

Термодинамические циклы

Малашонок В. А.

Белорусский национальный технический университет

Одним из типов заданий, вызывающих серьёзные затруднения, при подготовке к вступительным испытаниям и Централизованному Тестированию являются задачи на расчёт термодинамических циклов, которые требуют использования 1-го закона термодинамики. При этом необходимо развитие навыков определения работы идеального газа, изменения внутренней энергии при переходе из одного состояния в другое, количества теплоты, полученного газом, и КПД цикла.

Пример. Максимальная и минимальная температуры в цикле отличаются в $n = 9,0$ раз. Определить КПД цикла для идеального одноатомного газа.

Решение. Максимальная температура в точке 3 (pV – максимальное), минимальная – в точке 1. Для этих точек имеем $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{n T_1}$; $p_2 V_2 = n p_1 V_1$ (1).

Точки 1 и 3 лежат на одной прямой. Поэтому $\operatorname{tg} \alpha = \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$ (2) и $p_2 = p_1 \frac{V_2}{V_1}$.

Подставляя в уравнение (1), получим

$$p_1 \frac{V_2}{V_1} V_2 = n p_1 V_1; \quad V_2 = V_1 \sqrt{n}.$$

Тогда из того же соотношения (2) имеем $p_2 = p_1 \sqrt{n}$.

КПД цикла $\eta = A_1 / \Delta Q$, где A_1 – работа за цикл.

$A_1 = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) = p_1 (\sqrt{n} - 1) V_1 (\sqrt{n} - 1) = p_1 V_1 (\sqrt{n} - 1)^2$; $\Delta Q = A + \Delta U$, где A – работа газа при расширении по изобаре 2–3;

$$A = p_2 (V_2 - V_1) = p_1 \sqrt{n} V_1 (\sqrt{n} - 1) = p_1 V_1 \sqrt{n} (\sqrt{n} - 1).$$

Изменение внутренней энергии

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} (p_1 V_1 n - p_1 V_1) = \frac{3}{2} p_1 V_1 (n - 1).$$

КПД цикла при $n = 9,0$ составит $\eta = 22\%$.

Ответ: 22%.

