

5- Mavzu: SUYUQLIK VA GAZLARNI UZATISH, GAZ SIQISHNING TERMODINAMIK ASOSLARI.

Reja:

1. Gidravlik mashinalar.
2. Nasoslarning bosimi va so'rish balandligi, ideal gaz holati o'zgarishi haqida asosiy tushnchalar.
3. Termodinamik jarayonlar: izoxorik jarayon, izobarik jarayon, izotermik jarayon, adiabatik jarayon va politropik jarayonlar.
4. Jarayonlarning P-V va T-S diagrammalarda ifodasi.
5. Bug' hosil bo'lishi.

Gidravlik masinalar nasoslar hisoblanadi va ularning asosiy parametrlari sifatida unumdorlik, napor va quvvatlari hisoblanadi.

Unumdorlik V (m^3/s) – bu suyuqlikning hajmiy sarfi bo'lib, haydash quvuri orqali nasos yordamida uzatilgan suyuqlik miqdorini bildiradi.

Nasos napori $N(m)$ – bu nasosning massa birligiga ega bo'lgan suyuqlikka bergan solishtirma energiyasidir.

Foydali quvvat N_f (Vt) –napor H va suyuqlik massaviy sarfi $\rho g V$ ko'paytmasiga teng miqdordagi suyuqlik potentsial energiyasiga aytiladi:

$$N_f = \rho g V H$$

Nasos o'qidagi quvvat N_e ni aniqlash uchun foydali quvvatni nasos foydali ish koeffitsientiga bo'lish kerak va u nasosning yo'qotgan energiyasini xarakterlaydi:

$$N_e = \frac{N_f}{\eta_n} = \frac{\rho g V H}{\eta_n}$$

Nasos yo'qotgan energiyasi konstruktsiyaning mukammalligi, ishlatish samaradorligi va nasosning yedirilishi hisobga olinadi:

$$\eta_n = \eta_V \cdot \eta_g \cdot \eta_{mex}$$

bu yerda η_V – uzatish f.i.k.; suyuqlikning klapan, sal'nik, har xil tirqishlardan oqib chiqib ketishini hisobga oladi, ya'ni $\eta_V = \frac{V}{V_{naz}}$ haqiqiy unumdorlikning nazariy unumdorlikka nisbatini xarakterlaydi;

η_g –gidravlik f.i.k.; $\eta_g = \frac{N}{N_{naz}}$ – hajmiy naporni nazariy naporga nisbatini bildiradi; η_{mex} –mexanik f.i.k.; podshipnik, sal'nik va boshqa elementlarda ishqalanishga yo'qotilgan quvvat.

Nasosning foydali ish koeffitsienti η_n porshenli nasoslar uchun 0,8...0,9, markazdan qochma nasos uchun 0,7...0,95 ni tashkil etadi.

Nasos qurilmasining to'liq foydali ish koeffitsienti:

$$\eta = \frac{N_f}{N_{yu}} = \eta_n \cdot \eta_{uz} \cdot \eta_{yu}$$

So'rish bilan haydash quvuri o'zaro teng bo'lganda, ushbu tenglikni soddalashtirish mumkin bo'ladi, ya'ni $W_{so'r} = W_{uz}$. Suyuqlikni geometrik uzatish balandligi esa, $H_g = H_{so'r} + H_{uz}$, bundan quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$H = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + H + h_{yo'q} \quad (4)$$

bu yerda $h_{yo'q} = h_{so'r} + h_{uz,yo'q}$ - bosimning umumiy yo'qotilishi.

Agarda yuqoridagi va pastki idishdagi bosimlar teng bo'lsa, ya'ni $P_2 = P_1$, u holda:

$$H = H_g + h_{yo'q} \quad (5)$$

Nasosning bosimi, suyuqlikni geometrik balandlik H_g ko'tarishga, idishlardagi bosimlar farqini, so'rish va haydash idishlardagi gidravlik qarshiliklarni yengishga sarf bo'ladi.

Gorizontal joylashgan quvur orqali suv uzatilganda ($H_g=0$), nasos bosimi faqat qarshiliklarni yengish uchun sarflanadi:

$$H = h_{yo'q} \quad (6)$$

Ishlayotgan nasosning bosimini (naporini) vakuummetr H_v va manometr H_m larning ko'rsatkichlari asosida aniqlash mumkin:

$$H = H_m + H_g + h$$

bu yerda h – manometr va vakuummetrlar orasida masofa.

