

ННГУ им. Н. И. Лобачевского, ВШОПФ

Лабораторная работа "Определение отношения удельных теплоёмкостей воздуха"

Цель работы:

- Определить отношение удельных теплоёмкостей воздуха

Приборы и оборудование:

- Сосуд с воздухом (объём: 3 л), имеющий клапан
- Компрессор
- Водяной манометр

Теоритическая часть

Исходное **состояние 0**: атмосферное давление $p_a = 97,3 [КПа]$, комнатная температура $T_k = 23^\circ C$, удельный объём ν .

Накачиваем в сосуд воздух: давление повышается до p_1 , температура повышается до T_1 .

По истечении некоторого времени температура опускается до комнатной, а удельный объём повышается до ν_1 .

Получаем **состояние 1**: давление p_1 , температура комнатная, удельный объём ν_1 .

Далее на короткое время открываем клапан (адиабатический процесс).

Получаем **состояние 2**: давление атмосферное, удельный объём ν , температура $T_0 (T_0 < T_a)$.

По истечении некоторого времени температура повысится до комнатной, удельный объём не изменится, а давление возрастёт до p_2 .

Получаем **состояние 3**: атмосферная температура, удельный объём ν , давление p_2 .

Уравнение адиабатического процесса (**переход 1-2**):

$$p_1 \nu_1^\gamma = p_a \nu^\gamma, \text{ отсюда } \frac{p_a}{p_1} = \left(\frac{\nu_1}{\nu} \right)^\gamma (*)$$

Для **состояний 1 и 3** выполняется соотношение:

$$p_1 \nu_1 = p_2 \nu, \text{ отсюда } \frac{\nu_1}{\nu} = \frac{p_2}{p_1}$$

Подставим в (*) и получим:

$$\frac{p_a}{p_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^\gamma, \text{ отсюда } \gamma = \frac{\ln \frac{p_a}{p_1}}{\ln \frac{p_2}{p_1}} \quad (\#)$$

Представим $p_a = p_1 - h_1$, $p_2 = p_1 - h_1 + h_2$, т.е.:

$$\frac{p_a}{p_1} = 1 + \frac{-h_1}{p_1}; \quad \frac{p_2}{p_1} = 1 + \frac{h_2 - h_1}{p_1}; \quad \ln\left(\frac{p_a}{p_1}\right) = \frac{-h_1}{p_1}; \quad \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right) = \frac{h_2 - h_1}{p_1}$$

Подставим в (#):

$$\gamma = \frac{\frac{-h_1}{p_1}}{\frac{h_2 - h_1}{p_1}} = \frac{h_1}{h_1 - h_2}$$

Практическая часть

1. При закрытом клапане, нагнетаем давление в сосуде до разности от 30 до 40 см водяного столба. Затем ждём охлаждения воздуха до комнатной температуры и занесём давление в таблицу. Затем выровняем внутреннее и наружное давление путём кратковременного открытия клапана. После чего дождёмся повышения температуры до комнатной и снова занесём давление в таблицу. Проделаем описанные выше действия пять раз.

№ опыта	1	2	3	4	5
h_1	205; 200	201; 196	220; 215	174; 170	206; 201
h_2	56; 55	62; 60	51; 50	43; 42	63; 61
γ	1,37	1,44	1,3	1,32	1,43
γ_{cp}	1,372				

Табличный результат $\gamma = 1,4$.

Погрешности:

Вопросы

1.

2.

переход 1-2 – адиабата

$PV^\gamma = \text{const}$ - уравнение Пуассона, отсюда и из уравнения Менделеева-Клайперона получаем: $P^{1-\gamma} T^\gamma = \text{const}$ и $TV^{\gamma-1} = \text{const}$

переход 2-3 – изохора

$$P = \alpha T, \alpha = \text{const}$$

переход 3-1 – изотерма

$$PV = \text{const}$$

3.

Теплоёмкость тела – это количество теплоты, которое нужно сообщить телу, чтобы нагреть его на 1 К.

Удельная теплоёмкость – это количество теплоты, которое нужно сообщить телу, массой 1 кг, чтобы нагреть его на 1 К.

Соотношение Майера:

$C_{p,m} - C_{v,m} = R$, где $C_{p,m}, C_{v,m}$ - молярные теплоёмкости при постоянном давлении и температуре соответственно, R - универсальная газовая постоянная.

Домножив соотношение Майера на количество вещества и поделив на массу вещества, а также перенеся удельную теплоёмкость при постоянном объёме в правую часть, получим: $C_p = C_v + \text{const}$.

4. Оценка величины понижения температуры

Из уравнения Менделеева-Клайперона для **состояния 1-2**: $\frac{p_a v}{p_1 v_1} = \frac{T_0}{T}$

Отсюда получим: $T_0 = T \left(\frac{p_0}{p_0 + h_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}; \Delta T = T - T_0$

5. Вычисление количества воздуха, выходящего при открытии клапана