

6 – MA’RUZA. IZOBARIK JARAYONLAR.

Reja

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

O'zgarmas bosim ostida kechadigan termodinamik xodisalar majmuiga izobarik jarayon deyiladi. Bu termodinamik jarayonda $P=\text{const}$ bo'lib, gazning V, T parametrlari kiritilgan q issiqlik miqdoriga o'zgarishi mumkin. Yuqorida keltirilgan misoldagi silindr porshenning ustki yuzasi va silindrning shifti bilan chegaralangan hajmga (yonish kamerasiga) ish jismini (kiritamiz) va unga q issiqlik miqdorini uzatamiz. Bunda gazning hajmi V_1 dan V_2 gacha, temperaturasi T_1 dan T_2 gacha o'zgaradi. Bu o'zgarish jarayonida porshen o'zining muvozanat holatidan chiqadi, yani pastga qarab harakatlanadi. Har ikkala holat uchun jarayonning holat tenglamasini yozamiz:

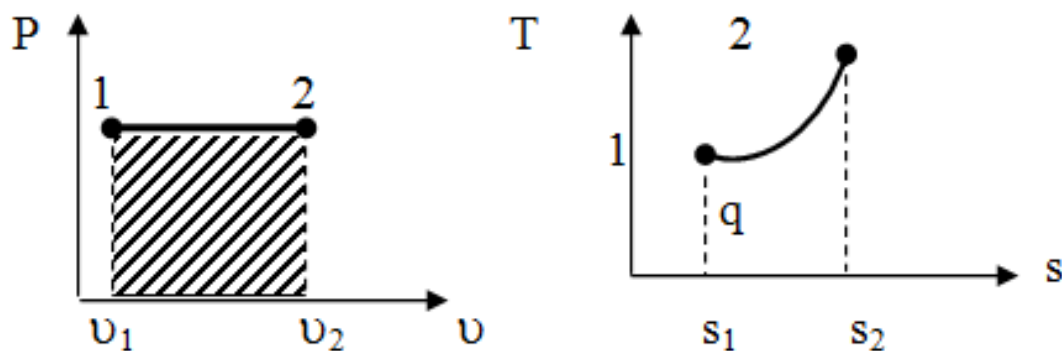
$$P_1 V_1 = RT_1$$

$$P_2 V_2 = RT_2$$

Holat tenglamalari nisbatidan Gey-Lyussak qonunining ifodasini hosil qilamiz:

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ ёки $V_1 T_2 = V_2 T_1$, bundan shu narsa kelib chiqadiki, gaz temperaturasi qanchalik yuqori bo'lsa, uning solishtirma hajmi shunchalik katta bo'ladi (yani zichligi shunchalik kichik bo'ladi).

Izobarik jarayon diagrammasini PV va TS koordinatalarida tasvirlaymiz:



6.1-rasm. Izobarik jarayonni p-v va T-s diagrammalarda ifodalanishi

Izobarik jarayonda sistemaga uzatilgan issiqlik miqdorini solishtirma issiqlik sig'imi orqali izoxorik jarayondagidek usuldan foydalanib yozamiz:

$$q_p = C_p(T_2 - T_1).$$

Izobarik jarayonda entropiyaning o'zgarishini ko'rib chiqamiz. Bunda xuddi izoxorik jarayondagi usuldan foydalanib, asosiy tenglamalarni topamiz.

$dq = C_v dT + PdV$ ni T ga bo'lib, holat tenglamasi $PV=RT$ asosida ayrim

soddalashtirishlardan so'ng yoza olamiz:

$$\frac{dq}{T} = C_v \frac{dT}{T} + R \frac{dT}{T} = (C_v + R) \frac{dT}{T}.$$

Tenglikni integrallab, 1 kg gaz holatining ohirgi o'zgarishi uchun entropiya o'zgarishini topamiz:

$$S_2 - S_1 = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{T_2}{T_1} = (C_v + R) \ln \frac{T_2}{T_1} = C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

Mayer tenglamasi $C_p - C_v = R$ dan foydalandik.

