

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI**

QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI

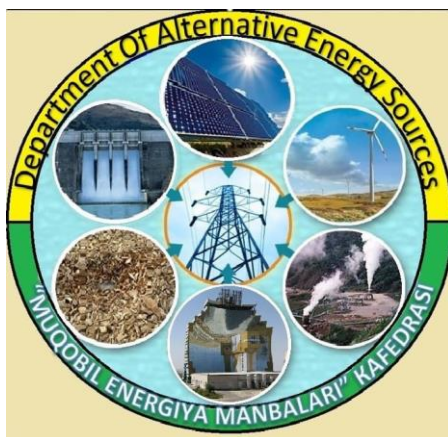


“Muqobil energiya manbalari” kafedrası

**“Issiqlik texnikasining nazariy asoslari”
fanidan**

**MA'RUZA MASHG'ULOTLAR
uchun**

USLUBIY KO'RSATMA



Qarshi-2022

Tuzuvchi:

Rahnatov O.I. - *“Muqobil energiya manbalari” kafedrasi assistenti*

Taqrizchilar:

Vardiyashvili A.A. - *QarDU “Kasbiy ta’lim” kafedrasi mudiri, t.f.n.*

Qodirov I.N. - *“Muqobil energiya manbalari” kafedrasi professori.*

Ushbu uslubiy ko'rsatma «Muqobil energiya manbalari» kafedrasi (Bayon № 1
24.08 2022 yil), Energetika fakulteti uslubiy kengashida (Bayon № 1 2022 yil) 26.08
hamda Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti Uslubiy kengashi (Bayon /
№ 1 29.08 2022 yil) qaroriga asosan o'quv jarayonida qo'llanishga tavsiya etilgan.



Kirish

Energetika inson va jamiyat hayotida muhim o‘rin tutadi, ayniqsa elektr va issiqlik energiyasi iqtisodiyotning barcha tarmoqlarida keng qo‘llaniladi. Inson sivilizatsiyasining rivojlanishi foydalanilayotgan energiya hajmi va turlari bilan har doim chambarchas bog‘liq bo‘lgan. XX-asr davomida, ayniqsa, so‘nggi 40 yil ichida dunyoda iqtisodiy rivojlanish maqsadida energiyadan foydalanish miqdori ancha oshdi. Elektr energiyasini ishlab chiqarish va issiqlikdan foydalanish tizimlari uchun oxirgi 40 yilda butun insoniyat tarixidagidan ko‘ra ko‘proq organik yoqilg‘i qazib olindi. Bugungi kunda dunyoda yoqilg‘idan foydalanish miqdori yiliga 12 milliard tonna neft ekvivalentini tashkil etadi (taxminan bir kishiga 2 tonna neft ekvivalenti). Xalqaro energetika agentligining ma’lumotiga ko‘ra, 2030 yilgacha har yili birlamchi energiyani ishlab chiqarish sur’ati o‘rtacha 1,7% dan ortib borishi hisoblangan. Neft, tabiiy gaz, ko‘mir va uran kabi qazib olinadigan yoqilg‘i turlari ayni paytda jahon energetika balansining negizini tashkil etadi va yaqin kelajakda ham shunday bo‘lib qoladi.

Bizning mamlakatimizda ham iqtisodiyotning rivojlanishi natijasida yaqin 2030-yilga borib yillik ishlab chiqariladigan elektr energiyasining miqdorini 105 mlrd. kilovatt soatga yetkazish, mamlakat energiya balansida qayta tiklanadigan energiya manbalarining ulushini 20-25 foizga yetkazish va isitish tizimlarida energiya sarfini 2-2,5 baravargacha qisqartirish vazifalari qo‘yilgan.

Shu sababli ushbu sohada yuqori malakali va raqobatbardosh kadrlarni tayyorlash dolzarb vazifa hisoblanadi. Bu esa o‘z navbatida texnika oliy ta’lim muassasalarida talabalarni termodinamika va issiqlik texnikasi masalalarini yechish malakasini shakllantirish va nazariy bilimlarini mustahkamlashda amaliy mashg‘ulotlar uchun o‘quv qo‘llanmalarni yaratish zaruratini keltirib chiqaradi.

1-MARUZA. KIRISH. ISSIQLIK TENIKASI FANINING MAQSADI VA VAZIFALARI.

Reja:

1. Fanning maqsadi va vazifalari.
2. Termodinamik sistema. Ishchi jism. Issiqlik.
3. Asosiy termodinamik holat parametrlari

Tayanch iboralar. termodinamik sistema, ishchi jism, issiqlik, termodinamik jarayon, sistemaning holati, bosim, temperatura, solishtirma hajm.

Termodinamika - «issiqlik– kuch» degan ma’noni bildiradi. Termodinamika metodlari tabiatning universal qonuni – energiya qonuniga asoslangan. Termodinamikaning mohiyati termodinamika qonunlarida ochib beriladi.

Fanni o’qitishdan maqsad talabalarda issiqlik mashinalari, qurilmalari va agregatlari yordamida issiqlik energiyasi hosil qilish, uni boshqa turdagi energiyaga aylantirib berish, taqsimlash uzatish usullarini nazariyasi va amaliy tomonlari, yoqilg’ilar yonish nazariyasi haqida fundamental bilimlarni, ularni muayyan sharoitlarga mos holda tanlash usullari bo’yicha yo’nalish profiliga mos bilim, ko’nikma va malakalar shakllantirish.

Fanning vazifasi talabalarga termodinamikaning asoslari– termodinamikaning I va II- qonunlari, issiqlik almashinish jarayonlari, yoqilg’i yonish asoslari, bug’ va gaz turbinalari va jarayonni amalga oshiruvchi mashina va agregatlar tuzilishi, ishlash printsiplarini o’rganishdan iborat.

Ma’lumki, termodinamika issiqlik effektlari bilan sodir bo’ladigan turli xil jarayonlarda energiya bir turdan ikkinchi turga aylanishini o’rganuvchi, hamda u keng ma’noda energiya va uning xossalari haqidagi fandır.

Termodinamika moddalarning ichki tuzilishini emas, balki ularning turli xossalari orasidagi nisbatlarni o’rganish bilan shug’ullanadi. Umuman olganda termodinamika quyidagi turlarga bo’linadi:

1) Fizikaviy termodinamika;

2) Kimyoviy termodinamika;

3) Texnik termodinamika.

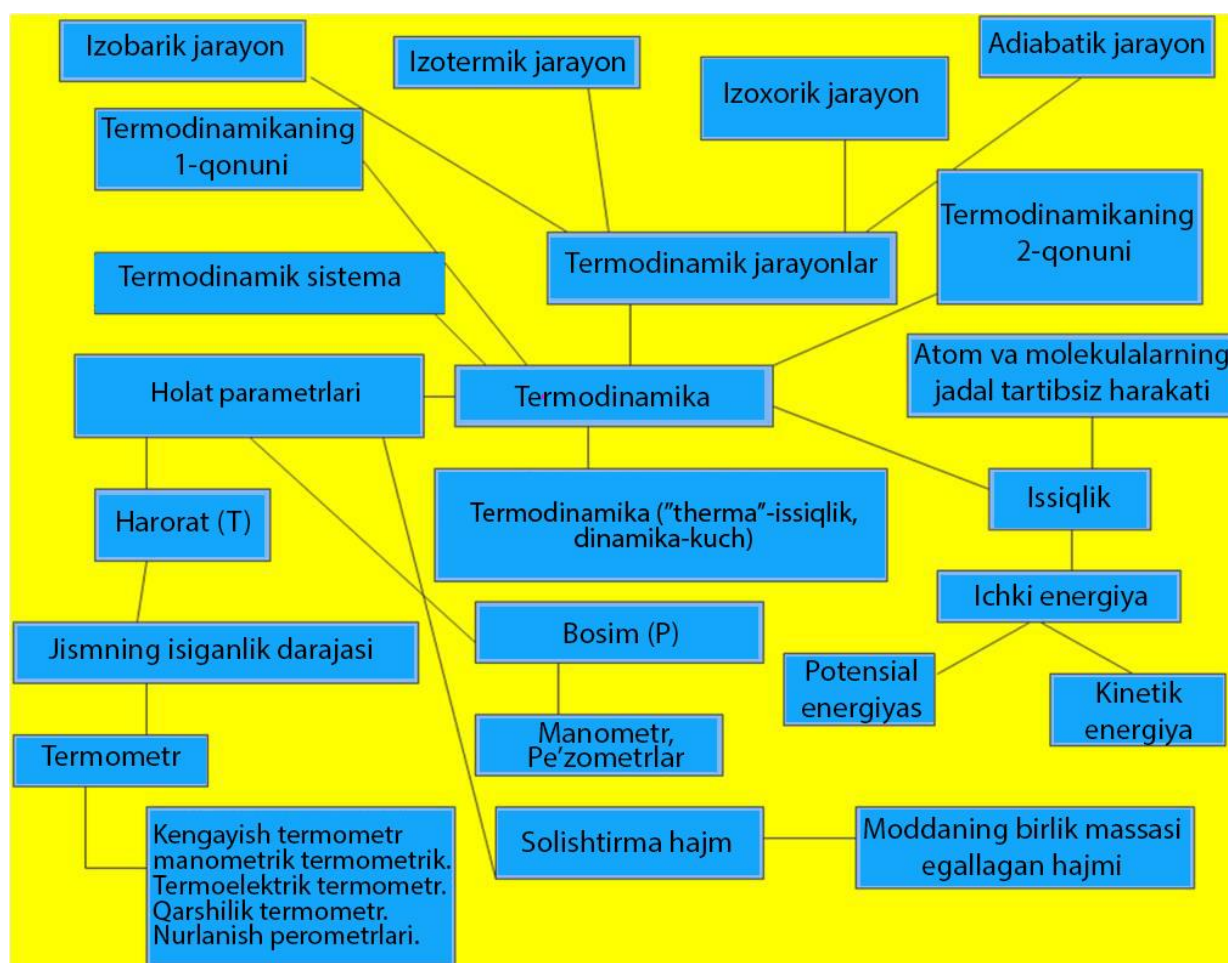
Texnik termodinamika issiqlik va ishni o‘zaro bir – biriga aylanishini o‘rganuvchi fan bo‘lib, uning asosiy vazifasi issiqlik dvigatellari nazariyasini, ya’ni issiqlik energetikasi qurilmalari nazariyasini asoslab berishdan iborat.

Ma’lumki, issiqlikdan foydalanishning ikki turi bor:

1) Energetikaviy foydalanish;

2) Texnologik foydalanish.

1-rasmda “Termodinamika” fanining sodda ko‘rinishdagi klaster sxemasi keltirilgan.



1-rasm. “Termodinamika” fanining sodda ko‘rinishdagi klaster sxemasi.

Issiqlikdan energetikaviy foydalanish issiqlikni mexanikaviy ishga aylantirish jarayonlariga asoslangan. Bu jarayonlar texnikaviy termodinamikada o‘rganiladi. Issiqlikni ishga aylantirishda foydalaniladigan issiqlik texnikasining

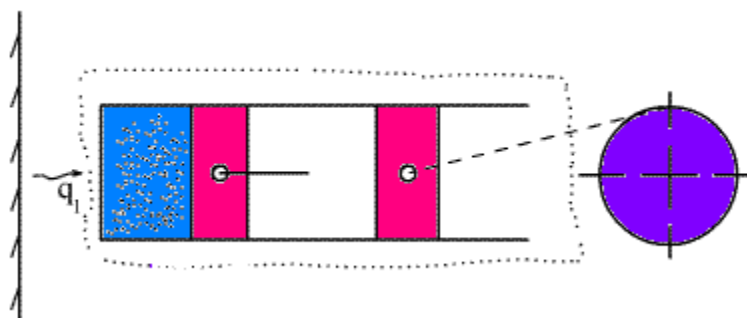
qurilmalari issiqlik dvigatellari deyiladi. Ularga ichki yonuv dvigatellari, bug‘ va gaz turbinalari kiradi.

Issiqlikdan texnologik foydalanish turli xil texnologik jarayonlarni amalga oshirishda bevosita qizdirish yoki sovitish jarayonlari uchun issiqlikdan foydalanishga asoslangan. Turli xil metallurgiya pechlari, isitish pechlari, termik ishlov berish, quritish va kuydirish (pishirish) pechlari, ximiyaviy va neftni haydash korxonalarida belgilangan issiqlik rejimini saqlab turadigan pechlar, issiqlik almashinuv apparatlari, issiqlikning bevosita keltirilishi va olib ketilishidan texnologik maqsadlarda foydalaniladigan qurilmalar jumlasiga kiradi.

Bizga ma’lumki, har bir fanni o’rganishda asosiy tushunchalardan (terminlardan) foydalaniladi. “Termodinamika ” fanini o’rganishda ham quyidagi **Asosiy tushunchalar** ishlatiladi: termodinamik sistema, ishchi jism, issiqlik, termodinamik jarayon, sistemaning holati, bosim, temperatura, solishtirma hajm, issiqlik sig‘imi, ichki energiya, entropiya, entalpiya, aylanma sikl, va h.k.z.

2-§. TERMODINAMIK SISTEMA. ISHCHI JISM. ISSIQLIK

Termodinamik sistema deb o’zaro va boshqa jismlar bilan energiya va modda almasha oladigan jismlar majmuiga aytiladi.



