

## 8 – MA'RUZA. ADIABATIK JARAYONLAR

### REJA:

1. *Ideal gaz xolatini adiabatik jarayonda o'zgarishining tenglamasi va bajargan ishi.*
2. *Ideal gaz xolati adiabatik jarayonda o'zgarishini p-v va T-s diagrammalarda ifodalanishi.*
3. *Real gaz xolatini adiabatik jarayonda o'zgarishining tenglamasi*

### **1. Ideal gaz xolatini adiabatik jarayonda o'zgarishining tenglamasi va bajargan ishi.**

Tashqi muhit bilan issiqlik almashmaydigan jarayonga izotermik jarayon deyiladi. Ta'rifga ko'ra,  $\Delta q = 0$  demak  $q = \text{const}$

Izotermik jarayonda termodinamik jarayonning uchala parametri P, V, T birdaniga o'zgarishi mumkin. Faraz qilaylik tsilindrdagi porshen kallagi yuzasi va yonish kamerasining shifti yuzasi bilan chegaralangan, uncha katta bo'lmagan hajmda (yonish kamerasida) 1 kg gaz siqilgan bo'lsin. Ushbu gaz, ya'ni ish jismi tashqi muhitdan mutlaqo izolyatsiyalangan deb faraz qilaylik. Ish jismining porshen kallagi yuzasiga bergan P bosimi tashqi kuch F ga teng va sistema muvozanatda, ya'ni  $P = F$  bo'ladi.

Adiabatik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonunini ishchi jism (gaz) parametrlaridan foydalanib quyidagicha ifodalash mumkin:

$$dq = C_v dT + PdV$$

Lekin  $dq = 0$  bo'lgani uchun uni qayta yozamiz:

$$S_v dT + Pdv = 0$$

Ushbu jarayon uchun termodinamikaning 1-qonuni quyidagiga ega bo'ladi .

$$cdT - \nu dp = 0$$

$$c_v dT + pdv = 0.$$

Bu ikkala tenglamani bir-biriga bo'lsak

$$\frac{c_p dT}{c_v dT} = -\frac{v dp}{p dv}, \text{ yoki } k \frac{dv}{v} = -\frac{dp}{p}.$$

Ushbu tenglamani  $k=c_p/c_v=const$  sharoit uchun integrallaymiz.

$$k \int_{v_1}^{v_2} dv/v = - \int_{p_1}^{p_2} dp/p \text{ va } k \ln(v_2/v_1) = \ln(p_1/p_2)$$

Potentsirlagandan so'ng

$$(v_2/v_1)^k = p_1/p_2,$$

yoki

$$p_1 v_1^k = p_2 v_2^k$$

Bu ideal gaz uchun ( $k = const$ ) adiabat tenglamasidir .

$$k = c_p / c_v$$

adiabata kursatkichi deyiladi, hamda  $c_p = c_v + R$  ni hisobga olib  $k = 1 + R/c_v$  ekanligini topamiz. Klassik kinetik nazariyaga ko'ra gazlarning issiqlik sigimi haroratga bog'liq emas, shuning uchun  $k$  ni ham haroratga bog'liq emas va molekulani erkinlik darajasiga bilan aniqlanadi deyish mumkin. Bir atomli gaz uchun  $k=1,66$ ; ikki atomli gaz uchun  $k=1,4$ ; uch- va ko'p atomli gaz uchun  $k=1,33$ .

$k>1$  bo'lganligi uchun  $p-v$  koordinatalarda (1-rasm) adiabat chizig'i izotermaga nisbatan tezroq ko'tariladi, chunki izotermik kengayishda bosim izotermik kengayishga nisbatan tezroq kamayadi.

Ideal gaz xolat tenglamasidan 1 va 2 -xolatlar uchun xajmlar yoki bosimlar nisbatini topib, uni (1) tenglamaga kuysak izotermik Jarayon tenglamasini olamiz:

$$T_2/T_1 = (v_1 \cdot v_2)^{k-1}; \quad T_2/T_1 = (p_2/p_1)^{\frac{k-1}{k}}$$

Adiabatik jarayonda kengayish ishi ish jismi ichki energiyasining o'zgarishiga teng, ya'ni:

$$dU + PdV = 0 \text{ yoki } dU = -PdV$$

Gaz xajmining ortishi natijasida uning bosimi va temperaturasi kamayadi, siqilganda esa aksincha. Bunday jarayon faqat gaz ichki energiyasining ortii yoki kamayishi hisobiga sodir bo'la oladi.