Izobarik jarayonda tizimning kengayish ishi quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$L = \int_{t_1}^{t_2} PdV = P \int_{t_1}^{t_2} dV = P(V_2 - V_1)$$

Yoki holat tenglamasiga ko'ra:

$$L = R(T_2 - T_1)$$

Shundan ko`rinib turibdiki, agar temperaturalar farqi 1^0 bo`lsa

$$L=R \text{ bo`ladi.}$$

Termodinamik sistemaga uzatilgan issiqlik miqdorini ental`piya ortirmasi tushunchasidan foydalanib sistemaga uzatilgan issiqlik miqdorini biror ikki nuqta(grafikdagi) oralig`ida ko`rib chiqamiz va oxirgi o`zgarish uchun yozamiz:

$$q = (u_2 - u_1) + \int_1^2 P dV.$$

Bunda $PdV = d(PV) - VdP$ ekanligi asosida sistemaga uzatilgan issiqlik miqdorini ifodalovchi tenglikni quyidagicha yoza olamiz:

$$dq_p = du + d(PV) - Vdp$$

Yoki

$$dq_p = d(U + PV) - Vdp$$

$u+PV=I$ - ental`piya ekanligi asosida yuqoridagi tenglamani Izobarik jarayon uchun yozamiz:

$$dq_p = di - VdP$$

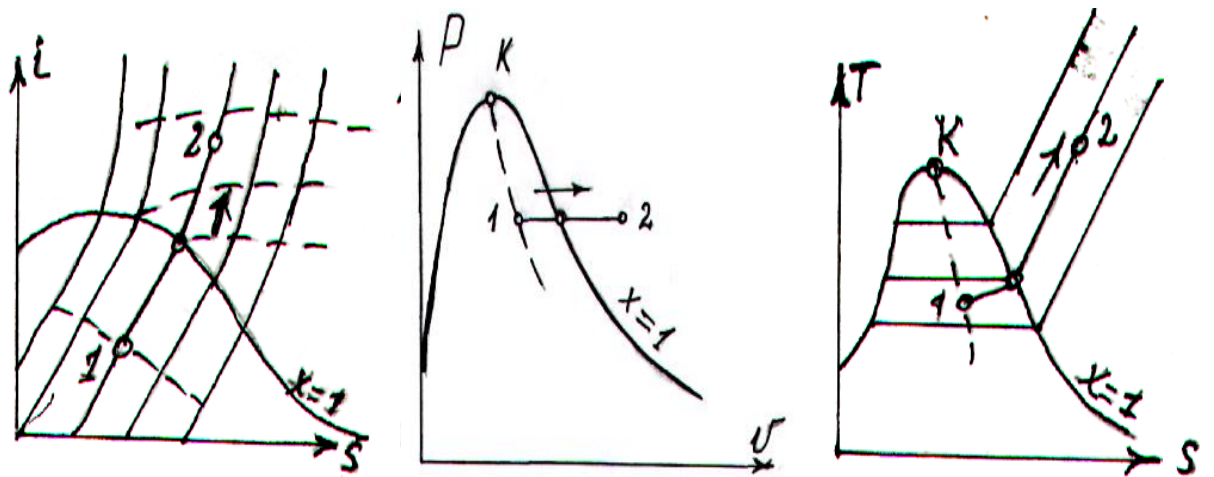
Termodinamik sistemaga uzatilgan issiqlik miqdori $P=\text{const}$ bo`lganida, $VdP = 0$ bo`ladi. SHuning uchun ental`piya qiymatining kattaligi issiqlik miqdoriga teng, yani:

$$dq_p = di \quad \text{yoki} \quad q_p = i_2 - i_1$$

Demak sistemaga uzatilgan issiqlik miqdoriental`piyaning o`zgarishiga teng ekan.

TS – diagrammada izoxora va izobaraning joylashishi.

To`g`ri burchakli TS koordinata sistemasida termodinamik sistema holatining grafik usuldagi tasviri TS diagramma deyiladi. Abssisa o`qida solishtirma entropiya (S) va ordinata o`qida – absolyut temperatura T joylashtiriladi.



6.2 rasm. Suv bug'i bilan bo'ladigan izobar jarayon

Bunday koordinatalarda Izobarik va izoxorik jarayonlarning grafigi yuqoriga qaragan parabola bo'lib, ular bir-biridan farq qiladi, chunki differensial tenglamalari noldan farqlidir, yani

$$\left(\frac{dT}{ds}\right)_p = \frac{T}{c_p} > 0 \text{ va } \left(\frac{dT}{ds}\right)_v = \frac{T}{c_v} > 0$$

$C_p > C_v$ bo'lganligi sababli izoxora grafigi izobaraga nisbatan tikroq bo'ladi. Demak jarayonlarning entropiyasi ham o'zaro farqli bo'ladi, yani:

$$(S_2 - S_1)_p > (S_2 - S_1)_v$$

TS – diagrammalar aylanma jarayonlardagi termodinamik hodisalar tahlilida keng qo'llaniladi.

