

КЕРУВАННЯ МЕХАНІЗМОМ ОТРИМАННЯ РОБОТИ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ, ЯК ШЛЯХ ДО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Механізмом отримання роботи називається сукупність перетворень складових енергії робочого тіла під час виконання ним роботи. Термін «Механізм отримання роботи» введений в термодинаміку автором цієї роботи. Для виявлення механізму отримання роботи необхідно побудувати діаграму структури енергії робочого тіла, на який би були нанесені всі складові цієї енергії (рис.1).[1, 2, 3, 4].

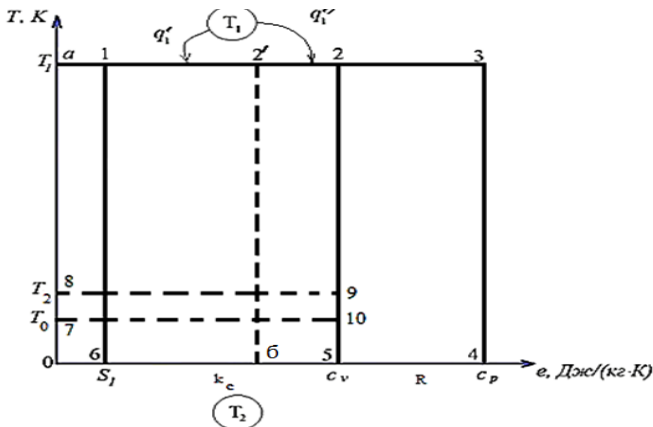


Рис. 1. Механізм отримання роботи в діаграмі Константинова

Точка 1 на діаграмі характеризує початковий стан робочого тіла (ідеальний газ). Від гарячого джерела T_1 до робочого тіла підводиться теплота q_1' , проходить ізотермічний процес 1-2'. Внутрішня енергія і ентальпія залишаються постійними, площі 0-а-2-5 і 0-а-3-4. Під час проходження ізотермічного процесу 1-2', робоче тіло виконує роботу l' , яка дорівнює $\int_1^2 p dv$, хоча для ізотермічного процесу $pv = \text{const}$ і $d(pv) = 0$.

Що ж змінюється? У чому ж полягає механізм отримання роботи?

З діаграми (рис. 1) видно, що змінюється структура внутрішньої енергії робочого тіла: зменшується вільна енергія з еквіваленту площі 1-2-5-6 до площі 2'-2-5-б, тобто на величину площі 1-2'-б-6. На цю величину зростає зв'язана енергія до площі 0-а-2'-б. Відповідно зростає ентропія на величину еквівалентну відрізку б-б за рахунок зменшення на цю величину коефіцієнта повноти протікання термодинамічного процесу k_c (відрізок б-б)

Звідси випливає, що спорідненими величинами є: вільна енергія f - зв'язана енергія Ts ; ентропія s -коефіцієнт k_c .

Спорідненими називаються величини, зміна яких проходить у різних напрямках: збільшується одна-зменшується друга і навпаки.

Кількість підведенаї теплоти відповідає кількості зменшення вільної енергії:

$$q' = -\Delta f = \Delta Ts.$$

Розглянемо як змінюється потенційна енергія тиску робочого тіла

$$d(pV) = pdV + Vdp = 0,$$

тоді

$$pdV = -Vdp.$$

Тобто

$$l = l_u,$$

де l – робота зміни об'єму, l_u – наявна робота.

Таким чином, на цьому етапі енергія робочого тіла u і h залишаються кількісно незмінними, а робота виконується за рахунок зміни якості енергії робочого тіла. Тому помилково склалась впевненість, що теплота виконує роботу.

З рис. 1 видно, що теплота не діє безпосередньо на ентропію.

Вираз Клаузіуса (1822-1888), введений ним у 1865 році:

$$dS = \frac{\delta Q}{T},$$

де S - ентропія, Q - теплота, записаний Клаузіусом інтуїтивно, є тільки кількісним виразом. Тому 150 років не можуть сформулювати фізичний зміст ентропії. [5,6,7,8].

Під якістю енергії розуміють роботу, яка може бути виконана робочим тілом під час підведення до нього теплоти.