(5.11) tenglamadan so'rish balandligini ko'rib chiqsak:

$$H_{so'r} = \frac{P_1 - P_{so'r}}{\rho g} - \frac{w_{so'r}}{2g} - h_{so'ryo'q} \quad (7)$$

W_I tezlik qiymati $W_{so'r}$ ga nisbatan ancha kichik bo'lgani uchun, $W_I=0$ deb qabul qilsak bo'ladi.

(7) tenglamadan shu narsa ko'rinib turibdiki, $P_{so'r}$ kamayishi bilan so'rish balandligi ortadi. Suyuqlik nasos ichida qaynab ketmasligi uchun, $P_{so'r}$ qiymati suyuqlik uzatilayotgan temperaturadagi suv bug'i to'yinish bosimi P_v dan katta bo'lishi kerak, ya'ni $P_{so'r} > P_t$.

Shunday qilib, so'rish balandligining chegaraviy qiymatini quyidagicha aniqlaymiz:

$$H_{so'r} \leq \frac{P_{at} - P_t}{\rho g} - \frac{w_{so'r}^2}{2n} - h_{so'ryo'q}$$

bu yerda P_{at} – atmosfera bosimi; $P_{at}=P_1$.

Aks holda, suyuqlik nasos ichida qaynab ketadi, va intensiv bug' hosil bo'lishga olib keladi. Bug' pufakchalari suyuqlik bilan yuqori bosimli zonaga kirib qolsa, tomchiga aylanib, bo'shliqlar hosil qiladi, gidravlik zarba shoqin bo'lishiga olib keladi, ya'ni kavitatsiya hodisasi sodir bo'ladi.

Kavitatsiya bo'lishi nasos unumdorligini pasaytiradi, gidravlik zarba bilan ishlagan nasos, tez buziladi, korroziyaga uchraydi va uning tez buzilishiga olib keladi.

Ma'lumki, ishchi jismga berilgan issiqlik miqdori jarayon xarakteriga, turiga bogliq. Texnikada nazariy va amaliy jixatdan katta ahamiyatga ega bo'lgan quyidagi asosiy jarayonlar mavjud: doimiy xajmda amalga oshuvchi izoxorik jarayon; doimiy bosimda amalga oshuvchi izobarik jarayon; doimiy haroratda

amalga oshuvchi izotermik jarayon; tashqi muhit bilan issiqlik almashmaydigan adiabatik jarayon.

Bundan tashqari ma'lum sharoitlarda yuqoridagi va boshqa jarayonlarni umumlashtiruvchi bir gurux jarayonlar borki, ular politropik jarayonlar deb atalib, issiqlik sigimi o'zgarishligi (doimiyligi) bilan xarakterlanadi.

Ushbu jarayonlarni tadqiq qilishning umumiy usullari quyidagicha:

- a. Ishchi jismni berilgan jarayonning boshlangich va oxirgi xolat parametrlarini bog'lovchi jarayon tenglamasi keltirilib chiqariladi;
- b. Gaz xajmini o'zgarish ishi hisoblab topiladi;
- v. Jarayonda gazga keltirilgan (yoki olingan) issiqlik miqdori aniqlanadi;
- g. Sistema ichki energiyasi o'zgarishi topiladi;
- d. Jarayonda sistema entropiyasi o'zgarishi topiladi.

Termodinamik jarayonlar: izoxorik jarayon, izobarik jarayon, izotermik jarayon, adiabatik jarayon va politropik jarayonlarni ko'rib chiqamiz.

Izoxorik jarayon

Ushbu jarayonda sistema xajmi o'zgarmaydi, ya'ni $dV=0$ yoki $V=const$
Ideal gaz xolat tenglamasida

$$P/T=R/V=const, \text{ yoki } P_2/P_1=T_2/T_1 \quad (8)$$

Ko'rinib turibdiki, gaz bosimi o'zining absolyut haroratiga to'g'ri proporsional (Sharl konuni).

Kengayish ishi bu jarayonda nolga teng chunki $dV=0$.