Sistemaga uzatilayotgan issiqlik  $dq=0$  bo'lganligi uchun termodinamikaning birinchi qonunini quyidagicha yozamiz:

$$PdV = -C_V dT$$

Ushbu tenglikni jarayon temperaturalarini  $T_1$  va  $T_2$  ga mos keluvchi oraliqda integrallaymiz:

$$L = \int_{T_1}^{T_2} C_V dT = C_V(T_2 - T_1) = - \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

Endi yuqoridagi tengliklar asosida quyidagini yozamiz:

$$L = u_1 - u_2 = C_V(T_1 - T_2)$$

CHunki sistemaning boshlang'ich ichki energiyasi uning oxirgi holatdagi energiyasidan katta ( $u_1 > u_2$ ) bo'ladi, ya'ni sistemaning ish bajarishi jarayonida uning ichki energiyasi kamayib boradi.

R.Mayer tenglamasiga va adiabatga ko'rsatkichiga, ya'ni  $C_V = \frac{R}{k-1}$ ;

$$k = \frac{C_p}{C_V} \quad \text{va} \quad C_p = kC_V \quad \text{ga asoslanib, adiabatik}$$

jarayon uchun ish ifodasini olamiz:

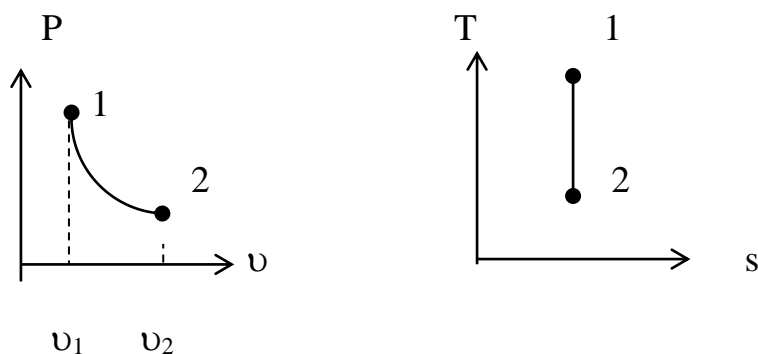
$$L = \frac{R}{k-1} (P_1 V_1 - P_2 V_2) = \frac{R}{k-1} (T_1 - T_2) \quad \text{yoki}$$

$$L = \frac{1}{k-1} (P_1 V_1 - P_2 V_2) = \frac{P_1 V_1}{k-1} [1 - (\frac{V_1}{V_2})^{k-1}] = \frac{P_1 V_1}{k-1} [1 - (\frac{V_1}{V_2})^{k-1}] [1 - (\frac{P_2}{P_1})^{\frac{k-1}{k}}]$$

### ***3. Ideal gaz xolati adiabatik jarayonda o'zgarishini p-v va T-s diagrammalarda ifodalaniishi.***

Adiabatik jarayon grafigining tikligiga asosiy sabab, o'rganilayotgan gaz siqilganda ham, kengayganda ham, unga tashqaridan issiqlik energiyasi berilmasa ham

gaz hajmining ortishi xisobiga uning ichki energiyasi kamayadi, ya'ni temperaturasi tushadi; xuddi shunday, gaz siqilganda, uning hajmining kamayishi natijasida, gazning ichki energiyasi ortadi, ya'ni temperaturasi ko'tariladi.



**1-rasm.** Izotermik jarayonning  $p-v$  va  $T-s$ -koordinatalarda ifodalanishi.

***Real gaz xolatini adiabatik jarayonda o'zgarishining tenglamasi.***

Suv bug'iga tashqaridan issiqlik berilmagan holda uni kengaytirganimizda bug' soviydi, ya'ni bug'ning temperaturasi va bosimi pasayadi. Bug'ning ichki energiyasi kamayadi.

