в циклах тепловых машин:

Политропный процесс

Показатель политропы: n ;

Основное свойство: $p v^n = \text{const}$; $T v^{n-1} = \text{const}$; $p^{1-n} T^n = \text{const}$;

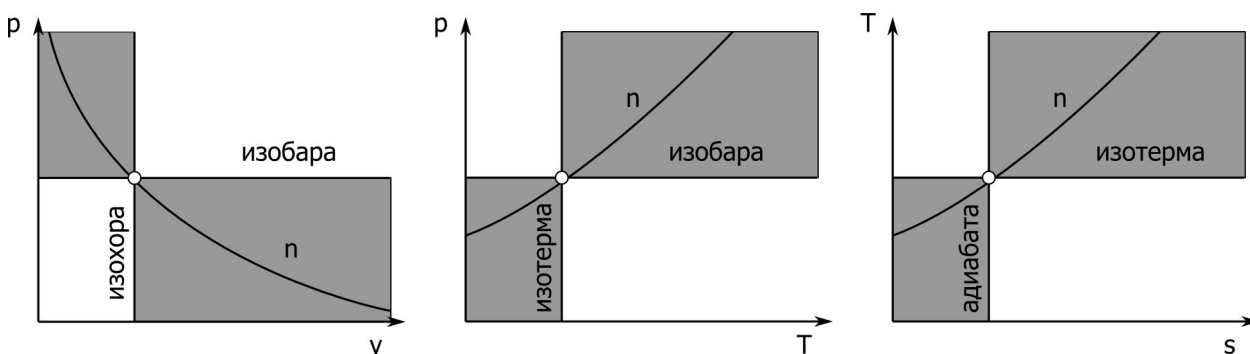
$$\text{Работа в процессе: } l = \frac{p_2 v_2 - p_1 v_1}{1-n} ; \quad l = \frac{R(T_2 - T_1)}{1-n} ; \quad l = \frac{RT_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] ;$$

$$\text{Теплоёмкость процесса: } c_\phi = c_v \frac{n-k}{n-1} ;$$

$$\text{Теплота процесса: } q = c_v \frac{n-k}{n-1} (T_2 - T_1) ;$$

$$\text{Изменение энтропии в процессе: } \Delta s = c_v \frac{n-k}{n-1} \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) .$$

Изображение на $p v$, $T s$ и $p T$ - диаграммах:



Адиабатный процесс

$$\text{Показатель адиабаты: } k = \frac{c_p}{c_v} ;$$

Основное свойство: $p v^k = \text{const}$; $T v^{k-1} = \text{const}$; $p^{1-k} T^k = \text{const}$;

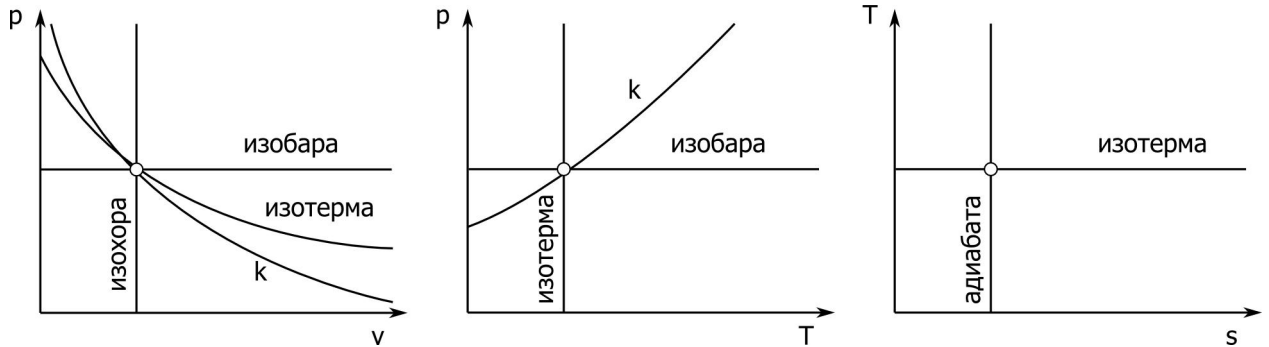
$$\text{Работа в процессе: } l = \frac{p_2 v_2 - p_1 v_1}{1-k} ; \quad l = \frac{R(T_2 - T_1)}{1-k} ; \quad l = \frac{RT_1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] ;$$

$$\text{Теплоёмкость процесса: } c = 0 ;$$

Теплота процесса: $q = 0$;

Изменение энтропии в процессе: $\Delta s = 0$.

