

Адиабатни процеси. Уравнение на Поасон

Ще разгледаме още един вид процеси с голямо приложение в техниката – адиабатните процеси. Тези процеси протичат при отсъствие на топлообмен между термодинамичната система и околната среда, т.е. $dQ=0$. Адиабатните процеси също са изопроцеси – при тях не се променя една величина, с която ще се запознаем по-късно – ентропията на системата. Ако запишем първият принцип на термодинамиката за адиабатен процес:

$$(1) \quad dQ = dU + dA = 0,$$

виждаме, че при адиабатните процеси всяко изменение на вътрешната енергия е свързано с извършване на работа от разглежданата система. Ако системата, в която протича процесът, извършва работа, вътрешната ѝ енергия намалява. Когато върху системата се извършва работа, вътрешната ѝ енергия се увеличава. За да бъде един процес адиабатен, той трябва да протича толкова бързо, че да не може да се осъществи топлообмен с околната среда. Строго адиабатни процеси в природата няма. Примери за адиабатни процеси са разширяването и свиването на горещите газове в цилиндрите на двигателите с вътрешно горене, разпространението на звуковите вълни във въздуха и др.

За адиабатните процеси, също както за другите изопроцеси, може да се получи проста зависимост между основните термодинамични параметри, подобна на законите на Бойл – Мариот, Гей-Люсак и Шарл. Нека да разгледаме адиабатен процес от състояние **1** с параметри P_1, V_1, T_1 до състояние **2** с параметри P_2, V_2, T_2 . Ако заместим в (1) изразите за работата и вътрешната енергия, ще получим:

$$(2) \quad \frac{m}{\mu} C_v dT + P dV = 0.$$

Промяната на вътрешната енергия на **1 mol** газ е $dU = C_v dT$, а за произволно количество трябва да умножим по броя на моловете m/μ . Можем да изразим налягането P от закона на Клапейрон – Менделеев и да го заместим в (2):

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow P = \frac{m}{\mu} \frac{RT}{V}$$

$$\frac{m}{\mu} C_v dT + \frac{m}{\mu} RT \frac{dV}{V} = 0$$

$$C_v \frac{dT}{T} + R \frac{dV}{V} = 0$$

$$\frac{dT}{T} = -\frac{R}{C_v} \frac{dV}{V}$$

Ако интегрираме последното равенство от състояние **1** до състояние **2** ще получим връзка между обема V и температурата T :

$$\int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = -\int_{V_1}^{V_2} \frac{R}{C_v} \frac{dV}{V} = -\frac{R}{C_v} \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = -\frac{C_p - C_v}{C_v} \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \left(1 - \frac{C_p}{C_v}\right) \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = (1 - \gamma) \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} \quad \left(\gamma = \frac{C_p}{C_v}\right)$$

$$\ln T \Big|_{T_1}^{T_2} = (1 - \gamma) \ln V \Big|_{V_1}^{V_2}$$

$$\ln \frac{T_2}{T_1} = (1 - \gamma) \ln \frac{V_2}{V_1} = \ln \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{1-\gamma} = \ln \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

Отношението на специфичните топлинни капацитети на газа при постоянно налягане C_p и при постоянен обем C_v ($\gamma = C_p/C_v$) се нарича константа на Поасон. Последното равенство е записано за две произволно избрани състояния на системата при адиабатния процес. Следователно произведението $TV^{\gamma-1}$ остава постоянно през целия процес т.е.:

$$(3) \quad TV^{\gamma-1} = \text{const}.$$

Това е търсената връзка между основните параметри на газа т.е. един от записите на уравнението на адиабатния процес. Тъй като повечето процеси се изобразяват в P – V диаграма, по-удобно е да записваме уравнението чрез връзка между налягането P и обема V . Такава връзка можем да намерим

лесно, ако изразим температурата от закона на Клапейрон – Менделеев и я заместим в (3):

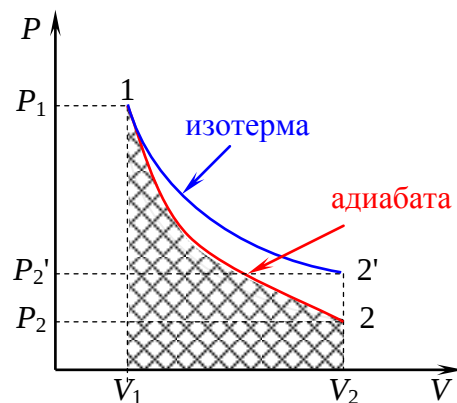
$$PV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow T = \frac{\mu}{mR} PV$$

$$TV^{\gamma-1} = \frac{\mu}{mR} PVV^{\gamma-1} = \frac{\mu}{mR} PV^{\gamma} = \text{const}$$

$$(4) PV^{\gamma} = \text{const}.$$

Получената зависимост (4) между налягането и обема на газа при адиабатен процес се нарича уравнение на Поасон за адиабатните процеси. Трябва да се има предвид, че константите в (3) и (4) са различни.

Графиката на адиабатния процес, представена на P – V диаграма е подобна на изотермата, но е по-стръмна от нея (фиг. 1).



фиг. 1