Jarayonda ishchi jismga keltirilgan issiqlik miqdori $c_v=const$ bo'lgan sharoitda quyidagicha topiladi:

$$q = \int_{T_1}^{T_2} c_v dT = c_v (T_2 - T_1) \quad (9)$$

Agar issiqlik sigimi o'zgaruvchan bo'lsa,

$$q = c_{vcp} \Big|_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1) = c_{vcp} \Big|_0^{t_2} t_2 - c_{vcp} \Big|_0^{t_1} t_1 \quad (10)$$

bu yerda $c_{vcp} \Big|_{t_1}^{t_2}$ - haroratning $t_1 - t_2$ intervalida o'rtacha massaviy izoxorik issiqlik sigimi. $l=0$ bo'lgani uchun termodinamikaning birinchi qonuniga muvofiq $\Delta u=q$, ya'ni

$$\left. \begin{aligned} \Delta u &= c_v (T_2 - T_1) \\ s_v &= const \text{ da} \\ \Delta u &= c_{vcp} \Big|_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

$s_v=bar$ da

Entropiya o'zgarishi quyidagicha topiladi:

$$c_2 - c_1 = c_v \ln(P_2/P_1) = c_v \ln(T_2/T_1) \quad (12)$$

Izobarik jarayon.

Izobarik jarayonda sistema bosimi o'zgaras bo'ladi, ya'ni $dP=0$, $P=const$
Ideal gaz xolati tenglamasidan

$$v/T=R/P=const, \text{ yoki } v_2/v_1=T_2/T_1 \quad (13)$$

Bundan ko'rinadiki, Izobarik jarayonda gaz xajmi o'zining absolyut haroratiga to'g'ri proporsional. (Gey -Lyussak qonuni)

Jarayondagi kengayish ishini topish uchun $dl=P*dv$ dan foydalanamiz:

$$l = \int_{v_1}^{v_2} p dv = p(v_2 - v_1) \quad (14)$$

$$Pv_1=RT_1 \text{ va } Pv_2=RT_2, \text{ bo'lganligi uchun } L=R(T_2-T_1) \quad (15)$$

Jarayonda sistemaga keltirilgan issiqlik miqdori quyidagicha topiladi:

$$q = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT = c_{pcp} \Big|_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1) \quad (16)$$

Bu yerda $c_{pep} \Big|_{t_1}^{t_2}$ - harorat t_1 dan t_2 gacha o'zgarganda $c_p = const$ bo'lganda o'rtacha massaviy izobarik issiqlik sig'imi

$$q = c \cdot (t_2 - t_1) \quad (17)$$

Termodinamikaning birinchi qonuniga ko'ra :

$$q = \Delta u + l \text{ yoki } \Delta u = q - l = c_p(T_2 - T_1) - R(T_2 - T_1) = (C_p - R)(T_2 - T_1) = C_v (T_2 - T_1)$$

Entropiya o'zgarishi $c_p = const$ bo'lganda :

$$c_2 - c_1 = c_p \ln(T_2/T_1) \quad (18)$$

Ya'ni harorat o'zgarishiga nisbatan entropiyaning o'zgarishi izobarik jarayonda xam logarifmik xarakterga ega bo'ladi, ammo $c_p > c_v$, bo'lgani uchun izobara $T-s$ - diagrammada izoxoraga nisbatan ancha yotiq joylashadi.

Izotermik Jarayon.

Ushbu Jarayonda harorat o'zgaras bo'ladi, yag'ni $dt=0$ $t=const$. Binobarin

$$Pv=RT=const \text{ yoki } p_2/p_1=v_1/v_2 \quad (19)$$

Izotermik Jarayonda bosim va solishtirma xajm uzaro teskari proporsional bo'ladi. Izotermik qisilishda gaz bosimi ortadi, kengayganda kamayadi (Boyl'-Mariott qonuni).

Jarayonda bajarilgan ish:

$$l = \int_{v_1}^{v_2} p dv = \int_{v_1}^{v_2} RT/v dv = RT \ln(v_2/v_1) = RT \ln(p_1/p_2) \quad (20)$$

Temperatura o'zgaragan uchun ideal gazning ichki energiya ushbu jarayonda o'zgaras bo'lib koladi ($\Delta u=0$) va keltirilgan issiqlikni barchasi Jarayonda kengayish ishiga aylanadi .:

$$q=l \text{ ya'ni } q = l = \int_{v_1}^{v_2} p dv = \int_{v_1}^{v_2} RT/v dv = RT \ln(v_2/v_1) = RT \ln(p_1/p_2) \quad (21)$$