Demak termodinamik sistemalarga bir xil miqdordagi issiqlik berilsa ham entropiyaning o'zgarishi izoxorik jarayonida Izobarik jarayoniga nisbatan tikroq o'zgaradi.

Real gazlarda kechadigan termodinamik jarayonlar:

O'zgarmas bosim ostidagi suv bug'iga tashqaridan qissilik miqdori kiritilsa, uning V,T parametrlari o'zgarishi natijasida bug' ish bajaradi va uning son qiymati d 12 b nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga teng bo'ladi.

Sarflangan issiqlik miqdori a 12 b nuqtalari hosil qilgan yuzaga son qiymati jihatidan teng bo'ladi. Bu issiqlik miqdori bug'ning ichki energiyasini o'zgartiribgina qolmay foydali ish ham bajaradi:

$$q = \int_1^2 dq = \int_1^2 di = i_2 - i_1$$

Yoki

$$q_1^2 = u_2^1 - u_1 = (i - PV)_2 - (i - PV)_1$$

Izobarik jarayonda bajarilgan ish: $L = P(V_2 - V_1)$

Masala:

Hajmi $V = 2 \text{ m}^3$ bo'lgan idishda havo $P = 2 \text{ bar}$ o'zgarmas bosimda $t_1 = 100^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 500^\circ\text{C}$ gacha qizdirilmoqda. Qizdirish uchun ketgan issiqlik miqdorini va bajarilgan ishni xisoblang. Atmosfera havosining bosimi 760 mm.sim.ust. O'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi qiymati

$$C_{pm1} = 1,0061 \frac{\text{KJ}}{\text{kg grad}}, \quad C_{pm2} = 1,0387 \frac{\text{KJ}}{\text{kg grad}}$$

Yechish:

Solishtirma issiqlik sig'imi quyidagi tenglama orqali topiladi

$$q_p = C_{pm2}t_2 - C_{pm1}t_1 = 1,0387 * 500 - 1,0061 * 100 = 418,7 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

Havo massasini holat tenglamasidan topamiz $PV = MRT,$

$$M = \frac{PV}{RT} = \frac{(2+1,013) * 10^5 * 2}{287 * 373} = 5,63 \text{ kg}$$

Qizdirish uchun ketgan issiqlik miqdori

$$Q = Mq_p = 5,63 * 418,7 = 2357 \text{ KJ}$$

Gazning bajarganishi

$$L = MR (t_2 - t_1) = 5,63 * 287 * 400 = 646,3 \text{ KJ}$$

Izobarik jarayondagi parametrlar bog'lanishi

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$p_1 \cdot v_1 = p_2 v_2$$

$$\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1} = \frac{T_2}{T_1}$$

Izobarik jarayondagi entropiya o'zgarishi ifodasi

$$\Delta S = C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$p_1 \cdot v_1 = p_2 v_2$$

Izobarik jarayondagi issiqlikni ifodasi

$$q = c_p \Delta t$$

$$Q = m \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{v_2}{v_1}$$

$$Q = m \cdot (c_v + R) \cdot \Delta t$$

$$Q = m \cdot c_v \cdot \Delta t$$

Gey-lussak qonuni ifodasi

$$p = \text{const} \frac{v_i}{T_i} = \text{const}$$

$$T = \text{const} \quad p_i \cdot v_i = \text{const}$$

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

$$V = \text{const} \frac{p_i}{T_i} = \text{const}$$

Nazorat savollari:

5. Ideal gaz xolatini izobarik jarayonda o'zgarishining tenglamasi va bajargan ishi.
6. Ideal gaz xolati izobarik jarayonda o'zgarganda keltirilgan issiqlik, ichki energiya uzgarishi va entropiyasi .
7. Ideal gaz xolati izobarik jarayonda uzgarishini p-v va T-s diagrammalarda ifodalanishi.

Adabiyotlar

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980.
5-19 б.
2. С.Nurmatov va boshqalar. Issiqlik texnikasi Toshkent 2006