

Условие

Задание 11-1. «Кардиограмма» тепловой машины.



В данном задании рассматривается тепловая машина. Помимо традиционных вопросов, в нем рассматриваются временные характеристики данной машины.

Рабочим телом двигателя является одноатомный идеальный газ, который находится в цилиндрическом сосуде под поршнем. В начальном состоянии параметры этого газа известны и равны: объем - V_0 , давление - P_0 , температура - T_0 . При решении задач используются относительные единицы – отношения объема, давления и температуры к соответствующим величинам в начальном состоянии:

$$v = \frac{V}{V_0}, \quad p = \frac{P}{P_0}, \quad \tau = \frac{T}{T_0}. \quad (1)$$

Цикл тепловой машины состоит из 5 этапов, длительность каждого из них равна t_0 . Эту величину можно использовать в качестве единицы времени.

Величины P_0, V_0, T_0, t_0 заданы в единицах системы СИ.

В Листах ответов приведены графики зависимостей объема и температуры газа от времени. Для упрощения вашей работы значения параметров в некоторые моменты времени приведены в Таблице 1. На каждом этапе поршень движется с постоянным ускорением (которое может изменяться при переходе от одного этапа к другому).

Часть 1. Динамика цикла.

1.1 Используя данные Таблицы 1, рассчитайте значения давления $p = \frac{P}{P_0}$, в моменты времени, указанные в этой таблице.

Приведите формулу, по которой проводится расчет давления, численные результаты расчетов занесите в последний столбец Таблицы 1.

Так как поршень движется в цилиндрическом сосуде, то его координата пропорциональна объему газа под поршнем.

1.2 Для каждого этапа цикла запишите закон движения поршня (зависимость объема $v = \frac{V}{V_0}$ от времени) - $v(t)$ и зависимости давления от времени $p(t)$.

Приведите формулы, по которым вы провели расчеты. Окончательные выражения с численными коэффициентами приведите в Таблице 2 листа ответов.

1.3 На бланке в листе ответов постройте график зависимости давления газа $p = \frac{P}{P_0}$ от времени.

1.4 Найдите максимальную мгновенную мощность двигателя $w_{\max}$, укажите момент времени t^* , в который достигается эта мощность. Ответы приведите в единицах системы СИ.

Часть 2. Термодинамика цикла.

2.1 На бланке в листе ответов постройте диаграмму цикла в координатах (p, v) .

2.2 Для каждого этапа цикла рассчитайте: изменение внутренней энергии газа ΔU , совершенную газом работу A , количество полученной теплоты Q . Указанные величины можно выразить в относительных единицах.

Приведите формулы для расчетов указанных величин, результаты расчетов для каждого этапа приведите в Таблице 3.

2.3 Рассчитайте КПД цикла.

2.4 Найдите среднюю за цикл мощность, развиваемую данной тепловой машиной. Ответ приведите в единицах системы СИ.