Jarayonda harorat o'zgarish bo'lganligi uchun $\Delta u=0$ bo'ladi. Izotermik Jarayonda entropiya o'zgarishi quyidagicha topiladi:

$$c_2 - c_1 = \int_1^2 \delta q / T = g / T = R \ln(p_1 / p_2) = R \ln(v_2 / v_1) \quad (22)$$

Adiabatik jarayon

Tashqi muhit bilan issiqlik almashmaydigan jarayonga adiabatik jarayon deyiladi Tag'rifga ko'ra, $\Delta q=0$ demak $q=const$

Ushbu Jarayon uchun termodinamikaning 1-qonuni quyidagicha ko'rinishlarga ega bo'ladi.

$$c_3 dT - v dp = 0 \quad c_v dT - p dv = 0.$$

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.

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

Potentsirlagandan so'ng

$$(v_2/v_1)^k = p_1/p_2, \text{ yoki } p_1 v_1^k = p_2 v_2^k \quad (23)$$

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

$$k = c_p / c_v$$

Adiabata kursatkichi deyiladi . $c_p = c_v + R$ 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 $r-v$ koordinatalarda (4.4-rasm) adiabata chizig'i izotermaga nisbatan tezroq ko'tariladi, chunki adiabatik kengayishda bosim izotermik kengayishga nisbatan tezroq kamayadi.

1 va 2 -xolatlar uchun xajmlar yoki bosimlar nisbatini topib, adiabatik Jarayon tenglamasini olamiz:

$$T_2/T_1 = (v_1 \cdot v_2)^{k-1}; \quad T_2/T_1 = (p_2/p_1)^{\frac{k-1}{k}} \quad (24)$$

Jarayonda kengayish ishi termodinamikaning 1-qonuniga muvofik ichki energiyaning kamayishi hisobiga bajariladi va quyidagi formulalar orqali topiladi:

$$l = -\Delta u = c_v(T_1 - T_2) = \frac{R}{k-1}(T_1 - T_2); \quad (25)$$

$p_1 v_1 = RT_1$ i $p_2 v_2 = RT_2$, bo'lgani uchun

$$l = \frac{1}{k-1}(p_1 v_1 - p_2 v_2) \quad (26)$$

Ushbu jarayonda $q=0$ va $c = \delta q/dT = 0$, yag'ni adiabatik Jarayonda issiqlik sigimi kiymati nolga teng.

Bu Jarayonda $ds=0$ va $s=const$ bo'lganligi uchun T-s diagrammada adiabatik jarayon vertikal chiziqdan iborat bo'ladi.

Politropik jarayon

Qiymatlari

$$p v^n = const \quad (27)$$

Tenglamani kanoatlantiruvchi jarayonga politropik jarayon deyiladi. Politropa n ko'rsatkichi $-\infty : +\infty$ chegaradagi ixtiyoriy son kiymatini olishi mumkin, ammo ushbu jarayon uchun doimiy miqdor bo'ladi. Yuqoridalardan va Klapeyron tenglamalaridan politropaning ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi ρ, v va T funktsional bog'liklikni topish mumkin:

1-2 Jarayon uchun

$$p_2 / p_1 = (v_1 / v_2)^n; \quad T_2 / T_1 = (v_1 / v_2)^{n-1}; \quad T_2 / T_1 = (p_2 / p_1)^{\frac{n-1}{n}}. \quad (28)$$

Politropik jarayon uchun kengayish ishi:

$$l = \int_{v_1}^{v_2} p dv.$$

$$p = p_1 (v_1 / v)^n,$$

u holda

$$l = p_1 v_1^n \int_{v_1}^{v_2} dv / v^n = \frac{p_1 v_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{n-1} \right] = \frac{p_1 v_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] \quad (29)$$

ideal gaz uchun kengayish ishi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} l &= \frac{R}{n-1}(T_1 - T_2); \\ l &= \frac{p_1 v_1}{n-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right); \\ l &= \frac{1}{n-1}(p_1 v_1 - p_2 v_2). \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

Jarayondagi keltirilgan issiqlik quyidagicha bo'ladi. Termodinamikaning 1-qonuniga ko'ra

$$q = (u_2 - u_1) + l. \text{ va}$$

$$u_2 - u_1 = c_v(T_2 - T_1), \quad l = \frac{R}{1-n}(T_2 - T_1), \text{ larni hisobga olsak, u xolda}$$

$$q = c_v \frac{n-k}{n-1}(T_2 - T_1) = c_n(T_2 - T_1) \quad (31)$$

bu yerda

$$c_n = c_v \frac{n-k}{n-1} \quad (32)$$

Politropik jarayonda ideal gazning issiqlik sig'imi deyiladi. c_v , k va $n = \text{const}$ bo'lganligi uchuun politropik jarayon bahzan o'zgarimas issiqlik sig'imli jarayon deb ham ataladi.