2-rasm. Termodinamik sistema.

Silindrda joylashgan va tashqi muhitdan porshen orqali chegaralangan ishchi jism eng oddiy termodinamikaviy sistemaga misol bo‘ladi (2-rasm).

Tashqi muhit bilan energiya almashinish natijasida termodinamikaviy sistema holatining o'zgarishi termodinamik jarayon deyiladi.

Termodinamik sistema bir qancha fizik kattaliklar bilan ifodalanadi. Bu kattaliklar tizimning atrof - muhit bilan o'zaro ta'siri oqibatidagi holatini aniqlash imkonini beradi. Termodinamik tizim muvozanatda bo'lishi uchun jismning barcha nuqtalaridagi bosim va harorat bir xil bo'lishi kerak. Termodinamika uslublari faqat muvozanatdagi tizimlar uchun qo'llaniladi.

Termodinamik sistemaning quyidagi turlari mavjud:

a) sistemaning holat parametrlari vaqt davomida o'zgarmasa, bunday sistema **muvozanatli sistema** deyiladi;

b) atrof – muhit bilan ham modda, ham energiya almasha olishi mumkin bo'lgan sistema **ochiq termodinamik sistema** deyiladi;

v) atrof - muhit bilan faqat energiya almashadigan sistemaga **yopiq termodinamik sistema** deyiladi;

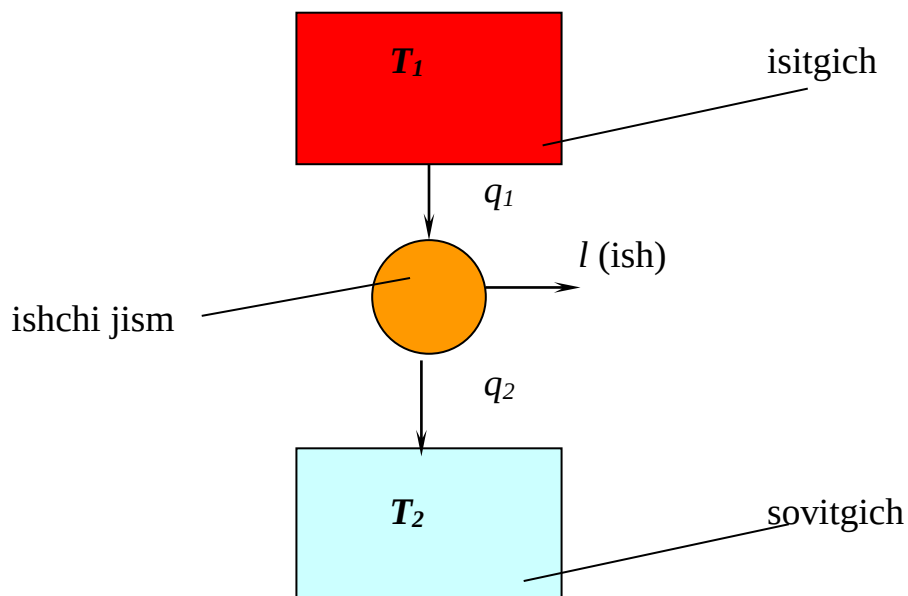
g) atrof - muhit bilan issiqlik almashmaydigan sistema **adiabatik termodinamik sistema** deyiladi;

d) atrof - muhit bilan na issiqlik, na modda almashmaydigan sistema **izolyasiyalangan termodinamik sistema** deyiladi.

Texnikaviy termodinamika issiqlik dvigatellarida (bug' mashinalari, turbinalari, ichki yonuv dvigatellari, ...) ish bilan issiqlikning bir-biriga aylanishini o'rganish asosida fan sifatida tarkib topgan. Istalgan turdagi issiqlik dvigatelining ish jarayoni isitgich deyiladigan harorati T_1 bo'lgan issiqlik manbai va sovitgich deyiladigan harorati $T_2 < T_1$, sovituvchi muhit bo'lganda amalga oshirilishi mumkin.

Ma'lumki, isitgich sovitgichga bevosita tegib turganida issiqlik sovitgichga o'tadi. Lekin bunda hech qanday ish bajarilmaydi. Mexanikaviy ish olish uchun, ya'ni issiqlikni ishga aylantirish uchun ishchi jism deb ataladigan yana bir qo'shimcha jism zarur bo'ladi. Demak, – **ishchi jism** deb issiqlikni ishga yoki ishni issiqlikka aylanishida xizmat qiladigan moddalarga aytiladi (3 – rasm). Ishchi jism bo'lishi mumkin: ichki yonuv dvigatelida (IYoD), gaz turbinalarida- yoqilg'ning yonish maxsulotlari- gazlar(tutun gazlar); bug' turbinasida - suv bug'I, sovitish

mashinalarida ammiak yoki freon ishchi jism hisoblanadi. Isitgich vazifasini yonish maxsulotlari, sovitgich vazifasini- atmosfera yoki ishlatilgan suv bug‘ini qabul qilib oladigan kondensator o‘taydi.



3 – rasm. Issiqlik dvigatelining prinsipial sxemasi.

Ma’lumki, moddalar uchta holatning (qattiq, suyuqlik va gaz) birortasi ko‘rinishida ishchi jism sifatida ishlatiladi.

Issiqlik- materiya harakatining bir shaklidir. Moddani tashkil etgan zarra- chalar va maydonlar majmuasi materiya deyiladi. Moddaning tarkibiy qismiga kirgan elektron, atom, molekula, zarracha, kristall panjara tugunlarida joylashgan atomlarning murakkab harakati natijasida paydo bo‘ladigan energiya-issiqlikdir.

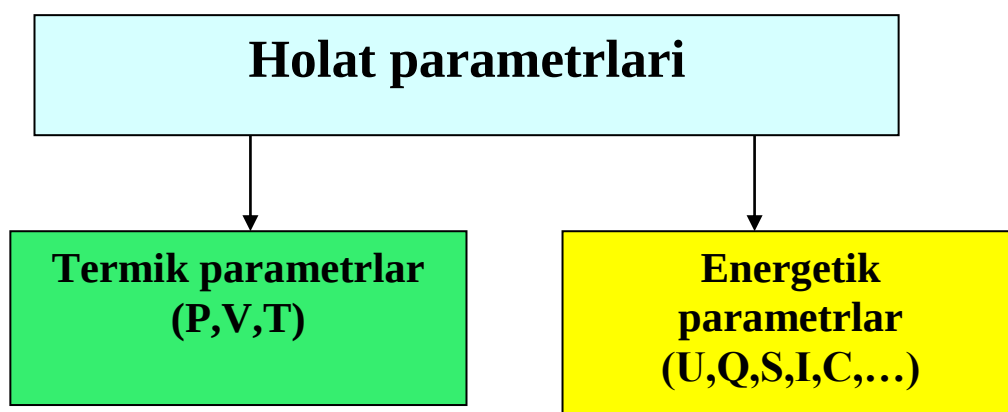
Molekulyar-kinetik nazariya nuqtai nazaridan tushuntirilgan bu g‘oyani XVIII asrda D.Bernulli va Volter rivojlantirdi. XIX asrga kelib issiqlik haqidagi g‘oyani R.Mayer, J.Joul, R.Klauzius, D.Maksvell yana ham rivojlantirdilar.

Issiqlik energiyasi jismlarning o‘zaro ta’sirlashuvi (kontakti) natijasidir. Konveksiya va radiatsiya (nur) chiqarish usullarida jismlar orasida temperatura farqi mavjud bo‘lgandagina issiqlik o‘tadi. Chunki, issiqlik termodinamik sistemada

kechadigan jarayonlarda qatnashadigan zarrachalarning muhit bilan mexanik va issiqlik ta'sirlashuvining energetik tavsifi hisoblanadi. Sistemalararo temperaturalar farqi bo'lsagina issiqlik energiya sifatida birinchi sistemadan ikkinchisiga o'tadi.

3-§. ASOSIY TERMODINAMIK HOLAT PARAMETRLARI

Termodinamik sistemaning fizikaviy holatini aniqlab beruvchi fizik kattaliklar **holat parametrlari** deb ataladi. Termodinamik sistema ishchi jismi va issiqlik manbaidan iborat bo'ladi. Istalgan turdagi issiqlik dvigatelining ish jarayoni isitgich deyiladigan temperaturasi T_1 bo'lgan issiqlik manbai va sovitgich deyiladigan T_2 temperaturali sovituvchi bo'lgandagina amalga oshirish mumkin. Ish olish uchun issiqlik dvigateliga ish jismi deyiladigan yana bir jismni kiritish zarur. Ichki yonuv dvigatellarida gaz, bug' turbinalarida esa suv bug'i ish jismi hisoblanadi. Isitgich vazifasini yonilg'ining yonish mahsulotlari, sovitgich vazifasini esa ishlab bo'lgan gaz chiqarib tashlanadigan atmosfera yoki ishlatilgan suv bug'ini qabul qiluvchi kondensator o'taydi. Holat parametrlariga bir qator kattaliklar kiradi: solishtirma hajm, bosim, harorat, ichki energiya, entalpiya, entropiya, kontsentratsiya, zichlik va boshqalar.



4-rasm. Asosiy holat parametrlari.

Lekin kuch maydonlari (gravitatsion, elektromagnit va boshqa) bo'lmagan hollarda bir jinsli jismning holatini 3 ta parametr bilan, ya'ni **bosim (P)**, **solishtirma hajm (v)** va **temperatura (T)** bilan aniqlanadi (4-rasm). Bu uchta parametr o'zaro matematik bog'lanishda bo'lib, **asosiy holat parametrlari** deb ataladi.

Agar sistemaning termodinamikaviy holati o'zgartirilsa, ya'ni issiqlik keltirilsa yoki olib ketilsa, gazni siqilsa yoki unga kengayish uchun imkon berilsa, u holda ko'rib chiqilayotgan sistemaning ba'zi yoki barcha parametrlari o'z kattaligini o'zgartiradi. Holat parametrlari ishchi jismning holatini istalgan vaqtda butun jism bo'ylab bir xil qiymatda ega bo'lgan holdagina belgilaydi. Bunda ishchi jismning holati **muvozanat holda** deyiladi.

Biz yuqorida aytilgan **asosiy holat parametrlarini** ko'rib chiqamiz:

1) Bosim- Sirtning yuza birligiga normal bo'yicha ta'sir etuvchi kuchga bosim deyiladi, ya'ni

$$P = \frac{F}{S} \quad (1)$$

bunda p – bosim; F – kuch; S – yuza. Bosim SI sistemasida $\frac{N}{m^2}$ da o'lchanadi.

1 $\frac{N}{m^2}$ bosim «Paskal» deb yuritiladi. 1 Paskal kichik kattalik bo'lganligi sababli texnikada bosimlarni o'lchashda kPa ($10^3 Pa$), MPa ($10^6 Pa$) lardan foydalaniladi. Bosimni o'lchashda yana bar, texnikaviy atmosfera ($1 kg.k/sm^2$), millimetr suv yoki simob ustuni ham ishlatiladi. Ular orasidagi tafovutlar quydagicha:

$$1 atm (fiz.) = 1013225 Pa = 101,325 kPa;$$

$$1 atm (tex.) = 98066,5 Pa = 98,0665 kPa \approx 0,1 MPa;$$

$$1 mm.suv.ust. = 133,322 Pa;$$

$$1 bar = 100 kPa = 0,1 MPa = 10^5 Pa;$$

$$1 kg.f/sm^2.(kg*kuch/sm^2)= 98066,5 Pa$$

Ko'p jarayonlar atmosfera bosimi (barometrik) dan katta bosimlarda sodir bo'ladi (bug' qozonida bug'ning bosimi). Atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan (idishdagi)bosimga **ortiqcha bosim** yoki **manometrik bosim** deb ataladi. Bosimni o'lchash printsiplari 5-rasmda tasvirlangan.