Розглянемо стан робочого тіла в точці 2'. У цьому стані робоче тіло має внутрішню енергію, еквівалентну площі 0-а-2-5, u'_2 , яка складається з двох частин: вільної енергії – площа 2'-2-5-б (f'_2) і зв'язаної енергії – площа 0-а-2'-б (Ts'_2).

$$u'_2 = f'_2 + Ts'_2.$$

Ентальпія робочого тіла складається з трьох частин: f'_2, Ts'_2 і потенційної енергії тиску – площа 2-3-4-5, яка кількісно залишилась незмінною, порівняно з станом 1, а якісно змінилась, так як частина наявної роботи – vdv перейшла в зовнішню роботу pdv .

Розглянемо стан робочого тіла в точці 2 (Рис. 1).

Діаграма Константінова дозволяє визначити всі структурні складові енергії робочого тіла в будь-якому стані, а також напрям і характер термодинамічного процесу, який може виконувати робоче тіло з даного стану.

Зокрема, у випадку стану 2', рис.1., діє принцип мінімуму термодинамічного потенціалу, для даного випадку, вільної енергії, згідно з яким термодинамічний процес під час постійної температури і підведення теплоти має проходити в бік зменшення вільної енергії. Завершується цей процес під час досягнення мінімального значення вільної енергії

$$f_{min} = 0.$$

Таким чином, з стану 2' робоче тіло, під час підведення теплоти q_1'' , продовжує виконувати ізотермічний процес 2'-2. У стані 2 вся вільна енергія перейшла в зв'язану, $f_2 = 0$, і ізотермічний процес завершується.

У ізотермічному процесі 1-2 внутрішня енергія робочого тіла кількісно залишалась постійною, $\Delta U = 0$. Робота у цьому процесі виконувалась за рахунок зміни якості внутрішньої енергії. Це перший етап механізму виконання роботи робочим тілом. У стані 2 завершується підведення теплоти до робочого тіла. Із стану 2 робоче тіло може продовжувати процес виконання роботи. Але в якому напрямку? Принцип залишається той же – у бік зменшення значення відповідного термодинамічного потенціалу. Так як вільна енергія $f_2 = 0$, то наступним потенціалом розглядається внутрішня енергія « u »,

мінімальним значенням якого є $u_{min}=u_0$, де u_0 – внутрішня енергія робочого тіла під час температури навколишнього середовища. Це положення збігається з другим законом термодинаміки, який говорить, що у мимовільному процесі робоче тіло не може бути охолоджено нижче температури самого холодного тіла у навколишньому просторі.

Таким чином, приходимо до висновку, що робоче тіло з стану 2 виконує процес без теплообміну з навколишнім середовищем, тобто адіабатний процес. Цей факт ще раз підтверджує положення, що не теплота виконує роботу, а робоче тіло, тобто речовина згідно парадигмі.

Висновки. Робота в енергетичних установках виконується за рахунок енергії робочого тіла у два етапи: у першому етапі за рахунок зміни якості енергії робочого тіла, у другому етапі – за рахунок зміни кількості цієї енергії.

Рушійною силою в термодинамічних процесах під час виконання роботи є термодинамічні потенціали.

Моніторинг та керування ефективністю процесів виконання роботи в енергетичних установках дає можливість підвищити рівень ефективності використання палива та енергії.

Список літератури.

1. Константинов С.М. Система координат Константинова для побудови термодинамічних діаграм процесі перетворення енергії. \ С.М. Константинов. Свідчення про рєсстрацію авторського права на твір №58775, 20.02. 2015р. Держслужба інтелектуальної власності України.

2. Константинов С.М. Технічна термодинаміка: Підручник. / С.М. Константинов, – К. : «Політехніка» при НТУУ «КПІ», 2001.– 368с.

3. Гейзенберг В. Развитие понятий в физике XX столетия \В.Гейзенберг. – М: Вопросы философии, 1973, №1, с.79-88.

4. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. \ В. Гейзенберг. Перев. с немец. А.В. Ахутин. М.: Наука, 1989-400с.

5. Кошманов В.В. Карно, Клапейрон, Клаузиус.\В.В. Кошманов. – М.: Просвещение.1985.- 95 с.

6. Больцман Л. Избранные труды. \ Л.Больцман. – М.:Наука, 1984.- 590 с.

7. Больцман Л. Статьи и речи. \ Л. Больцман. – М.: Наука, 1970.- 406 с.

Осипов А.И. Энтропия и её роль в науке. \ А.И. Осипов, А.В. Уваров. Сетевой образовательный журнал. – 2004 - Т.8. - №1 –с. 70-79.