Entropiya o'zgarishi quyidagiga teng;

$$\Delta s = \int_1^2 \frac{\delta q}{T} = c_n \ln \frac{T_2}{T_1} = c_v \frac{n-k}{n-1} \ln \frac{T_2}{T_1}. \quad (33)$$

Politronik Jarayon umumiylik xususiyatiga ega, chunki u asosiy termodinamik Jarayonlarni xammasini o'z ichiga oladi. Chunki

Izoxorik jarayon uchun $n = \pm\infty, s_n = s_v$;

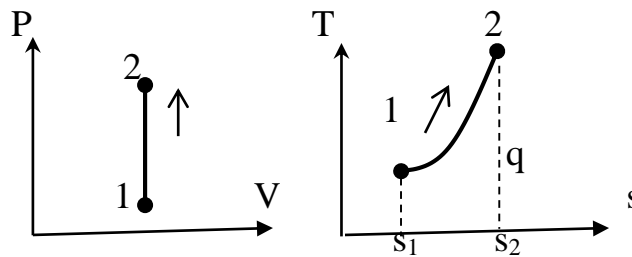
Izobarik jarayon uchun $n = 0, s_n = s$;

Izotermik jarayon uchun $n = 1, c_n = \infty$;

Adiabatic jarayon uchun $n = k, c_n = 0$. bo'ladi.

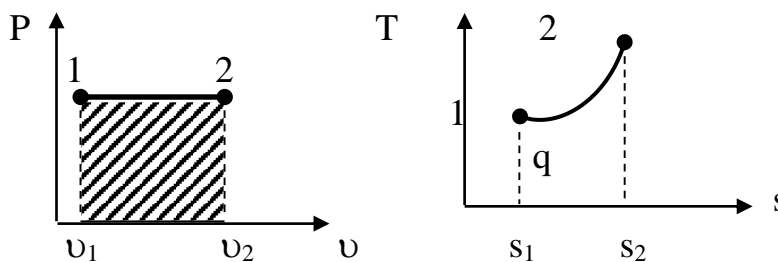
Jarayonlarning P-V va T-S diagrammalarda ifodalanishini ko'rib chiqamiz.

Izoxorik jarayon uchun



1-rasm. Izoxorik jarayonni p-v va T-s diagrammalarda ifodalanishi.

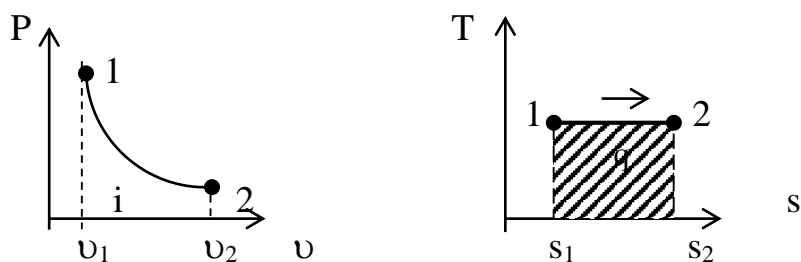
Izobarik jarayon uchun



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

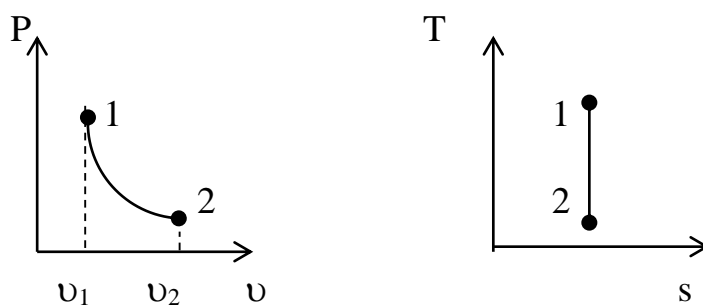
Izotermik jarayon uchun.