Manometrik va atmosfera bosimlarining yig'indisiga yani idish devoriga tasir etuvchi to'liq bosimga **absolyut (mutloq)** bosim deyiladi:

$$P_{abs} = P_{ort} + P_{atm} \quad (2)$$

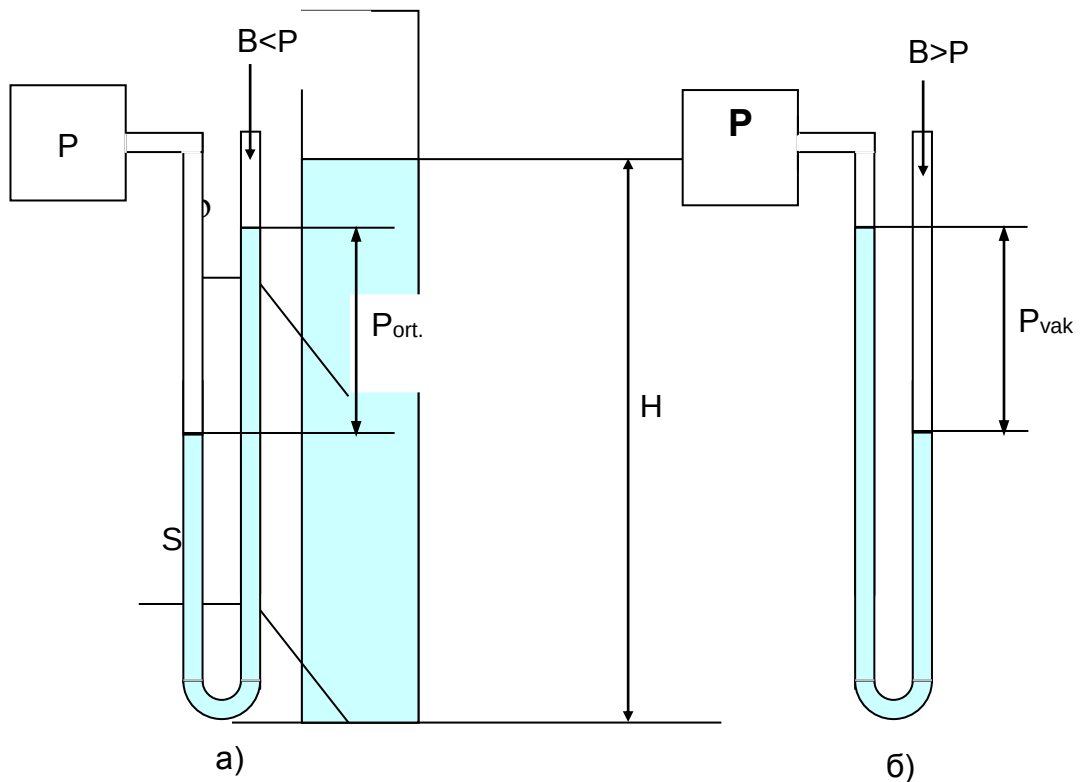
Manometrik yoki ortiqcha bosim quyidagiga teng bo'ladi:

$$P_{ort} = P_{abs} - P_{atm} = \rho gh \quad (3)$$

Agar biror idishdagi gazning bosimi atmosfera bosimidan kichik bo'lsa ($P_{abs} < P_{atm}$),

$$P_{abs} = P_{atm} - P_{vak} \quad (4)$$

bu yerda P_{vak} – siyraklashish, vakuum bosim, yani atmosfera bosimidan kichik bosim.



5-rasm. Bosimni o'lchash printsiplari: a) manometrik bosim; b) vakuum

Ortiqcha bosim va vakuum bosim holat parametri hisoblanmaydi, chunki ular bir xil absolyut bosimda atmosfera bosimiga bog'liq ravishda turli xil qiymatlarga ega bo'lishi mumkin. Shuning uchun faqat absolyut bosim moddaning asosiy holat parametri hisoblanadi.

2) Harorat. Harorat deb jismni isiganlik darajasini aniqlovchi kattalikka aytiladi. Molekulyar – kinetik nazariyaga asosan jismning isiganlik darajasi (harorati) shu jism molekulalari xaotik harakatining tezligiga bog'liq. Jismga issiqlik berilsa, molekulalarning harakat tezligi ortadi. Bunda jism qiziydi, ya'ni uning harorati

ko‘tariladi. Issiqlik olib ketilsa, molekulalarning harakat tezligi kamaya boshlaydi, ya’ni jism soviydi. Uning harorati pasayadi.

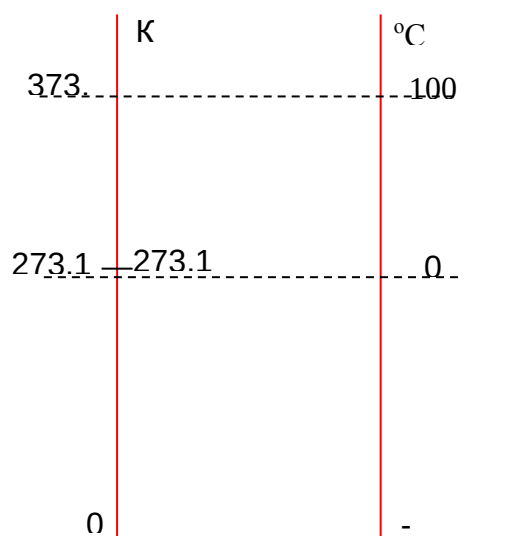
Shunday qilib, shu jismning (gazning) harorati gaz molekularining o‘rtacha kinetik energiyasining o‘lchovi hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan qaraganda harorat energiya birligida o‘lchanishi kerak. Lekin texnikada bu usul noqulay.

Termodinamikaviy tadqiqotlarda 1848 yilda buyuk ingliz fizik olimi Kelvin taklif etgan shkaladan foydalaniladi. Kelvin shkalasining noli sifatida ideal gaz molekulalarining harakati to‘xtaydigan harorat qabul qilingan. Bu harorat – **absolyut nol deyiladi**. Selsiy shkalasi bo‘yicha absolyut nol – 273,15 °C ga teng bo‘ladi. Kelvin shkalasi bo‘yicha hisoblangan harorat hamisha musbat bo‘ladi. U absolyut harorat deyiladi va « T » bilan belgilanadi. Harorat shkalalari **6-rasmda** keltirilgan.

Amalda ko‘proq Selsiy shkalasidan ham foydalaniladi. Bu shkalaning sanoq boshi qilib suvning uchlamchi nuqtasi qabul qilingan (aniqrog‘i 0,01 °C yoki 273,15 °K). Absolyut shkala bo‘yicha olingan harorat bilan quyidagicha bog‘langan:

$$T = t + 273,15 \quad (5)$$

Hozirgi vaqtda texnikaviy hisoblarda Farengeyt, Reomyur va Renkin shkalalaridan ham foydalanish mumkin.



6-rasm. Harorat shkalalari.

Turli harorat shkalalari orasidagi nisbat.

1- jadval.

Shkalalarning nomi	Selsiy shkalasi, t, °C	Renkin shkalasi, T, °Ra	Farangeyt shkalasi, t, °φ	Reomyur shkalasi, t, °R
Selsiy shkalasi, °C	-	$\frac{3}{9}T^{\circ}Ra - 273,15$	$\frac{t^{\circ}\varphi - 32}{1,8}$	1,25t°R
Renkin shkalasi, °Ra	1,8(t°C++273,15)	-	t°φ+459,67	1,8(1,25t°R++273,15)
Farangeyt shkalasi °φ	1,8t°C+32	t°Ra–459,67	-	$\frac{9}{4}t^{\circ}R$
Reomyur shkalasi, °R	0,8t°C	$0,8(\frac{5}{9}T^{\circ}Ra -- 273,15)$	$\frac{4}{9}(t^{\circ}\varphi - 32)$	-

3) Solishtirma hajm. Solishtirma hajm deb, jism egallagan hajmining massasiga nisbatiga teng bo‘lgan kattalikka aytiladi:

$$v = \frac{V}{m} \quad (6)$$

bu yerda V – moddaning hajmi, [m³]; m – moddaning massasi [kg].

Moddaning solishtirma hajmi [m³/kg] yoki [sm³/kg] hisobida o‘lchanadi.

Agar moddaning zichligi $\rho = \frac{m}{V}$ tenglama orqali aniqlanishini e’tiborga olsak, u holda solishtirma hajm:

$$v = \frac{1}{\rho} \quad (7)$$

Demak, solishtirma hajm zichlikka teskari kattalikdir, ya’ni

$$\rho = \frac{1}{v}; \quad \rho \cdot v = 1. \quad (8)$$

Nazorat uchun savollar:

1. Fanning maqsadi va vazifasi nimadan iborat?
2. Ishchi jismning parametrlarini aytib bering.
3. Termodinamik sistema deb nimaga aytiladi?
4. Qanday kattaliklar asosiy termodinamik parametrlar deb yuritiladi?

2-MARUZA. ISSIQLIK SIG'IMI. GAZLAR ISSIQLIK SIG'IMINING MOLEKULAR – KINETIK NAZARIYASI

Reja:

4. Issiqlik sig'imi. Haqiqiy va o'rtacha issiqlik sig'implari.
5. Gazlar issiqlik sig'imining molekulyar – kinetik nazariyasi. Mayer tenglamasi
6. Issiqlik sig'imini jarayonga va haroratga bog'liqligi

Tayanch iboralar: issiqlik sig'imi, haqiqiy issiqlik sig'imi, o'rtacha issiqlik sig'imi, massaviy issiqlik sig'imi, hajmiy issiqlik sig'imi, molyar issiqlik sig'imi.

Jismni bir gradusga isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori jismning **ISSIQLIK SIG'IMI** deb aytiladi. Turli xil moddalarni bir xil temperaturagacha isitish uchun ularning har biriga turlicha miqdordagi issiqlik energiyasini uzatish zarur bo'ladi. Bu hol moddaning agregat holatiga va tuzilishiga bog'liq.

Bu ta'rifdan moddaning issiqlik sig'imi jismning ekstensiv xossasi ekanligi kelib chiqadi. Haqiqatan ham, ayni jism tarkibidagi moddalar qanchalik ko'p bo'lsa, shu jism issiqlik sig'imining kattaligi ham shunchalik katta bo'ladi.

Modda miqdori birligining issiqlik sig'imi solishtirma issiqlik sig'imi deb aytiladi. Solishtirma issiqlik sig'imi moddaning intensiv xossasidir, ya'ni uning kattaligi moddaning tizimdagi miqdoriga bog'liq bo'lmaydi. Biz bundan buyon faqat solishtirma issiqlik sig'imi bilan ish olib borishimiz tufayli solishtirma issiqlik sig'imini soddagina qilib issiqlik sig'imi deb ataymiz.

HAQIQIY VA O'RTACHA ISSIQLIK SIG'IMI

Issiqlik sig'imini c harfi bilan belgilaymiz. Issiqlik sig'imining keltirilgan ta'rifidan

$$c = \frac{q_{1-2}}{t_2 - t_1} \quad (22)$$

ekanligi kelib chiqadi.

Bu yerda t_1 – boshlang'ich temperatura; t_2 – oxirgi temperatura;

$q_{1-2} - t_1$ temperaturadan t_2 temperaturagacha isitish jarayonida modda miqdori birligiga keltirilgan issiqlik.

Issiqlik sig'imi o'zgarish kattalik emas. Temperatura o'zgarishi bilan u o'zgaradi, shuning uchun ham (22) nisbat yordamida aniqlanadigan issiqlik sig'imi **haqiqiy issiqlik sig'imi** deb atiladigan issiqlik sig'imidan farqli o'laroq t_1-t_2 temperaturalar intervalidagi **o'rtacha issiqlik sig'imi** deb atiladi.

Haqiqiy issiqlik sig'imi, jismga uni isitish jarayonida keltiriladigan issiqlik miqdoridan shu jismning temperaturasi bo'yicha hosila olib aniqlanadi:

$$c = \frac{dq}{dt} \quad (23)$$

bundan

$$q_{1-2} = \int_{t_1}^{t_2} c dt \quad (24)$$

Termodinamikada issiqlik sig'imi massaviy, molyar va hajmiy issiqlik sig'imlariga ajratiladi. Moddaning massasi birligining temperaturasini 1°C ga o'zgartirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori **massaviy issiqlik sig'imi** deb atiladi:

$$c = \frac{1}{m} \cdot \frac{\Delta q}{\Delta T} \left[\frac{J}{\text{kg} \cdot \text{grad}} \right] \quad (25)$$

Moddaning hajm birligiga keltirilgan issiqlik miqdoriga **hajmiy issiqlik sig'imi** deb atiladi:

$$c^1 = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta q}{\Delta T} \left[\frac{J}{\text{nm}^3 \cdot \text{grad}} \right] \quad (26)$$

Moddaning bir *moli* (yoki kilomoli) ga keltirilgan issiqlik miqdoriga **molyar issiqlik sig'imi** deb atiladi:

$$\mu c = \frac{\mu}{m} \cdot \frac{\Delta q}{\Delta T} \left[\frac{J}{\text{kmol} \cdot \text{grad}} \right] \quad (27)$$

Yuqoridagi kattaliklar o'rtasida quyidagicha bog'liqlik mavjud:

$$c = \mu c / \mu; \quad (28)$$

$$c^1 = \mu c / 22,4 \quad (29)$$

va

$$c^1 = c_p \quad (30)$$

GAZLAR ISSIQLIK SIG'IMINING MOLEKULAR – KINETIK NAZARIYASI. MAYER TENGLAMASI

Termodinamik hisoblarda o'zgarmas hajmda gazning issiqlik sig'imi muhim ahamiyatga ega.

$$C_v = \frac{dq_v}{dT} \quad (31)$$

Ya'ni o'zgarmas hajmda berilgan dq_v issiqlikni jismning dT harorat o'zgarishiga nisbati izoxorik sig'imiga teng bo'ladi.

$P = \text{const}$ da issiqlik sig'imi esa quyidagiga teng:

$$C_p = \frac{dq_p}{dT} \quad (32)$$

1 kg gaz uchun termodinamikaning birinchi qonunini yozamiz:

$$dq = du + dl = du + Pdv \quad (33)$$

$$dq = CdT \quad (34)$$

bu ifodani (33) ga qo'ysak,

$$CdT = du + Pdv \quad (34)$$

dT ga har ikkala tomonini bo'lamiz:

$$C = \frac{du}{dT} + P \frac{dv}{dT} \quad (35)$$

hosil bo'ladi.

Bunda quyidagi hollarni ko'rib chiqamiz.