Изображение на pV , Ts и pT - диаграммах:



Изобарный процесс

Основное свойство: $p = \text{const}$; $v/T = \text{const}$;

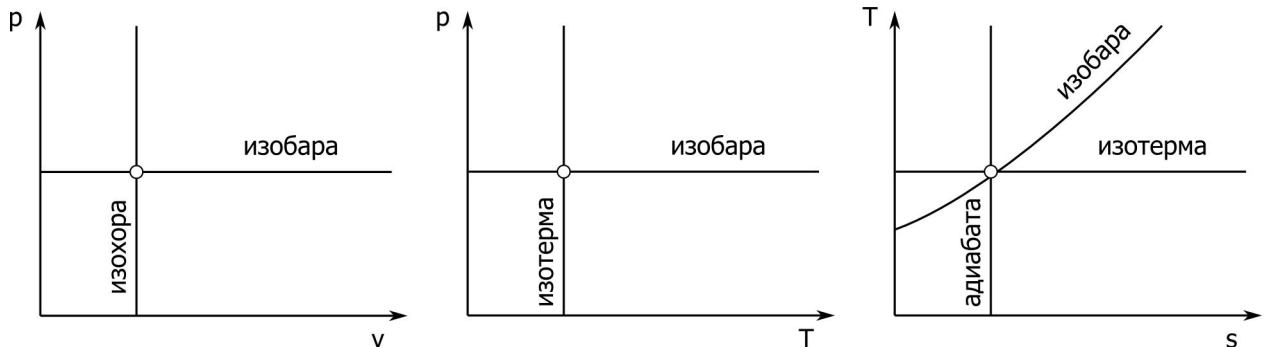
Работа в процессе: $l = p(v_2 - v_1)$; $l = R(T_2 - T_1)$;

Теплоёмкость процесса: c_p ;

Теплота процесса: $q = c_p (T_2 - T_1)$;

Изменение энтропии в процессе: $\Delta s = c_p \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$; $\Delta s = c_p \ln \left(\frac{v_2}{v_1} \right)$.

Изображение на pV , Ts и pT - диаграммах:



Изохорный процесс

Основное свойство: $v = \text{const}$; $p/T = \text{const}$;

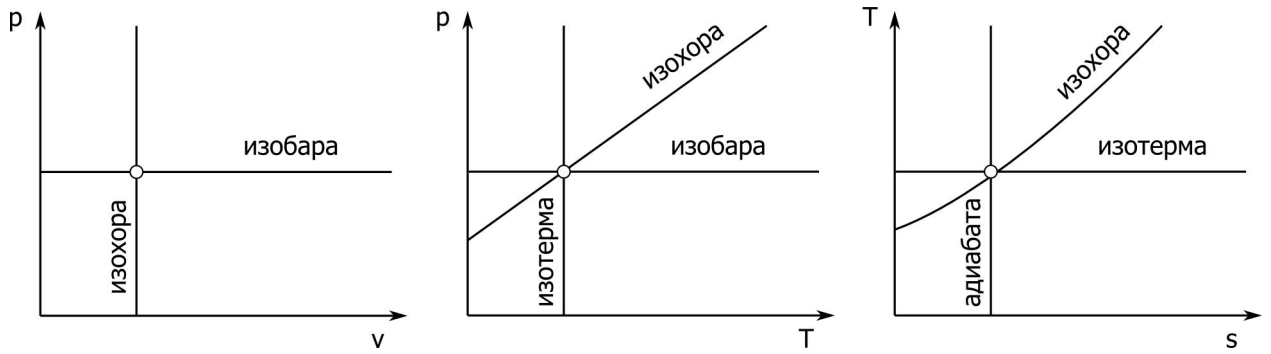
Работа в процессе: $l = 0$;

Теплоёмкость процесса: c_v ;

Теплота процесса: $q = c_v (T_2 - T_1)$;

Изменение энтропии в процессе: $\Delta s = c_v \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$; $\Delta s = c_v \ln \left(\frac{p_2}{p_1} \right)$.

Изображение на pV , Ts и pT - диаграммах:



Изотермический процесс

Основное свойство: $T = \text{const}$; $pv = \text{const}$;