Izotermik jarayonning p - v koordinatalardagi grafigi, teng yonli giperbola bo‘lib koordinata o‘qlari asimptota bo‘lib xizmat qiladi. (3-rasm)



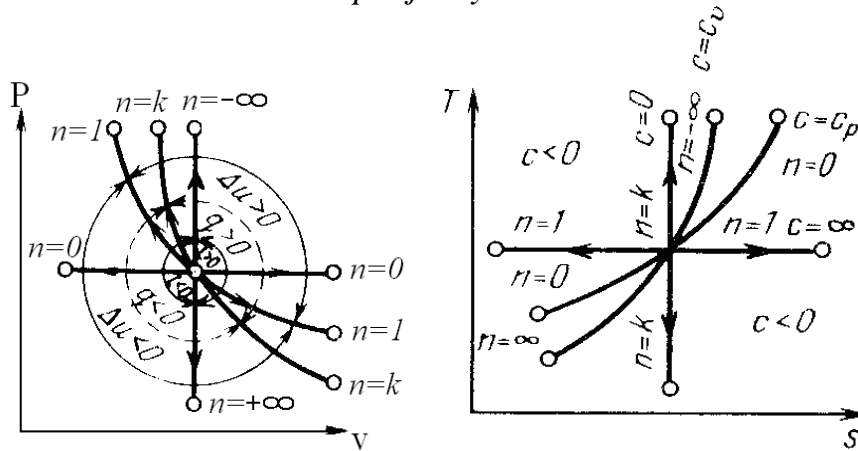
3-rasm. Izotermik jarayonning p - v va T - s koordinatalarda ifodalanishi.

Adiabatik Jarayon uchun.



4-rasm. Adiabatik jarayonning p - v va T - s -koordinatalarda ifodalanishi.

Politropik jarayon uchun.



5-rasm. Asosiy termodinamik jarayonlarning $p-v$ va $T-s$ koordinatalarda ifodalanishi

Jarayonning P-V va T-S diagramalardagi grafiklari 5-rasmda keltirilgan. Ko‘rinib turibiki hamma jarayonlar bir nuqtadan boshlanadi.

Izoxora ($n = \pm\infty$) diagrammani ikki qismga bo‘ladi: izoxoradan uning tomonda joylashgan jarayonlarda ishchi jism kengayib musbat ish bajariladi, chap tomonda esa manfiy ish bajariladi.

Adiabatadan o‘ngda va yuqorida joylashgan jarayonlarda ishchi jismga issiqlik beriladi, chap va pastda joylashgan jarayonlardan issiqlik olinadi.

Izotermadan yuqorida joylashgan jarayonlarda ichki energiyaning oshishi, pastda joylashgan jarayonlarga esa ichki energiyaning kamayishi xarakterlidir.

Adiabata va izotermaning o‘rtasida joylashgan jarayonlar manfiy issiqlik sig‘imiga ega, chunki δq i du (binobarin dT ham) bu sohada qarama qarshi ishoraga ega. Ushbu jarayonlarda $|l| > |q|$, shuning uchun kengayib ish bajarishda nafaqat keltirilgan issiqlik, balki ishchi jism ichki energiya sining bir qismi ham sarflanadi.

Ma‘lumki, barcha moddalar harorat va bosimga bog‘liq holda qattiq, suyuq va gaz holatida (fazalarda) bo‘lishi mumkin. Moddaning bir holatdan ikkinchi holatga o‘tishi faza o‘zgarishi yoki fazaviy o‘tish deb ataladi. Masalan, suyuq fazaning gaz fazaga o‘tishi - bug‘ hosil bo‘lishi; gaz fazaning suyuq fazaga o‘tishi esa kondensatsiya deyiladi.

Bug‘lanish: Moddaning suyuq holatdan bug‘ holatiga o‘tishi bug‘lanish deyiladi. Bunda molekullarning bir qismi suyuqlik yuzasidan ajralib chiqadi va uning ustida bug‘ hosil qiladi. Bug‘lanishda ajralib chiqayotgan molekullar, yuzada qolgan molekullarning tortishish kuchini yengadi, ya‘ni ular shu kuchlarga qarshi ish bajaradi. Molekullar bu ishni o‘zining issiqlik harakati, kinetik energiya hisobiga bajaradi. Ma‘lumki, hamma molekullar ham bunday ish bajaravermaydi. Kinetik energiya ancha katta bo‘lgan molekullargina bunday ish bajara oladi.