1) Agar $v = \text{const}$ bo'lsa,

$$dv = 0, P \frac{dv}{dT} = 0 \quad (36)$$

U holda,

$$C = C_v = \left(\frac{du}{dT} \right)_v \quad (37)$$

(37) dan

$$du = C_v dT \quad (38)$$

Hosil bo'lgan tenglamani (32) ga qo'ysak termodinamika 1 – qonunini issiqlik sig'imi orqali ifodasi hosil bo'ladi:

$$dq = C_v dT + P dv \quad (39)$$

2) Agar $P = \text{const}$ bo'lsa, $dP = 0$ bo'ladi.

$Pv = RT$ tenglamasini integrallaymiz:

$$P dv + v dP = R dT \quad (40)$$

(31) dan

$$dq_p = C_p dT \quad (41)$$

ni hosil qilish mumkin. (40) va (41) larni (39) ga qo'yamiz va xar ikkala tomonini dT ga bo'lamiz:

$$C_p dT = C_v dT + R dT$$

yoki

$$\boxed{C_p = C_v + R} \quad \text{va} \quad \boxed{C_p - C_v = R} \quad (42)$$

Hosil bo'lgan (42) tenglama **MAYER tenglamasi deb yuritiladi.**

Haqiqiy gazlar uchun $C_p - C_v > R$, chunki haqiqiy (real) gazlarda ($P = \text{const}$) kengayishda faqat tashqi emas, balki ichki ish ham bajariladi.

Klassik molekulyar – kinetik nazariyaga asosan ideal gaz oralaridagi o'zaro ta'sir kuchlari e'tiborga olinmaydigan absolyut qattiq molekulalardan tashkil topgan deb qaraladi. Bu molekulalar faqat ilgarilanma va aylanma xarakat energiyasiga ega. Molekulaning ilgarilanma harakatini uchta koordinata o'qlari bo'yicha yoyish mumkin, shuning uchun molekula ilgarilanma harakati bo'yicha uchta erkinlik darajasiga egadir. Aylanma erkinlik darajasi gazning atomlar soniga bog'liq.

Bir atomli gaz faqat ilgarilanma xarakatning uchta erkinlik darajasiga ega ($i=3$). Ikki atomli gazning molekulasini ham ilgarilanma ham umumiy og'irlik markazi

atrofida aylanma xarakatda bo‘ladi. Shuning uchun ikki atomli gaz 5 ta ($i=5$) erkinlik darajasiga ega, shundan 3 tasi ilgarilanma xarakatga, 2 tasi esa aylanma xarakatga tegishli.

Uch atomli va ko‘p atomli gazlar 6 ta ($i=6$) erkinlik darajasiga ega. Kinetik nazariyadan ma’lumki, ideal gazning idish devoriga bosimi atomlar ilgarilanma xarakat kinetik energiyasining $2/3$ qismiga teng, ya’ni

$$P = \frac{2}{3} \frac{nm\bar{w}^2}{2} \quad (43)$$

bu yerda P – gazning bosimi, N/m²; n – 1 m³ dagi atomlar soni; m – bitta atomning massasi; $\bar{w}^2$ – atomlarning o‘rtacha kvadrat tezligi

$$\bar{w}^2 = \frac{(w_1^2 + w_2^2 + \dots + w_n^2)}{n} \quad (44)$$

bunda $w_1, w_2, \dots, w_n$ – alohida atomlar tezligi.

(43) tenglamani har ikkala tomonini kilomol hajm V_μ ga ko‘paytirib 1 kmol gaz uchun tegishli tenglamani hosil qilamiz:

$$PV_\mu = \frac{2}{3} \frac{nV_\mu m\bar{w}^2}{2} \quad (45)$$

Bu tenglamada $nV_\mu = N - 1$ kmol gazdagi atomlar sonini ifodalaydi (N – Avogadro soni):

$$PV_\mu = \frac{2}{3} \frac{Nm\bar{w}^2}{2} \quad (46)$$

$\frac{m\bar{w}^2}{2}$ - bitta atomning ilgarilanma harakati o‘rtacha kinetik energiyasini ifodalaydi, u holda 1 kmol bir atomli gazning ichki energiyasi barcha atomlarning kinetik energiyasiga teng bo‘ladi:

$$\mu u = \frac{Nm\bar{w}^2}{2} \quad (47)$$

(46) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$PV_\mu = \frac{2}{3} \mu u \quad (48)$$

bundan

$$\mu u = \frac{2}{3} PV_\mu \quad (49)$$

Bunda $PV_\mu = \mu RT$ ekanligini e'tiborga olsak:

$$\mu u = \frac{3}{2} \mu RT \quad (50)$$

bo'ladi.

$R = 8,3142 \text{ kJ/kmol K}$, u holda bir atomli gaz uchun:

$$\mu u = \left(\frac{3}{2}\right) 8,3142 T = 12,5 T \quad (51)$$

(50) tenglamadan ichki energiyadan harorat bo'yicha hosila olamiz:

$$\frac{d\mu u}{dT} = \mu C_v = \frac{3}{2} \mu R \quad (52)$$

Bu tenglamadan ko'rinadiki, μC_v haroratga bog'liq emas. Demak, (50) tenglama bir atomli ideal gazning ichki energiyasini ifodalaydi, ya'ni bu gaz $PV_\mu = \mu RT$ tenglamaga bo'ysunadi, $\mu C_v = \text{const}$.

Bir atomli gazning molyar issiqlik sig'imi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\frac{d\mu u}{dT} = \mu C_v = \frac{3}{2} \mu R$$

Bundan ko'rinadiki, bir atomli gazda xarakatning har bir erkinlik darajasiga $12,5:3 = 4,16 \text{ kJ/kmol } ^\circ\text{C}$ issiqlik energiyasi sarf bo'ladi. Agar (52) dan μC_v ning qiymatini Mayer tenglamasiga qo'ysak,

$$\mu C_p = \left[\frac{i+2}{2} \right] \mu R \quad (53)$$

yoki bir atomli gaz uchun

$$\mu C_p = \left[\frac{3+2}{2} \right] \cdot 8,3142 \approx 20,8 \text{ kJ/kmol } ^\circ\text{C}$$

ISSIQLIK SIG'IMINI JARAYONGA VA HARORATGA BOG'LIQLIGI

Turli moddalarning issiqlik sig'imlarini xarakterlash ularni o'zaro taqqoslab olish uchun va texnikaviy hisoblashlarda solishtirma issiqlik tushunchasi kiritilgan.

Moddaning miqdor birligi haroratini $1 ^\circ\text{C}$ ga o'zgartirish uchun zarur bo'ladigan issiqlik miqdori **solishtirma issiqlik sig'imi** deyiladi.

Tanlangan birliklarga qarab turlicha solishtirma issiqlik sig'imlari bo'ladi:

- 1) 1 kg moddani haroratini 1 °C o'zgartirish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdori solishtirma massaviy issiqlik sig'imi deyiladi, ya'ni

$$c = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \cdot \frac{1}{m} \quad \frac{J}{m^3 \cdot ^\circ C}$$

- 2) 1 m³ moddaga nisbatan olingan, solishtirma hajmiy issiqlik sig'imi:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \cdot \frac{1}{m} \quad \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

- 3) 1 molga nisbatan olingan solishtirma molyar issiqlik sig'imi:

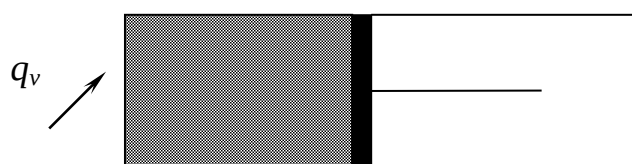
$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \cdot \frac{1}{\mu} \quad \frac{J}{mol \cdot ^\circ C}$$

O'zgarmas hajmda va o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi.

Gazsimon jismlarda issiqlik sig'imi suyuq va qattiq jismlardagidan farq qilib, jismga issiqlik keltirilayotgandagi yoki undan olib ketilayotgandagi tashqi sharoitlarga ko'p jihatdan bog'liq bo'ladi.

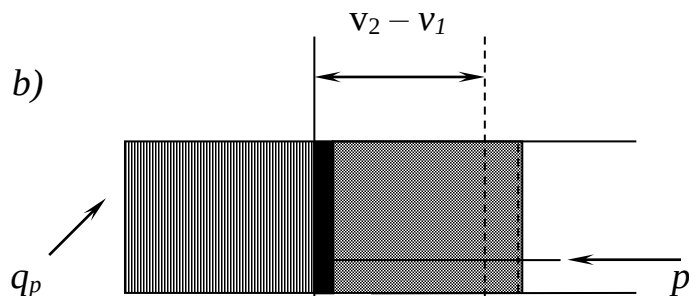
Issiqlik texnikasida o'zgarmas hajmda ($v = \text{const}$) va o'zgarmas bosimda ($P = \text{const}$) boradigan jarayonlar katta ahamiyatga ega. Jarayonlar o'zgarmas hajmda borgandagi issiqlik sig'imi – izoxorik issiqlik sig'imi C_v va o'zgarmas bosimda borganda esa izobarik issiqlik sig'imi C_p deb ataladi. Gaz izoxoraviy isitilganda uning hajmi kengaymaydi. Binobarin, u tashqi kuchlarga qarshi ish bajarmaydi. Gaz izobarik isitilganda kengayib porshenga ta'sir etuvchi P kuchni yongib, porshenni unga siljitadi, ya'ni ish bajaradi. O'zgarmas hajmda va o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imlarini tasviri 7-rasmda keltirilgan.

a)



$p_1 v_1 T_1$
izoxorik jarayon
 $v = \text{const}$

b)



$p_1 v_1 T_1$
izobarik jarayoni
 p

7-rasm. O'zgarmas hajmda va o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi.

Demak, bir gazning o'zini bir xil sharoitda bir xil haroratgacha qizdirilganda izobarik jarayonda izoxorik jarayonga nisbatan ko'p issiqlik sarflash kerak bo'ladi.

Ikkala tsilindrda ham gaz bir xil haroratga qadar qizigani uchun ikkinchi holda ($P = \text{const}$) issiqlik bajarilgan ish miqdori qadar (l) ko'p sarflanadi:

$$q_p = q_v + l \quad (54)$$

$$l = P (v_2 - v_1) = p \Delta v \quad (55)$$

Gazlarning issiqlik sig'imi uning fizikaviy tabiatiga, jarayon bajarayotgan sharoitga, shuningdek, haroratga bog'liq bo'ladi.

Nazorat uchun savollar:

1. Issiqlik sig'imi nima uchun ishlatiladi?
2. Issiqlik sig'im necha hil bo'ladi va ular qaysilar?
3. Mayer tenglamasini keltirib chiqaring.

3-MARUZA. ENERGIYANING SAQLANISH VA AYLANISH QONUNI

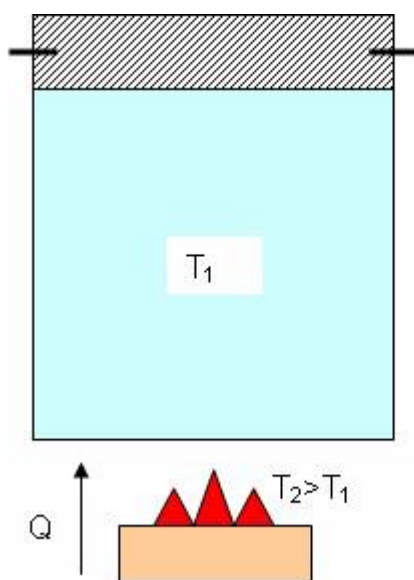
Reja:

1. Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni.
2. Termodinamik jarayonda ish va issiqlik miqdori.
3. Ichki energiya. Gazning kengayishda bajargan ishi. Termodinamikaning birinchi qonunining analitik ifodasi va ta'rifi
4. Gazlar entropiyasi va entalpiyasi. Termodinamikaning 1 – qonunining entalpiya orqali ifodalanishi

Tayanch iboralar. Energiya, termodinamik jarayon, issiqlik miqdori, entropiya, ichki energiya, bajarilgan ish, entalpiya.

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni tabiatning umumiy tavsifga ega bo'lgan fundamental qonunidir. Bu qonun quyidagicha ta'riflanadi: **energiya bordan yo'q bo'lmaydi va qaytadan paydo bo'lmaydi, u faqat turli fizikaviy hamda kimyoviy jarayonlarda bir turdan boshqa turga o'tadi.** Boshqacha qilib aytganda, izolyatsiyalangan har qanday tizimda shu tizim ichida energiya o'zgarmasdan saqlanib turadi.

Energiyaning saqlanish qonuni mexanikada ko'pdan beri mexanikaviy (kinetik va potentsial) energiyaga tatbiqan ma'lum bo'lgan. M.V. Lomonosov (1745-1748, Rossiya), D. Joul (1842-1850, Angliya), R Mayer (1842-1845, Germaniya), G. Gess (1840, Rossiya), E. Lents (1844, Rossiya), G. Gelmgolts (1847, Germaniya) va boshqa olimlarning ishlari bilan issiqlik va ishning ekvivalentlik printsiplari aniqlangandan keyin saqlanish qonuni energiya boshqa turlariga ham tatbiq qilina boshlandi va uning mazmuniga muvofiq **energiyaning saqlanish va aylanish qonuni** deb atala boshlandi.



