

Задача 10-2

Все современные двигатели внутреннего сгорания (ДВС) подразделяются на две основные группы:

1. Двигатели, в которых используется цикл с подводом тепла при постоянном объеме $v = \text{const}$ (цикл Отто).
2. Двигатели, в которых используется цикл с подводом тепла при постоянном давлении $p = \text{const}$ (цикл Дизеля).

Исследование работы реального поршневого двигателя является сложной теоретической и экспериментальной задачей. Поэтому вам предстоит рассмотреть их упрощенные модели.

Так как в термодинамике исследуются лишь идеальные обратимые циклы, то для исследования цикла ДВС примем следующие допущения: рабочее тело – идеальный газ с постоянной теплоемкостью; количество рабочего тела постоянно; между рабочим телом и источниками теплоты имеет место бесконечно малая разность температур; подвод теплоты к рабочему телу производится не за счет сжигания топлива, а от внешних источников теплоты. То же самое справедливо и для отвода теплоты.

0. Уравнение адиабаты

Для исследования термодинамических циклов Вам понадобится уравнение адиабаты: $p \cdot V^k = \text{const}$, где $k = \frac{c_p}{c_v}$ — показатель адиабаты, c_p, c_v — изобарная и изохорная теплоемкости газа. Получите уравнение адиабаты в координатах pT и VT .

1. Цикл Отто

Рассмотрим идеальный термодинамический цикл ДВС с изохорным подводом теплоты. Цикл в pV координатах представлен на рис. 1. Идеальный газ с начальными параметрами p_1, V_1, T_1 сжимается по адиабате 1-2. В изохорном процессе 2-3 рабочему телу от внешнего источника теплоты передается количество теплоты q_1 . В адиабатном процессе 3-4 рабочее тело расширяется до первоначального объема $V_4 = V_1$. В изохорном процессе 4-1 рабочее тело возвращается в исходное состояние с отводом от него теплоты q_2 в теплоприемник. Характеристиками цикла являются:

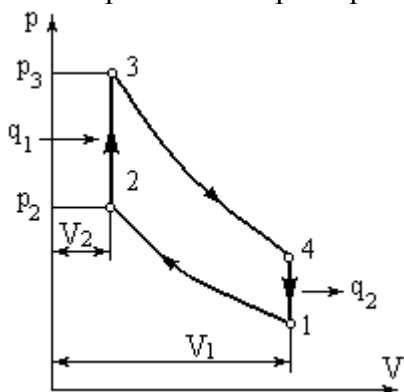


Рисунок 3.

Идеальный термодинамический цикл ДВС с изохорным подводом теплоты

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2}$$

— Степень сжатия

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

— Степень повышения давления;

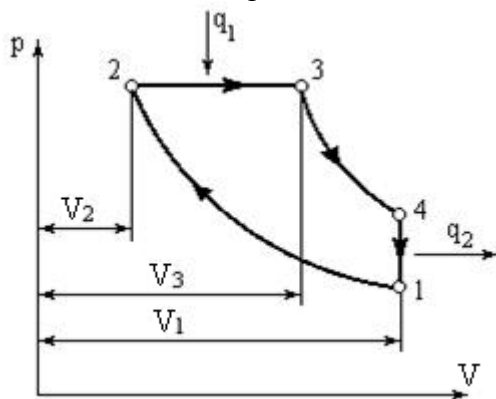
Определите:

- 1.1 Параметры p, V, T в точках цикла 2, 3, 4 через параметры $p_1, V_1, T_1, \varepsilon, \lambda, k$.
- 1.2 Термический КПД цикла, выразив его через параметры ε, λ, k .

2. Цикл Дизеля

В таких двигателях топливо сгорает постепенно в процессе такта «рабочий ход», а также осуществляется раздельное сжатие топлива и воздуха. Воздух сжимается в цилиндре, а жидкое топливо распыляется сжатым воздухом от компрессора. Поэтому здесь можно достигать значительно более высоких степеней сжатия. Воздух при высоких давлениях имеет настолько высокую температуру, что подаваемое в цилиндр топливо самовоспламеняется без всяких специальных приспособлений. Раздельное сжатие позволяет применять высокие степени сжатия (до $\varepsilon = 20$), исключая преждевременное самовоспламенение топлива. Постоянство давления при горении топлива обеспечивается соответствующей регулировкой топливной форсунки. Конструкция такого двигателя впервые была разработана немецким инженером Дизелем.

Рассмотрим идеальный цикл двигателя с подводом теплоты при постоянном давлении в pV - диаграмме рис.3. Этот цикл осуществляется следующим образом. Газообразное рабочее тело с начальными параметрами p_1, V_1, T_1 сжимается по адиабате 1-2. В изобарном процессе 2-3 телу сообщается некоторое количество теплоты q_1 . В адиабатном процессе 3-4 происходит расширение рабочего тела до первоначального объема. В изохорном процессе 4-1 рабочее тело возвращается в первоначальное состояние с отводом в теплоприемник теплоты q_2 . Характеристиками цикла являются:



$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} \quad \text{— Степень сжатия}$$

$$\rho = \frac{V_3}{V_2} \quad \text{— Степень предварительного расширения}$$

Определите:

2.1 Параметры p, V, T в точках цикла 2, 3, 4 через параметры $p_1, V_1, T_1, \varepsilon, \rho, k$.

2.2 Термический КПД цикла, выразив его через параметры ε, ρ, k .

Рисунок 3.

Идеальный термодинамический цикл ДВС с изобарным подводом теплоты

3. Сравнение циклов Отто и Дизеля

Сравните циклы Отто и Дизеля при одинаковых максимальных и минимальных температурах и давлениях, одинаковых полных объемах цилиндров V_1 . Сравнение выполните, рассмотрев конкретный пример. Полный объем цилиндра для обоих циклов в относительных единицах примите равным $\frac{V_1}{V_0} = 30$. Показатель адиабаты $k = 1,67$.

Степень сжатия для цикла Отто $\varepsilon_v = 5$.

4.1 На подготовленном для Вас бланке постройте графики данных циклов. (На данных бланках указаны изотермы для максимальной и минимальной температур в данных циклах).

4.2 Используя формулы, полученные Вами в пп. 1.2 и 2.2 рассчитайте термический КПД данных циклов.