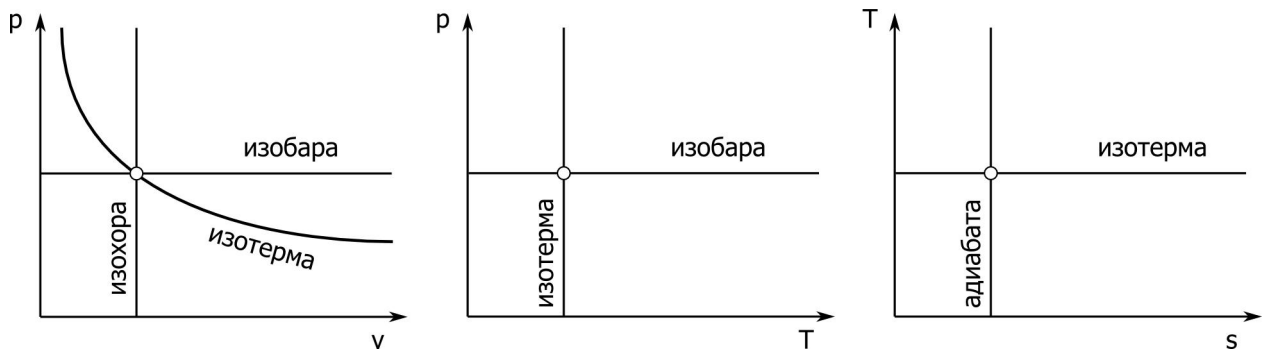
Работа в процессе: $l = RT \ln \left(\frac{v_2}{v_1} \right)$; $l = RT \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$;

Теплоёмкость процесса: $c = \pm \infty$;

Теплота процесса: $q = l$;

Изменение энтропии в процессе: $\Delta s = R \ln \left(\frac{v_2}{v_1} \right)$; $\Delta s = R \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$.

Изображение на pv , Ts и pT - диаграммах:



Общие соотношения для термодинамических циклов

Внутренняя энергия¹: $u = c_v (T - 273,15)$;

Энтальпия: $h = c_p (T - 273,15)$;

Балансы термодинамических величин в обратимом и равновесном термодинамическом цикле: $\Sigma u = 0$; $\Sigma h = 0$; $\Sigma \Delta s = 0$.

Подведённая теплота: $q_1 = \Sigma q$ при $q > 0$; отведённая теплота $q_2 = \Sigma q$ при $q < 0$.

Термический КПД цикла определяется формулой²:

$$\eta = \frac{q_1 - q_2}{q_1}$$

Работа цикла: $l_{\text{ц}} = \Sigma l$; $l_{\text{ц}} = q_1 - q_2$.

¹ За ноль энтальпии и внутренней энергии принимают их значения при 0°C .

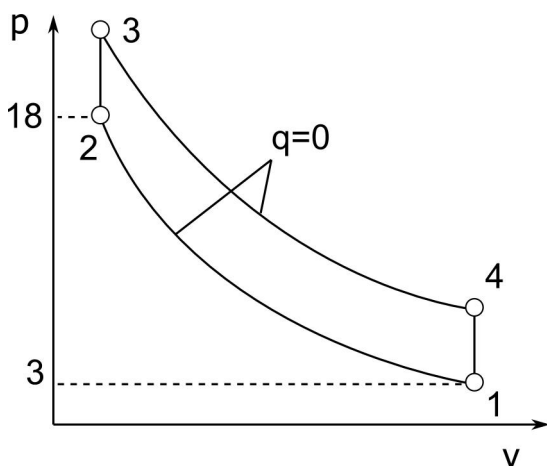
² q берутся по абсолютному значению

Во всех задачах расчет следует вести для воздуха со следующими характеристиками: показатель адиабаты - $k = 1,41$; теплоёмкость при постоянном давлении - $c_p = 998$ Дж/(кг·град); теплоёмкость при постоянном объёме - $c_v = 707$ Дж/(кг·град), газовая постоянная - $R = 291$ Дж/(кг·град); молекулярная масса - $\mu = 29$ кг/кмоль.

2. ЗАДАЧИ

Задача №1

Пример задания на расчетно-графическую работу:



$$p_1 = 3 \text{ Бар}$$

$$p_2 = 18 \text{ Бар}$$

$$t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 330 \text{ }^\circ\text{C}$$

Вариант №30

Для заданного газового цикла, отнесённого к одному килограмму воздуха, требуется:

- определить давление, температуру, удельный объём, внутреннюю энергию, энтальпию газа в каждой точке цикла;
- для каждого процесса, составляющего цикл, определить удельную теплоёмкость, изменение внутренней энергии, изменение энтальпии и энтропии газа, теплоту и работу процесса;
- расчётным путём определить теплоту и работу цикла, термический КПД;
- определить теплоту и работу цикла, термический КПД графически и сравнить с расчётным значением.

Объём работы: 8 - 12 листов формата А4.

Расчётно-графическая работа должна быть выполнена с применением современных вычислительных средств. Расчёты параметров цикла и графическое построение должно выполняться с применением соответствующих пакетов программ, лицензированных по коммерческим: Excel, MathCAD и др. или свободным лицензиям Calc (OpenOffice), Maxima, Inkscape, Paint.Net и др. Итоговый отчёт должен быть представлен в виде распечатки файла, подготовленного в редакторе Word или Writer (OpenOffice).