Ma'lumki ideal gazning issiqlik sig'imlarining nisbati suv bug'ining issiqlik sig'imlarining nisbatiga teng emas. SHu sababli  $PV^k = const$  tenglamasini bug'ning aniq sohalariga joriy qilish mumkin. CHunki adiabata ko'rsatkichi  $k$  har xil qiymatlarni qabul qiladi. Masalan, o'ta qizdirilgan bug' sohasi uchun  $S_p/C_v$  ning o'rtacha qiymati  $k=1,3$  bo'lsa, nam bug' sohasidagi qiymati  $k=1,035- 0,1x$  ko'rinishida qabul qilinadi. Bunda  $x$ -bug'ning quruqlik darajasini bildiradi. Ko'pchilik holatlarda (bug'ning kengayishi boshlanishida yoki siqilishi oxirida) adiabataning eng yuqori cho'qqisida  $x=1,135$  deb qabul qilish mumkin. SHu sababli, adiabatik kengiyish past bosimlarda sodir bo'layotgan bo'lsa,  $PV=const$  tenglamani taxminiy xisoblashlarda qo'llash mumkin.

Suv bug'ining  $PV$  diagrammasidan ko'rinib turibdiki bug'ning adiabatik kengayishida bajargan ishining kattaligi  $a12v$  nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga son jihatidan teng. Ammo adiabatik jarayon tenglamasidan foydalanib bu ishni hisoblash adiabata ko'rsatkichining har g'il nuqtalardagi qiymati o'zgaruvchan bo'lganligidan

anchagina noaniqliklarga olib keladi. SHuning uchun ish qiymatini termodinamikaning birinchi qonunidan foydalanib aniqlagan ma'qul. CHunki suv bug'i kengayganda ichki energiyasi kamayadi.

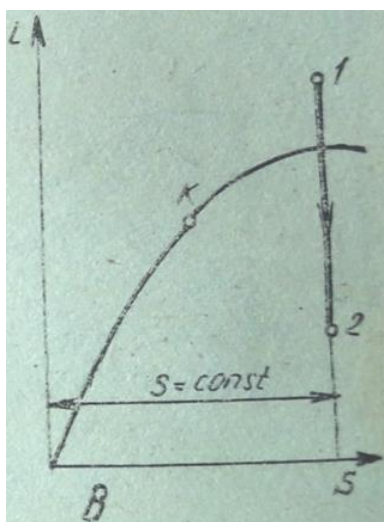
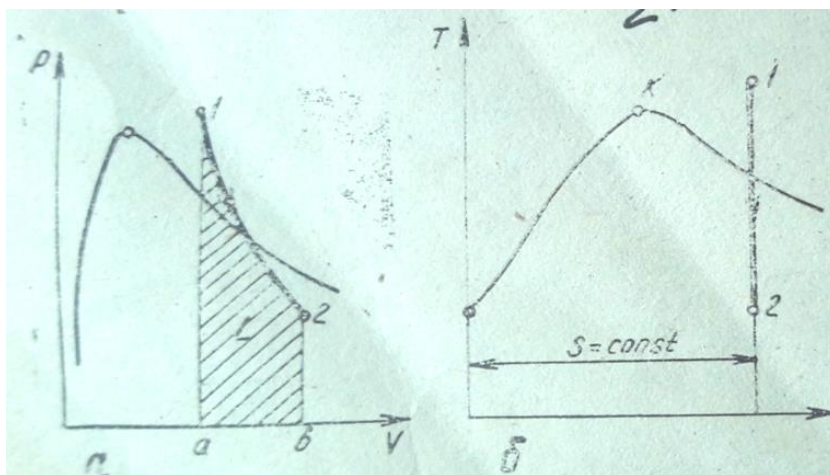
Demak bajarilgan ish ichki energiyani kamayishi hisobiga bajariladi:

$$dq = du + dL$$

$$dL = -du, \text{ chunki } dq = 0$$

$$L = u_1 - u_2 = (i - PV)_1 - (i - PV)_2$$

**S=const** bo'lgani uchun bug' kengayganda uning absolyut temperaturasi va entalpiyasi adiabatik jarayonning TS va iS diagrammalarida pasayib boruvchi vertikal chiziqlardan iborat bo'ladi.



2-rasm. Suv bug'ning adiabatik jarayondagi PV (a), TS (b) va iS (v) diagrammalari

### **Nazorat savollari:**

1. Ideal gaz xolatini izotermik jarayonda o'zgarishining tenglamasi va bajargan ishi.
2. Ideal gaz xolati izotermik jarayonda o'zgarganda keltirilgan issiklik, ichki energiya uzgarishi va entropiyasi .
3. Ideal gaz xolati izotermik jarayonda uzgarishini p-v va T-s diagrammalarda ifodalanishi.

### **Adabiyotlar**

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 5-19 b.
2. C.Nurmatov va boshqalar. Issiqlik texnikasi Toshkent 2006