1-rasm. Energetik o'zaro ta'sir o'lchovi sifatida issiqlikni aniqlash sxemasi.

Hozirgi vaqtda energiya turli xillari—jismni tashkil qilgan zarrachalar—ning issiqlik energiyasi, butun jismning umuman kinetik energiyasi, gravitatsion maydon energiyasi, elektr energiyasi, magnit maydoni, yadro ichki energiyalari va boshqa energiyalar ma'lum. Energiyaning saqlanish qonuniga barcha termodinamik

jarayonlar ham bo'ysunadi. Energiyaning saqlanish va aylanish qonunining issiqlik jarayonlariga tegishli bo'lgan xususiy holiga **termodinamikaning birinchi qonuni deb ham ataladi**. Energetik o'zaro ta'sir o'lchovi sifatida issiqlikni aniqlash sxemasi 1-rasmda keltirilgan.

TERMODINAMIK JARAYONDA ISH VA ISSIQLIK MIQDORI.

Ishchi jismga tashqi ta'sir (siqish, kengayish, qizdirish va hokazo) ko'rsatilganda uning holat ko'rsatkichlari o'zgaradi. Ishchi jism holat ko'rsatkichlarining har qanday o'zgarishda **termodinamik jarayon** deyiladi.

Muvazanat holatdagi jism deb, uning har bir nuqtasida v , R , T va boshqa fizik xususiyatlar bir xil bo'ladigan holatga aytiladi.

Agar silindrdagi gaz porshen yordamida siqilganda yoki kengaytirilganda ishchi jism silindr hajmining har qanday nuqtasida T va P har xil bo'ladi – bu holat **nomuvazonat holat** deyiladi. Termodinamik jarayonlarda jismlar bir-birlari bilan energiya almashadi, buning natijasida bir jismning energiyasi ko'payadi, boshqasida kamayadi. Jarayonlarda jism energiyasi ikki xil usulda bir jismdan ikkinchi jismga o'tishi mumkin.

Birinchi usul: Bunda issiq jismdan unga nisbatan sovuq bo'lgan jismga energiya o'tadi. Bu usuldagi energiyaning miqdori **issiqlik miqdori** deyiladi va o'tish usuli – energiyaning issiqlik formasida uzatilishi deb ataladi. Issiqlik Q harfi bilan belgilanadi, Joul da o'lchanadi.

Ikkinchi usul: Tashqi bosim ta'sirida jism o'zining hajmini o'zgartiradi. Bu usul energiyaning ish formasida uzatilishi deyiladi va uzatiladigan energiyaning miqdori **ish** deb ataladi. Ish L bilan belgilanadi, Joul da o'lchanadi.

Umumiy hollarda energiya bir paytda ham issiqlik formasida ham ish formasida uzatiladi.

1 kg ishchi jismning ishi – ℓ bilan belgilanadi, $\left[\frac{kJ}{kg} \right]$; issiqlik miqdori – q bilan belgilanadi, $\left[\frac{kJ}{kg} \right]$.

Gazning bajargan ishini hisoblash:

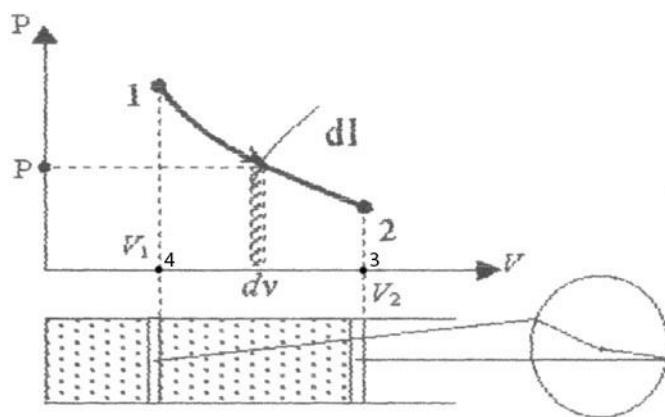
Ishning ifodasini ko'rib chiqish uchun 1-2 jarayonda gaz hajmini o'zgarishini ko'rib chiqamiz (2-rasm).

Hajmni cheksiz kichik o'zgarishi $p dv$ da cheksiz kichik ish 1kg gaz uchun:

$$d\ell = p dv \quad (1)$$

Gazning v_1 dan v_2 gacha hajm o'zgarishida bajarilgan ish

$$\ell = \int_{v_1}^{v_2} p dv, \left[\frac{kJ}{kg} \right] \quad (2)$$



2-rasm. Gaz hajmini o'zgarishi tasvirlanishi.

p - v diagrammadagi 1-2-3-4-1 yuza bajarilgan ishga teng va bu diagramma **ish diagrammasi** deyiladi. Gazning bajargan ishi holat funksiyasi bo'la olmaydi. Gazning kengayishida $dv > 0$ bajarilgan ish $\ell > 0$ musbat, siqilshida $dv < 0$, bajarilgan ish, $\ell < 0$ manfiy, agar hajm o'zgarmasa $\ell = 0$ ga teng bo'ladi.

Issiqlik – termodinamikaning eng muhim tushunchalaridan biridir. Issiqlik tushunchasi mohiyati jixatidan ish tushunchasiga yaqin. Issiqlik bilan ish orasidagi farq shundan iboratki, ular energiya uzatishning turli formalaridan iborat. 1843 – 1850 yillarda ingliz olimi Joule tajribalar orqali issiqlik va ishning ekvivalentligini, ya'ni sarflangan ish L va hosil qilingan issiqlik miqdori Q orasida to'g'ri proporsionallik borligini aniqladi:

$$Q = A L \quad (3)$$

bu yerda, A – proporsionallik koeffisienti. Joule o'z o'lchashlari natijasidan ishning issiqlik ekvivalenti deb ataladigan A ni va issiqlikning mexanikaviy ekvivalenti deb ataladigan j ni hisoblab topdi:

$$A = 0,002345 \text{ Kkal}/(\text{kg}/\text{k}\cdot\text{m})$$

$$j = 427 \text{ kg}\cdot\text{k}/\text{Kkal}$$

bulardan

$$j = \frac{1}{A} \quad (4)$$

Joule tajribalaridan keyin ko'p o'tmasdan M.V.Lomonosov tomonidan moddaning molekulyar – kinetik nazariyasi ishlab chiqildi. Bu nazariyaga ko'ra, issiqlik jismni tashkil etgan mikrozarrachalarning tartibsiz issiqlik harakatining energiyasidan iborat.

Termodinamikaviy tenglamalarda soddalashtirish maqsadida A va j koeffisientlar ko'rsatilmaydi – issiqlik va ish bir xil birliklarda o'lchanadi:

$$Q = L \quad (5)$$

ICHKI ENERGIYA. GAZNING KENGAYISHDA BAJARGAN ISHI. TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNINING ANALITIK IFODASI VA TA'RIFI

Ichki energiya

Jismga issiqlik berilsa, uning ichki energiyasi ortadi. Jismning ichki energiyasi jismni tashkil qilgan molekulalarning ilgarilanma va aylanma harakatlari energiyasi, ichki molekulyar tebranish energiyasi, elektronlar energiyasi, atom va yadro ichki energiyalaridan tashkil topadi. Jismning to'liq ichki energiyasi quyidagiga teng:

$$U = U_{kin} + U_{pot} \quad (6)$$

bu yerda U – to'liq ichki energiya, (J); U_{kin} – molekulalarning ichki kinetik energiyasi; U_{pot} – jism molekulalarining ichki potensial energiyasi.

Murakkab sistemaning 1 kg massaga nisbatan hisoblangan ichki energiyasi solishtirma ichki energiya deyiladi va u sistemani tashkil etuvchilarning ichki energiyalari yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni

$$u = u_1 + u_2 + \dots + u_n = \sum_1^n u_i \quad (7)$$

bunda « u » (kichik harfda) – solishtirma ichki energiya bo'lib, J/kg da hisoblanadi.

Gazning kengayishda(siqilishda) bajargan ishi

Bir jismdan ikkinchi jismga ishchi jismning hajmi o'zgarishi orqali energiya uzatilishiga ish deb yuritiladi. Mexanikaviy ish hosil qilishda ikki yoki undan ortiq jismlar qatnashadi. Birinchi jism ish hosil qilib, energiya bersa, ikkinchi jism energiyani qabul qiladi.

Gazning kengayishda bajargan ishi termodinamik holat parametrlarining (p , v , T) o'zgarishiga bog'liq bo'ladi.

Gazning kengayishida bajaradigan ishini aniqlaydigan tenglamani keltirib chiqarish uchun o'zgarmas bosimda tsilindrdagi gazga issiqlik berilishi jarayonini ko'rib chiqamiz (3 – rasm).

Aytaylik, silindrdagi 1 kg gazning bosimi P , solishtirma hajmi V_1 va porshen yuzasi F ga teng bo'lsin. Agar gazga q issiqlik berilsa, gaz o'zgarmas bosimda kengayadi va porshen siljiy 2 nuqta holatini egallaydi (3 – rasm). Bunda porshen kesimi yuzasiga ta'sir etuvchi kuch - $P \cdot F$ ga teng; porshen ko'chish masofasi S bo'lsa, kuch bilan ko'chishning ko'paytmasi ishga teng bo'ladi. U holda, gazning bajargan ishi quyidagiga teng:

$$l = P F S \quad (8)$$

bunda $F S = v_2 - v_1$ ga teng. Shuning uchun (8) ni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$l = P (v_2 - v_1) = P \Delta v \quad (9)$$

Gazning elementar hajmi o'zgarishida hosil qilgan ishi tenglamasi quyidagi- cha yoziladi:

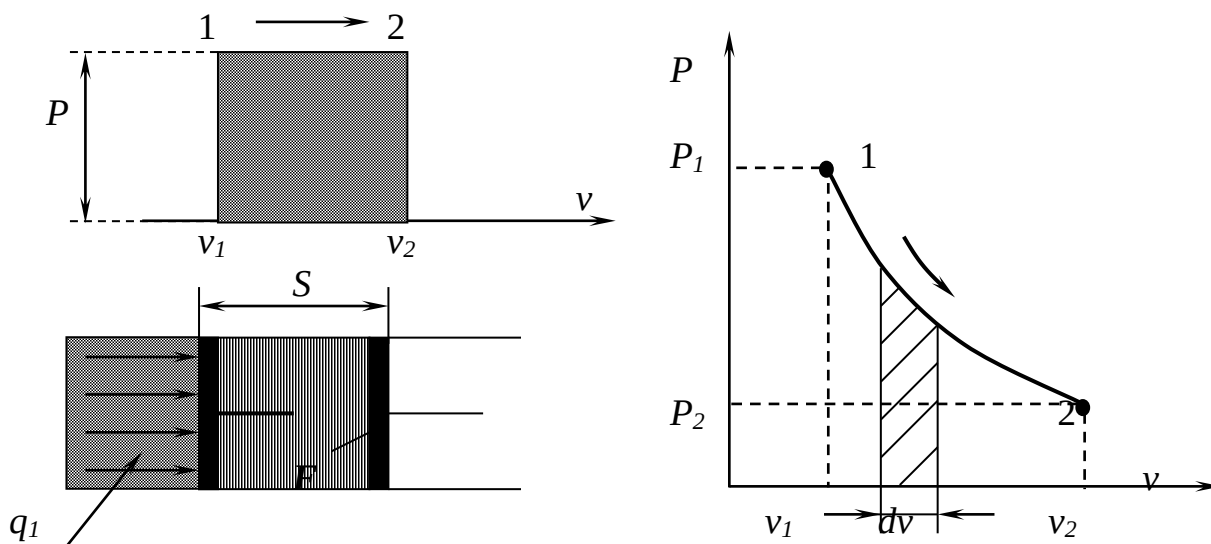
$$dl = P dv \quad (10)$$

Sistema holati 1 dan 2 holatga o'zgarishida hosil bo'ladigan ish, jarayon egri chizig'i 1 – 2 ning ostidagi shtrixlangan yuzaga teng bo'ladi.

Agar bosim $P=const$ bo'lsa, (3 – rasm):

$$l = \int_{v_1}^{v_2} P dv \quad (11)$$

Agar $dv > 0$ bo'lsa, gaz kengayadi va ish musbat; $dv < 0$ bo'lsa, gaz siqiladi va ish manfiy deb hisoblanadi.



3 – rasm. Tsilindrdagi gazga issiqlik berilishi jarayonini

Termodinamikaning birinchi qonuni quyidagicha ta'riflanadi:

Jismda keltirilgan issiqlik jism ichki energiyasining o'zgarishiga va ish bajarishga sarflanadi.

Aytilgan fikrni quyidagi tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + L_{1-2} \quad (12)$$

bu yerda Q_{1-2} –jism 1 holatidan 2 holatigacha qizdirilishida berilgan issiqlik; ΔU_{1-2} – jism ichki energiyasining o'zgarishi; L_{1-2} – 1 – 2 jarayonda jism bajaradigan ish.

Differensial formada (12) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$dQ = dU + dL \quad (13)$$

Ichki energiya ekstensiv xossa, ya'ni U kattalik sistemadagi moddalar miqdoriga bog'liqdir.

Solishtirma ichki energiya modda massasi birligining ichki energiyasidan iborat. Solishtirma ichki energiya

$$u = \frac{U}{m} \quad (14)$$

orqali ifodalanadi.