Agar suyuqlikning harorati o'zgarmas saqlab turilsa, ya'ni unga to'xtovsiz issiqlik keltirib turilsa, u holda uchib chiqayotgan molekulalarning soni to'xtovsiz ortib boradi. Lekin, bug' molekulalari tartibsiz harakatda bo'lgani uchun, ular suyuqlikdan bug'ga o'tishi bilan bir vaqtda, teskari jarayon - kondensatsiya ham hosil bo'ladi. Agar, bug'lanish yopiq idishda ketayotgan bo'lsa, u holda, bug' miqdori muvozanat qaror topguncha, ya'ni suyuqlik va bug' miqdorlari o'zgarmas bo'lguncha ortaveradi. Bu vaqt birligi ichida suyuqlikdan chiqib ketgan molekulalar soni, shu vaqt ichida suyuqlikka qaytayotgan molekulalar soniga teng, degan so'zdir.

Suyuqligi bilan muvozanatda turgan bug' - to'yingan bug' deyiladi. Muvozanat vaqtida bug'ning zichligi o'zgarmas bo'ladi, bu zichlik muayyan bosimga to'g'ri keladi. Bu bosim to'yingan bug'ning elastikligi deyiladi.

To'yingan bug'ning bosimi harorat ko'tarilishi bilan ortadi. Harorat qancha yuqori bo'lsa, suyuqlikning shuncha ko'p molekulalari gaz fazaga o'tadi va bug'ning muvozanat topgandagi zichligi, binobarin, bosimi shunchalik katta bo'ladi. Suyuqlikka tegib turgan va uning ustidagi bo'shliqni to'yintiradigan bug' - to'yingan nam bug' deyiladi.

To'yingan nam bug'- bu bug' bilan juda mayda suv tomchilarining aralashmasidir. Bug'dagi suyuqlik zarralarining miqdori bug'ning quruq yoki namlik darajasini belgilaydi.

Agar suyuqlik o'zgarmas bosimda isitilsa, uning molekulalarining barcha hajm bo'yicha harakat tezligi ortadi va bug' hosil bo'lishi kuchayadi. Bug' hosil bo'ladigan bosimga qathiy muvofiq keladigan muayyan haroratda bug'lanish jarayoni qaynash jarayoniga aylanadi.

Qaynash: Suyuqlikning faqat erkin sirtidan emas, balki butun hajmi bo'yicha intensiv ravishda bug'ga aylanishi va bug'pufakchalarining tez hosil bo'lishi va ko'payib borishi - qaynash deb ataladi.

Qaynash sodir bo'ladigan harorat va bosim bir-biriga bog'liqdir. Ular to'yinish harorati t_m va to'yinish bosimi P_m deb ataladi.

Harorat va bosimi to'yinish bosimi va haroratiga teng, lekin tarkibida suv zarralari bo'lmagan bug' - quruq to'yingan bug', deb ataladi.

To'yingan bug'ning bug' saqlami: bug' hosil bo'lish jarayonida nam miqdori kabi, quruq bug'ning miqdori ham 0 dan 1 gacha o'zgarishi mumkin.

Agar 1 kg bug'da X kg quruq bug' va (1-X) kg nam bo'lsa, X - kattalik bug' saqlami yoki bug'ning quruqlik darajasi deyiladi.

(1-X) - kattalik esa nam saqlami yoki bug'ning namlik darajasi deyiladi.

Masalan, X = 0,85 bo'lsa, (1-X)=(1-0,85)=0,15 bo'ladi, ya'ni to'yingan nam bug'da 85 % quruq bug', 15 % suv bo'ladi.

O'ta qizigan bug': Agar to'yingan quruq bug'ga o'zgarmas bosimda issiqlik berilsa, uning harorati ko'tariladi, hajmi ortadi va to'yingan quruq bug', o'ta qizigan bug'ga aylanadi. Bug'ning o'ta qizish darajasi, Δt haroratlar ayirmasidan aniqlanadi:

$$\Delta t = t - t_m$$

t - o'ta qizigan bug'ning harorati;

t_m - to‘yingan quruq bug‘ning harorati.