1 kg gaz uchun termodinamika 1 – qonunining analitik ifodasi quyidagicha yoziladi:

$$q_{1-2} = (u_2 - u_1) + l_{1-2} \quad (15)$$

va

$$dq = du + dl \quad (16)$$

Agar $dl = Pdv$, $l = \int_{v_1}^{v_2} Pdv$ ish tenglamalarini e'tiborga olsak (3) va (4) ni quyidagi

ko'rinishda yozish mumkin:

$$q_{1-2} = \Delta u + \int_{v_1}^{v_2} Pdv \quad (17)$$

va

$$dq = du + Pdv \quad (18)$$

GAZLAR ENTROPIYASI VA ENTALPIYASI. TERMODINAMIKANING 1 – QONUNING ENTALPIYA ORQALI IFODALANISHI.

Gazning entropiyasi haqida tushuncha

Termodinamikaviy hisoblarda qulay bo'lishi uchun ishchi jism holatining yangi parametri – **entropiya tushunchasi** kiritiladi. Grekcha «entropiya» – «o'zgarish», «aylanish» demakdir. Termodinamika 1 qonunini tenglamasini ko'rib chiqamiz:

$$dq = dU + dl \quad (19)$$

yoki

$$dq = c_v dT + pdv \quad (20)$$

(20) ni har ikkala tomonini T ga bo'lamiz:

$$\frac{dq}{T} = c_v \frac{dT}{T} + \frac{p}{T} dv \quad (21)$$

Klapeyron tenglamasidan $Pv = RT$ ga ko'ra

$$\frac{p}{T} = \frac{R}{v} \quad (22)$$

ifodani (21) ga qo'yamiz:

$$\frac{dq}{T} = c_v \frac{dT}{T} + R \frac{dv}{v} \quad (23)$$

yoki

$$ds = \frac{dq}{T} = c_v \frac{dT}{T} + R \frac{dv}{v} \quad (24)$$

Bunda

$$ds = \frac{dq}{T} \quad (25)$$

$\frac{dq}{T}$ - kattalik gazning holati bilan aniqlanadigan S funksiyaning to'liq differensial dS dir. Bu kattalik **entropiya** deb ataladi. Entropiyaning o'lchov birligi – $\left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right)$

1 kg gaz entropiyasining o'zgarishi:

$$S_2 - S_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (26)$$

$$dq = TdS \quad (27)$$

$$\oint \frac{dq}{T} = 0 \quad (28)$$

$\oint$ - yopiq kontur bo'yicha integrallashni bildiradi.

Demak, keltirilgan yoki olinadigan issiqlikning mos keluvchi absolyut haroratiga nisbatiga keltirilgan issiqlik deb ataladi.

Shunday qilib, har qanday qaytar tsiklda keltirilgan issiqliklarning algebraik yig'indisi nolga teng bo'ladi.

(28) tenglamani 1854 yilda Klauzius tomonidan keltirib chiqarilgan bo‘lib, **Klauziusning birinchi integrali** deb ataladi.

$dS = \frac{dQ}{T}$ yoki $ds = \frac{dQ}{T}$ - qaytar jarayonlar uchun termodinamika ikkinchi qonunining matematik ifodasi deb ataladi.

Entalpiya. Termodinamika I – qonunining entalpiya orqali ifodasi

Sistema ichki energiyasi yig‘indisi u bilan sistemaning bosimi P ning sistema hajmining v ga ko‘paytmasi yig‘indisining kattaligi termodinamik hisoblarda muhim rol o‘ynaydi. Bu kattalik **entalpiya** deb ataladi va « H » harfi bilan belgilanadi:

$$H = U + Pv \quad (29)$$

Entalpiya fanga Kamerling – Onnes taklifiga ko‘ra mashhur olim Gibbs tomonidan kiritilgan. Entalpiyaning fizik ma’nosini aniqlashga doir sxema 4-rasmda keltirilgan. 1 kg modda massasiga to‘g‘ri keladigan entalpiya **solishtirma entalpiya** deb ataladi. Solishtirma entalpiya « h » harfi bilan belgilanadi va J/kg da o‘lchanadi. Solishtirma massaviy entalpiya uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$h = u + Pv \quad (30)$$

Yangi funksiya – entalpiya – holat funksiyalari (p , v , u) ga bog‘liq bo‘lgani tufayli, entalpiyani o‘zi ham holat funksiyasi bo‘ladi. Toza modda entalpiyasini ham ichki energiya kabi istalgan ikkita holat parametrining funksiyasi sifatida yozish mumkin:

$$h = f(P, T)$$

Entalpiya holat funksiyasi bo‘lganligidan uning differensial to‘la differensialdan iborat bo‘ladi:

$$dh = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_P dT + \left(\frac{\partial h}{\partial P} \right)_T dP \quad (31)$$

Termodinamika birinchi qonuni tengalmasiga quyidagicha o‘zgartirish mumkin:

$$dq = du + dl = du + Pdv = du + d(Pv) - v dP \quad (32)$$

bu yerda $Pdv = d(Pv) - v dP$

yoki

$$dq = d(u + Pv) - v dP \quad (33)$$

ya'ni,

$$dq = dh - v dP \quad (34)$$

(34) tenglamaga termodinamika 1 – qonunining **entalpiya orqali ifodasi** deb yuritiladi. (34) ni integrallaylik:

$$q_{1-2} = h_2 - h_1 - \int_{P_1}^{P_2} v dP \quad (35)$$

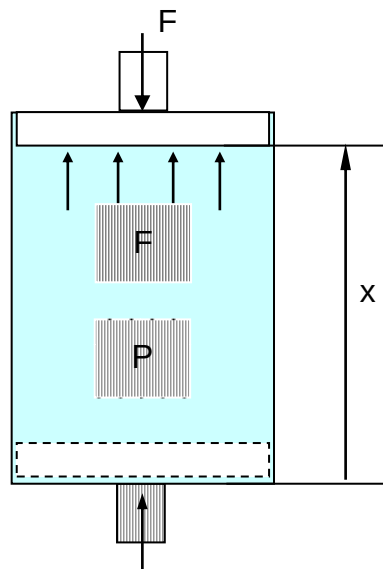
Agar $R = \text{const}$, $dP = 0$ bo'lsa, (34) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$dq_R = dh \quad (36)$$

Demak, sistemaga o'zgarmas bosimda berilgan issiqlik faqat entalpiyaning o'zgarishiga sarf bo'ladi:

$$q_p = \int_1^2 dh = h_2 - h_1 \quad (37)$$

Entalpiyaning qiymatlari turli xil gazlar, suyuqliklar va bug'lar uchun texnik adabiyotlarda va ma'lumotnomalarda keltirilgan. Entalpiyadan foydalanib issiqlik va sovutish qurilmalarining issiqlik hisobi bajariladi va termodinamik jarayonlar tahlil qilinadi.



4-rasm. Entalpiyaning fizik ma'nosini aniqlashga doir sxema

4-MARUZA. ASOSIY TERMODINAMIK JARAYONLARNI TAHLILI.

Reja:

7. Izoxorik jarayon
8. Izobarik jarayon
9. Izotermik jarayon
10. Adiyabatik va politropik jarayonlarning tahlili.

Tayanch iboralar: termodinamik jarayon, izoxora, izobara, izoterma, adiyabata, politrop.

Ma'lumki, ishchi jismga issiqlik berilsa, yoki undan issiqlik olinsa, hamda mexanik ta'sir etilsa, uning holatini tavsiflovchi parametrlari o'zgaradi. Holat parametrlarining o'zgarishiga termodinamida **termodinamik jarayon** deb ataladi.

Haqiqiy sharoitlarda sodir bo'ladigan termodinamik jarayonlar ko'p bo'lib, issiqlik texnikasida faqat issiqlik dvigatellari, sovutish mashinalari, issiqlik nasosi, kompressorlar va shu kabi turli issiqlik mashinalarida ro'y beradigan jarayonlar o'rganiladi. Haqiqiy (real) mashinalarda sodir bo'ladigan termodinamik jarayonlarni tadqiqot qilish murakkab ish hisoblanadi, chunki bunday jarayonlarda ishchi jismda uyurma hosil bo'lishi, ishchi jismning atrof – muhitga nurlanish orqali issiqlik berishi, oqish jarayonida ishqalanish yuzaga kelishi kabi xodisalar kuzatiladi.

Shuning uchun termodinamikada soddalashtirilgan ideal jarayonlar nazariy uslub yordamida tahlil qilinadi.

Termodinamikaviy jarayonlarni tahlil qilishdan maqsad: ishchi jism holat parametrlarining o'zgarish qonuniyatlarini aniqlash va energiya almashinish xususiyatlarini baholashdan iborat.

Ana shu maqsadda har bir termodinamik jarayon uchun quyidagilar aniqlanadi:

1. Jarayonning tenglamasi keltirib chiqariladi.
2. Jarayonda ishchi jismning termik parametrlari orasida bog'liqlik aniqlanadi.
3. Ichki energiyaning o'zgarishi hisoblanadi.
4. Ishchi jismning termodinamik ishi aniqlanadi.
5. Jarayonning issiqligi hisoblanadi.
6. Entropiya va entalpiyaning o'zgarishi hisoblanadi.

Demak, termodinamik jarayonlarni tahlil qilish orqali ishchi jismning barcha termik (p, v, T) va kalorik ($\Delta u, c, q, \Delta S, \Delta h$) parametrlari aniqlanadi.

Termodinamikada texnikada amaliy ahamiyatga ega bo'lgan quyidagi ideal gaz jarayonlari o'rganiladi:

- 1) izoxorik jarayon ($v = \text{const}$);
- 2) izobarik jarayon ($p = \text{const}$);
- 3) izotermik jarayon ($T = \text{const}$);
- 4) adiabatik jarayon ($S = \text{const}, dq = 0$);
- 5) politropik jarayon ($c = \text{const}$).

Yuqorida berilgan asosiy jarayonlarni tahlil qilishdan avval, ichki energiya va entalpiya holat funksiyasi ekanligi va ularning o'zgarishi jarayonning xarakteriga bog'liq emasligini e'tiborga olish zarur. Shuning uchun ichki energiya va entalpiyaning o'zgarishini aniqlovchi, har qanday jarayonlarga ta'luqli bo'lgan tenglamalarni olish mumkin.

Masalan, izoxorik jarayonda $dv = 0$ va mexanik ish $l_v = 0$, u holda termodinamikaning 1-qonuni tenglamasi izoxorik jarayon uchun quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$q_v = \Delta u \quad (38)$$

Issiqlik miqdori $c_v = \text{const}$ da

$$q_v = c_v(t_2 - t_1) \quad (39)$$

Agar issiqlik sig'imi $c_v = f(t)$ bo'lsa, u holda

$$q_v = c_{vm} \left| t_2 \right|_0^{t_2} - c_{vm} \left| t_1 \right|_0^{t_1} \quad (40)$$

Demak, ichki energiyaning o'zgarishi quyidagiga teng bo'ladi

$$\Delta u = c_v(t_2 - t_1) \quad (41)$$

$$\Delta u = c_{vm} \left| t_2 \right|_0^{t_2} - c_{vm} \left| t_1 \right|_0^{t_1} \quad (42)$$

yoki differensial formada

$$du = c_v dt \quad (43)$$

Izobarik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni tenglamasidan issiqlik entalpiyaning o'zgarishiga teng ekanligini isbotlash mumkin.

$$dq = du + pdv \quad \text{yoki} \quad dq = dh - vdp$$

bunda $p = \text{const}$ va $dp = 0$ ekanligini e'tiborga olsak,

$$dq_p = dh \quad (44)$$

yoki

$$q_p = \Delta h = h_2 - h_1 \quad (45)$$

$q_p = c_p(t_2 - t_1)$ va $dq_p = c_p dt$ ni hisobga olsak, ishchi jism entalpiyasining o'zgarishini hisoblash tenglamasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\Delta i = c_p(t_2 - t_1) \quad (46)$$

Agar $c_p = f(t)$ bo'lsa,

$$\Delta i = c_{pm} \Big|_0^{t_2} - c_{pm} \Big|_0^{t_1} \quad (47)$$

yoki

$$di = c_p dt \quad (48)$$

Shunday qilib, hosil qilingan (43) va (48) ichki energiya va entalpiyalarning o'zgarishini istalgan ideal gaz jarayonida hisoblash imkonini beradi.

Endi asosiy termodinamik jarayonlarni yuqorida bayon etilgan usul asosida tahlil qilamiz.

Izoxorik jarayon

O'zgarmas hajmida sodir bo'ladigan jarayon **izoxorik jarayon** deb ataladi ($v = \text{const}$). Izoxorik jarayonning grafigi $p-v$ koordinatalar sistemasida p o'qiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziqdan iborat. Izoxorik jarayon bosimni ortishi yoki kamayishi bilan sodir bo'lishi mumkin (5 – rasm).

Gaz holatining 1 va 2 nuqtalari uchun holat tenglamalarini yozib, parametrlari orasidagi bog'liqlikni aniqlaymiz:

$$p_1 v = RT_1; \quad p_2 v = RT_2.$$

Bu ifodalarni hadma – had bo'lamiz:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (49)$$

Jarayonning issiqligini termodinamikaning birinchi qonuning tenglamasidan ham aniqlash mumkin.

U holda, $dq = du + pdv$, bunda $v = \text{const}$; $dv = 0$.
Demak,

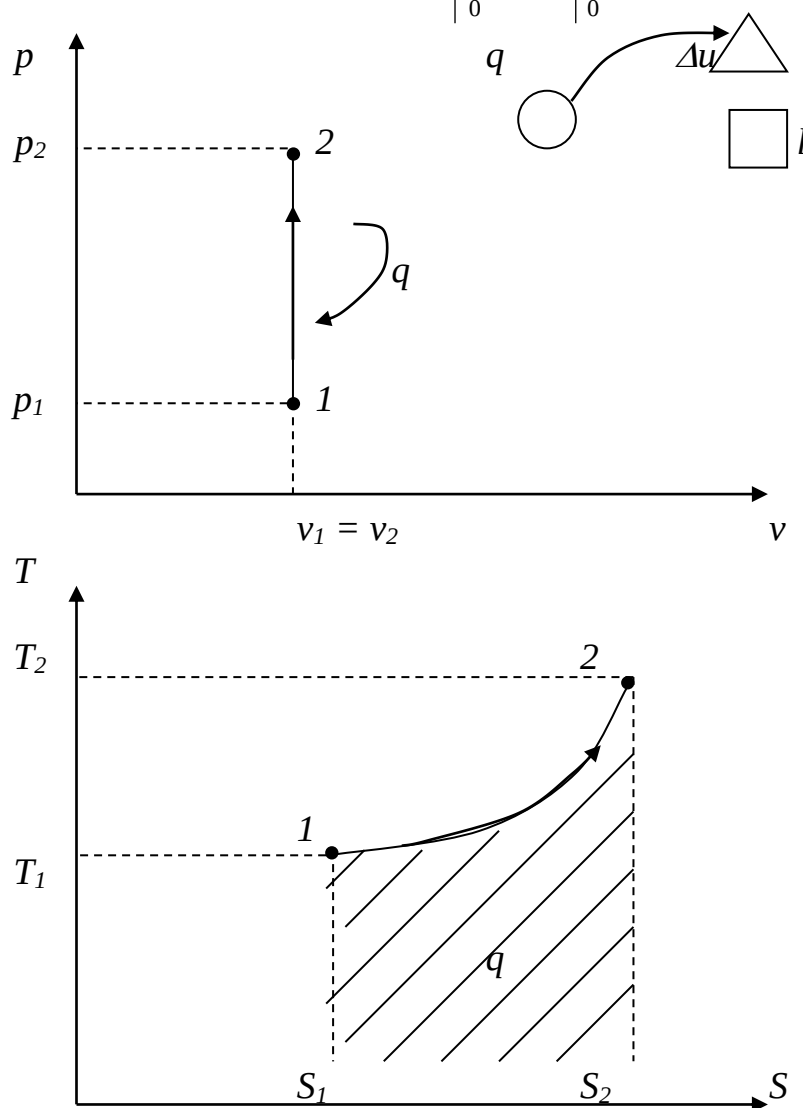
$$dq_v = du = c_v dT \quad (50)$$

$c_v = \text{const}$ da

$$q_v = c_v \int_{T_1}^{T_2} dT = c_v (T_2 - T_1) \quad (51)$$

yoki $c_v = f(T)$ bo'lsa,

$$q_v = \Delta u = c_{vm} \left| T_2 \right|_0^{T_2} - c_{vm} \left| T_1 \right|_0^{T_1} \quad (52)$$



5 – rasm. Izoxorik jarayonning P-V, T-S diagrammalarda tasvirlanishi.

Izoxorik jarayonda ish bajarilmaydi, chunki $v = \text{const}$, $dv=0$, $dl = pdv = 0$.
Shuning uchun berilgan issiqlikning hammasi ichki energiyani o'zgarishiga sarflanadi. Entalpiyaning o'zgarishi (46) va (47) tenglamalar yordamida hisoblanadi.
Entropiyaning o'zgarishini quyidagi tenglamadan foydalanib aniqlaymiz:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (53)$$

Bunda $v_1 = v_2 = v = \text{const}$ ekanligini e'tiborga olsak,

$$\Delta S = S_2 - S_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} = c_v \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (54)$$

(54) tenglamadan ko'rinadiki, entropiya bilan harorat orasida logarifmik bog'liqlik mavjud. Shu sababli izoxorik jarayon $T - S$ diagrammada 1 – 2 egri chiziq bilan tasvirlanadi.

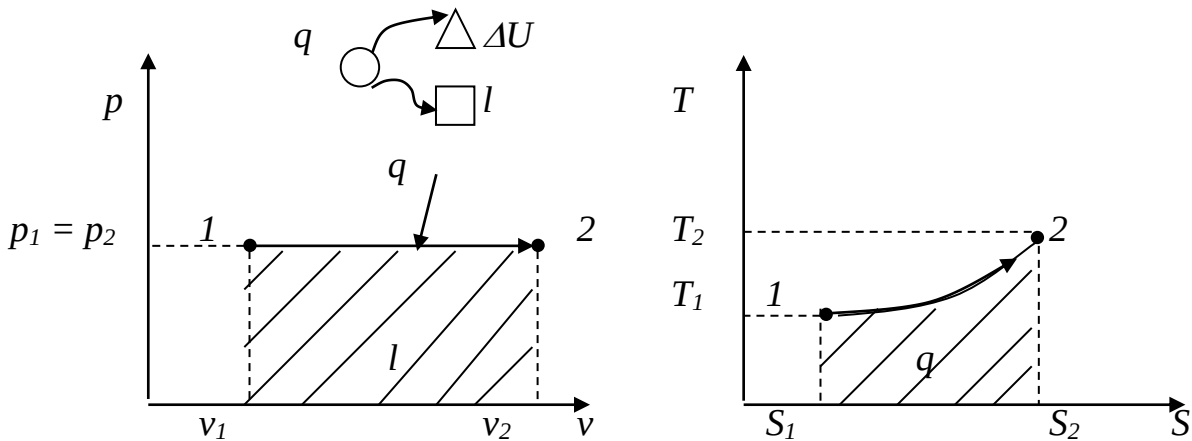
Jarayonga berilgan issiqlikning ichki energiyaga sarflanish ulushi izoxorik jarayonda quyidagicha baxolanadi:

$$\varphi_v = \frac{\Delta u_v}{q_v} = 1 \quad (55)$$

Chunki $q_v = \Delta u_v$.

Izobarik jarayonni tahlil qilish

O'zgarmas bosimda sodir bo'ladigan jarayon **izobarik jarayon** deb ataladi. ($dp = 0$ yoki $p = \text{const}$). Izobarik jarayon $p - v$ koordinatalar sistemasida absissa o'qiga parallel to'g'ri chiziq bilan tasvirlanadi (6 – rasm).



6 – rasm. Izobarik jarayonning P-V, T-S diagrammalarda tasvirlanishi.

1 va 2 nuqtalar uchun holat tenglamasini yozib, ularni hadma – had bo'lamiz:

$$pv_1 = RT_1 \quad \text{va} \quad pv_2 = RT_2,$$

bundan

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (56)$$

Izobarik jarayonda gazning hajmi absolyut haroratga to'g'ri proporsional ravishda o'zgaradi.

1 kg gazning bajargan ishini quyidagicha aniqlaymiz:

$$dl = p dv$$

yoki

$$l_p = p \int_{v_1}^{v_2} dv = p(v_2 - v_1) \quad (57)$$

Agar ideal gaz uchun $pv_2 = RT_2$ va $pv_1 = RT_1$ ekanligini nazarda tutsak,

$$l_p = R(T_2 - T_1) = R(t_2 - t_1) \quad (58)$$

(58) tenglamadan gaz doimiysi (R) ning fizikaviy ma'nosini keltirib chiqariladi. Agar izobarik jarayonda 1 kg gazning harorati 1°C ga o'zgargan bo'lsin ($\Delta t = t_2 - t_1 = 1^\circ$), u holda

$$l_p = R \quad \text{bo'ladi} \quad (59)$$

Demak, **gaz doimiysi** – bu izobarik jarayonda 1 kg gazning harorati 1°S ga o'zgarganda bajargan ishidir.

Izobarik jarayonda issiqlik miqdori quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$q_p = \Delta h = h_2 - h_1 \quad (60)$$

yoki

$$q_p = c_p(T_2 - T_1) = c_p(t_2 - t_1) \quad (61)$$

Agar $c_p = f(t)$ bo'lsa, u holda

$$q_p = c_{pm} \left| t_2 \right|_0^{t_2} - c_{pm} \left| t_1 \right|_0^{t_1} \quad (62)$$

Entropiyaning o'zgarishi:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} = c_p \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (63)$$

Jarayonda berilgan issiqlikning ichki energiyaga sarflanish ulushi:

$$\varphi_p = \frac{\Delta u}{q_p} = \frac{c_v \Delta T}{c_p \Delta T} = \frac{1}{k} < 1$$

bunda

$$k = \frac{c_p}{c_v}$$

Izotermik jarayon ($T = \text{const}$)

O'zgaras temperaturada sodir bo'ladigan jarayon **izotermik jarayon** deb ataladi. Izotermik jarayonning tenglamasini holat tenglamasidan keltirib chiqaramiz. Gazning izotermik kengayishida gazning ikkita holati uchun quyidagilar o'rinli bo'ladi:

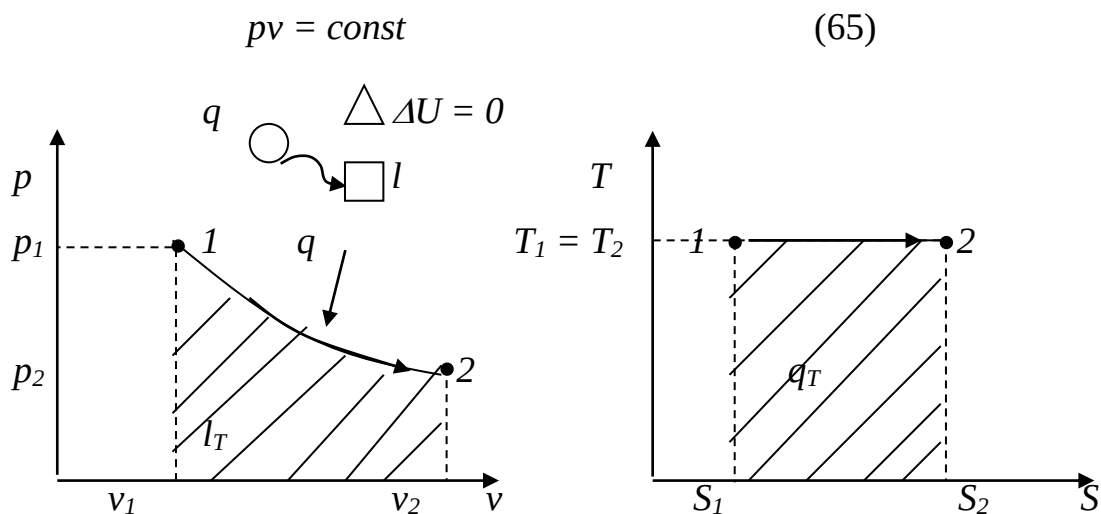
$$p_1 v_1 = RT \text{ va } p_2 v_2 = RT,$$

bundan:

$$p_1 v_1 = p_2 v_2 \quad (64)$$

kelib chiqadi.

yoki



7 – rasm. Izotermik jarayonning P-V, T-S diagrammalarda tasvirlanishi.

(65) tenglama izotermik jarayonning tenglamasi deyiladi. $p - v$ diagrammada izotermik jarayon teng yonli giperbola bilan tasvirlanadi (7 – rasm).

Izotermik jarayonda ichki energiya va entalpiyaning o'zgarishi nolga teng. chunki $T = \text{const}$, $dT = 0$.

$$du = c_v dT = 0$$

Demak, bu jarayonda keltirilgan issiqlik faqat ish bajarishga sarf bo'ladi, ya'ni

$$dq = du + dl = 0 + dl = dl$$

yoki

$$dq_T = pdv$$

Issiqlikni quyidagicha aniqlaymiz:

$$q_T = l_T = \int pdv = p_1 v_1 \int_{v_1}^{v_2} \frac{dv}{v} = RT \ln v \Big|_{v_1}^{v_2} = RT(\ln v_2 - \ln v_1) = RT \ln \frac{v_2}{v_1} = RT \ln \frac{p_1}{p_2}$$

demak,

$$q_T = RT \ln \frac{v_2}{v_1} = RT \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (66)$$

Bunda $pv = p_1 v_1 = p_2 v_2$ dan $p = \frac{p_1 v_1}{v}$ ni e'tiborga oldik. Jarayonning issiqligini entropiya o'zgarishi orqali ham ifodalash mumkin:

$$dq = TdS, T = const$$

Bu tenglamani integrallaymiz:

$$q = T \int_{S_1}^{S_2} dS = T(S_2 - S_1) = T\Delta S \quad (67)$$

Izotermik jarayonda entropiyaning o'zgarishini (67) formuladan topamiz:

$$\Delta S_T = S_2 - S_1 = \frac{q_T}{T} = R \ln \frac{v_2}{v_1} = R \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (68)$$

Jarayonga berilgan issiqlikning ichki energiyaga sarflanish ulushi nolga teng.

$$\varphi_T = \frac{\Delta u}{q_T} = \frac{0}{q_T} = 0$$

ADIABATIK VA POLITROPIK JARAYONLARNING TAHLILI

Adiabatik jarayon

Ishchi jism atrof – muhit bilan issiqlik almashinuvisiz sodir qiladigan jarayonni **adiabatik jarayon** deyiladi. Adiabatik jarayonni tavsiflaydigan egri chiziq – adiabata deyiladi. Adiabatik jarayon uchun $dq = 0$ tenglik o‘rinlidir.