Suyuqlik va quruq bug‘ning asosiy parametrlari. Bug‘ hosil bo‘lish issiqligi

Suvning 0^oS haroratda va turli bosimlardagi solishtirma hajmini taqriban $v_0 \approx 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$ ga teng, deb hisoblash mumkin $\left(v_0 = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{1000} = 0,001 \text{ m}^3 / \text{kg} \right)$.

Qaynayotgan suvning solishtirma hajmi v^l , bosimning ortishi bilan, ya‘ni harorat ham ortadi va yuqori bosimlarda 0^oS dagi solishtirma hajmidan sezilarli farq qiladi. Masalan, $r = 50 \text{ bar}$ bosimda $v^l = 0,0012859 \text{ m}^3/\text{kg}$, $r = 220 \text{ bar}$ bo‘lsa, $v^l = 0,00269 \text{ m}^3/\text{kg}$ bo‘ladi. Suvning haroratini 0^oS dan ma'lum bosimdagi qaynash haroratigacha oshirish uchun sarflanadigan issiqlik miqdori quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$q = h^l - h_0^l$$

bunda: h^l - qaynayotgan suvning entalg‘piyasi;

h_0^l - suvning 0^oS dagi entalg‘piyasi.

Termodinamikada suvning uchlamchi nuqtasidagi entalg‘piyasi va entropiyasi nolga teng deb qabul qilingan:

$$S_0^l = 0; h_0^l = 0.$$

Suvning uchlamchi nuqtasidagi parametrlari quyidagiga teng:

$$r_A = 0,00611 \text{ bar}; v_A = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}; t_A = 0,01 \text{ }^{\circ}\text{S}.$$

Suvning uchlamchi nuqtadagi ichki energiyasi:

$$U_0^l = h_0^l - v_0; V_0^l = 0 - 0,00611 \cdot 10^5 \cdot 0,001 = -0,611 \text{ J/kg}.$$

Bu kattalik juda kichik miqdor bo‘lib, 0^oS da suvning ichki energiyasini taqriban $u_0^l \approx 0$ deb hisoblash mumkin. Qaynayotgan suvning entalg‘piyasi bosimi va haroratiga asosan to‘yingan suv bug‘ining jadvalidan aniqlanadi.

Qaynayotgan suvning ichki energiyasini entalg‘piya ifodasi orqali aniqlanadi:

$$h = u + pv \text{ yoki } u^l = h^l - pv^l$$

Qaynash haroratigacha qizdirilgan suvga yana issiqlik berilishi davom ettirilsa, bug‘lanish sodir bo‘la boshlaydi. Bug‘lanish davomida harorat oxirgi suv tomchisi bug‘ga aylanmagunga qadar, o‘zgarmaydi. Bug‘lanish jarayoni ham izotermik, ham izobarik jarayondir.

Tarkibida suv zarrachalari bo‘lmagan, bosimi va harorati to‘yinib bosimi va haroratiga teng bo‘lgan bug‘ - quruq to‘yingan bug‘, deb ataladi.

1 kg suvni to‘yinib (qaynash) haroratida to‘liq quruq to‘yingan bug‘ga aylantirish uchun sarflanadigan issiqlik - bug‘ hosil bo‘lish issiqligi deb ataladi. Bug‘ hosil bo‘lish issiqligi r xarfi bilan belgilanadi. Bug‘ hosil bo‘lish issiqligi bosim va harorat orqali aniqlanadi.

Quruq to‘yingan bug‘ning entalg‘piyasi:

$$I^{11} = h^1 + r$$

Quruq to'yingan bug'ning ichki energiyasi:

$$U^{11} = h^{11} - v^{11}$$

To'yingan bug'ning holati bitta parametr: bosim yoki harorat bilan aniqlanadi. I^{11} , h^1 , r , v^{11} , v^1 ning qiymatlari suv bug'ining jadvalaridan topiladi.

Nazorat uchun savollar

1. Gidravlik mashinalarni xarakteristikasi.
2. Nasoslarning bosimi qanday.
3. Nasoslarning so'rish balandligi
3. Nasos qurilmasining tuzilishi.
4. Qanday termodinamik jarayonlarni bilasiz?
5. Izoxorik jarayon taxlilini keltiring.
6. Izobarik jarayon taxlilini keltiring.
7. Izotermik jarayon taxlilini keltiring.
8. Adiabatik jarayon taxlilini keltiring.
9. Politropik jarayon taxlilini keltiring.
10. Bug' hosil bo'lishini tushuntiring.