Adiabatik jarayon tenglamasini termodinamikaning birinchi qonuni tenglamasidan keltirib chiqarish mumkin, ya’ni

$$dq = du + dl = c_v dT + p dv = 0 \quad (69)$$

yoki

$$dq = dh - v dp = c_p dT - v dp = 0 \quad (70)$$

yoki

$$c_v dT = - p dv \quad (71)$$

$$c_p dT = v dp \quad (72)$$

(72) tenglamani (71) ga bo‘lsak,

$$\frac{c_p}{c_v} = k = \frac{v dp}{- p dv}$$

hosil bo‘ladi. Bundan

$$k \frac{dv}{v} = - \frac{dp}{p} \quad (73)$$

$k = \text{const}$ ($c_p = \text{const}$, $c_v = \text{const}$) bo‘lgan hol uchun (73) ni integrallaymiz:

$$k \int_{v_1}^{v_2} \frac{dv}{v} = - \int_{p_1}^{p_2} \frac{dp}{p} \quad \text{yoki} \quad k \ln \frac{v_2}{v_1} = \ln \frac{p_1}{p_2}$$

Potensirlashdan so‘ng

$$\left(\frac{v_2}{v_1} \right)^k = \frac{p_1}{p_2} \quad \text{yoki} \quad p_1 v_1^k = p_2 v_2^k$$

bundan adiabata tenglamasini hosil qilamiz:

$$\boxed{pv^k = \text{const}} \quad (74)$$

$k = \frac{c_p}{c_v}$ - adiabata ko'rsatkichi deb yuritiladi.

Adiabata tenglamasi yordamida jarayonning parametrlari orasidagi bog'lanishlarni hosil qilamiz:

$$\left(\frac{p_2}{p_1}\right) = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^k \quad (75)$$

yoki

$$\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{k}} \quad (76)$$

Jarayonning ikkita nuqtasi uchun holat tenglamalarini yozamiz:

$$p_1 v_1 = RT_1 \text{ va } p_2 v_2 = RT_2$$

bundan

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{v_1}{v_2}$$

Bu tenglamaga (75) dan bosimlar nisbatini keltirib qo'ysak, T va v orasidagi bog'lanishni hosil qilamiz:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1} \quad (77)$$

(75) va (77) tenglamalarni birgalikda yechamiz va p - T orasidagi bog'liqlikni aniqlaymiz:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (78)$$

Jarayonning ishi quyidagicha topiladi:

$$dl_q = - du \text{ yoki } l_q = - (u_2 - u_1) = u_1 - u_2 \quad (79)$$

Demak, adiabatik jarayonda gaz ichki energiyasining kamayishi evaziga ish bajaradi.

$$\Delta u = c_v(T_2 - T_1) \text{ ekanligini e'tiborga olsak,}$$

$$l_q = c_{vm}(T_1 - T_2) \quad (80)$$

yoki

$$\frac{c_p}{c_v} = k \text{ bo'lsa,}$$

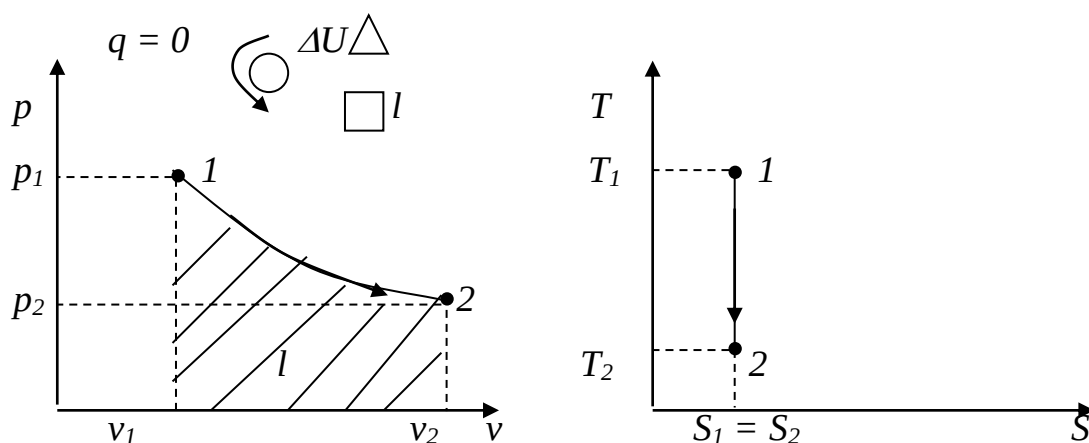
$$l_q = \frac{R}{k-1}(T_1 - T_2) \quad (81)$$

bo'ladi. Holat tenglamasidan $T_1 = \frac{p_1 v_1}{R}$ va $T_2 = \frac{p_2 v_2}{R}$ ni nazarda tutsak ish tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$l_q = \frac{1}{k-1}(p_1 v_1 - p_2 v_2) \quad (82)$$

Adiabatik jarayonda entropiyaning o'zgarishi nolga teng. Ya'ni, $dq = 0$ va $dS = \frac{dq}{T} = 0$. Demak, adiabatik jarayonda gazning entropiyasi o'zgarmaydi. ($S = \text{const}$).

Shuning uchun ba'zi xollarda adiabatik jarayonni izoentropik jarayon deb ham yuritiladi. Adiabatik jarayonda entalpiyaning o'zgarishi (16) orqali aniqlanadi. Adiabatik jarayon $P - V$ va $T - S$ diagrammalarda 8 – rasmda tasvirlangan.



8 – rasm. Izotermik jarayonning P-V, T-S diagrammalarda tasvirlanishi.

Politropik jarayon

O‘zgarmas issiqlik sig‘imda sodir bo‘ladigan har qanday ideal gaz jarayoniga **politropik jarayon** deb ataladi. Politropik jarayonni ifodalaydigan egri chiziqqa politropa chizig‘i deyiladi.

Politropik jarayon ta’rifidan ko‘rinadiki, izoxorik, izobarik, izotermik va adiabatik jarayonlar o‘zgarmas issiqlik sig‘imida sodir bo‘lsa, politropik jarayonning xususiy hollariga aylanadi. Politropik jarayonda issiqlik sig‘imi $+\infty$ dan $-\infty$ gacha bo‘lgan oraliqda qiymatlarga teng bo‘lishi mumkin.

Politropik jarayonning issiqligini issiqlik sig‘imi bilan haroratlar farqi ko‘paytmasi orqali aniqlanadi:

$$q = c_p (t_2 - t_1) \quad \text{va} \quad dq = c_p dt \quad (83)$$

Politropik jarayon tenglamasini termodinamika birinchi qonunining tenglamasi asosida keltirib chiqaramiz:

$$dq = c_p dT = c_p dT - v dp \quad \text{va} \quad dq = c_p dT = c_v dT - p dv$$

Bu tenglamalardan quyidagini yozish mumkin:

$$\frac{c_n - c_p}{c_n - c_v} = \frac{-v dp}{p dv}$$

$$\frac{c_n - c_p}{c_n - c_v} = n \quad \text{bilan belgilasak,}$$

u holda

$$n \frac{dv}{v} = - \frac{dp}{p}$$

Bu tenglamani jarayonning boshi va oxiriga mos ravishda integrallaymiz:

$$n \lg \frac{v_2}{v_1} = \lg \frac{p_1}{p_2}$$

yoki

$$\boxed{pv^n = \text{const}} \quad (84)$$

Hosil bo'lgan tenglama (84) politropik jarayonning tenglamasi deyiladi. Bunda n – politropa ko'rsatkichi bo'lib, issiqlik sig'imini kattaligiga bog'liq. Politropik jarayon umumlashtiruvchi jarayon hisoblanadi va asosiy parametrlari orasidagi bog'liqlik quyidagi formulalar orqali aniqlanadi:

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

Politropik jarayonning issiqlik sig'imi:

$$c_n = c_v \frac{(n-k)}{n-1} \quad (85)$$

Bunda quyidagi hollar bo'lishi mumkin:

- a) izoxorik jarayonda $n = \pm\infty$; $c_p = c_v$;
- b) izobarik jarayonda $n = 0$; $c_p = kc_v = c_r$;
- c) izotermik jarayonda $n = 1$; $c_p = \pm\infty$;
- d) adiabatik jarayonda $n = k$; $c_p = 0$.

Politropik jarayonda ishchi jism bajaradigan ish quyidagicha aniqlanadi:

$$l = \frac{1}{n-1} (p_1 v_1 - p_2 v_2) \quad (86)$$

yoki

$$l = \frac{RT_1}{n-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = \frac{p_1 V_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] \quad (87)$$

Gazning ichki energiyasi o'zgarishi va politropik jarayonda issiqlik quyidagi formulalar orqali topiladi:

$$\Delta u = c_v(t_2 - t_1) \quad (88)$$

$$q = c_p(t_2 - t_1) = c_v \frac{n-k}{n-1} (t_2 - t_1) \quad (89)$$

Politropik jarayonda entalpiya va entropiyaning o'zgarishi:

$$i_2 - i_1 = c_p(t_2 - t_1) \quad (90)$$

$$dS = \frac{dq}{T} = \frac{c_n dT}{T}$$

yoki

$$S_2 - S_1 = c_n \ln \frac{T_2}{T_1} = c_v \left[\frac{(n-k)}{(n-1)} \right] \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (91)$$

Nazorat uchun savollar:

1. Energiyaning qanday turlarini bilasiz?
2. Energiyaning saqlanish va aylanish qonunini tushuntiring.
3. Ideal gazning ichki energiyasi qanday parametrlarga bog'liq?
4. Gazning kengayganda bajargan ishi qanday parametrlarga bog'liq?
5. Termodinamika birinchi qonunini ta'riflang va analitik ifodasini yozing.
6. Gazlarning entropiyasi va entalpiyasini ta'riflarini keltiring.
7. Asosiy termodinamik jarayonlarni sanab bering.

5-MARUZA.TERMODINAMIKANING II-QONUNI

ISSIQLIK QURILMALARINING TERMIK FOYDALI ISH KOEFFISIENITI

Reja:

1. Termodinamikaning II-qonuni.
2. Aylanma jarayonlar yoki sikllar
3. Sovutish koefitsienti. Karno sikli (davriyligi) va termik F.I.K.
4. Termodinamika ikkinchi qonunining asosiy ta'riflari va uning mazmuni.

Tayanch iboralar: sikl, qaytmas tsikl , Karnosikli, sovtish mashinasi, sovtish koefitsienti, aylanma jarayon,termik FIKi.

Gazning bosimi P_1 dan P_2 gacha kengayishda bajargan ish quyidagicha aniqlangan edi:

$$l_{keng} = \int_{v_1}^{v_2} p dV \quad (1)$$

bu yerda v_1 va v_2 – tegishlicha kengayish jarayonining boshlang'ich va ohiri nuqtalaridagi gaz hajmlari. Gazning xuddi shu kengayish jarayonini qaytadan takrorlab l_{keng} ishni hosil qilish uchun gazni p_1, v_1 parametrli boshlang'ich holati 1 ga qaytarish, ya'ni gazni siqish kerak. Bunda gaz aylanma jarayon (tsikl) ni o'tadi.

Gazni siqish uchun albatta tashqi ish sarflash lozim bo'ladi. Siqilishda sarflangan ish

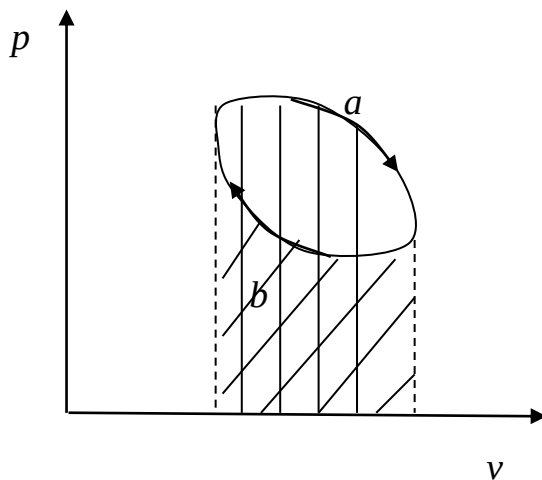
$$l_{siq} = \int_{v_2}^{v_1} p dV \quad (2)$$

yoki

$$l_{siq} = - \int_{v_1}^{v_2} p dV \quad (3)$$

Tsiklda foydali ish olish uchun kengayishida bajarilgan ish siqilish ishidan hamisha katta bo'lishi lozim (1- rasm), ya'ni $l_{kehg} > l_{siq}$. Aylanma jarayonda olingan foydali ish yoki tsikl ishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$L_{ts} = l_{kehg} - l_{siq}. \quad (4)$$



1 – rasm. Aylanma jarayonni $p - v$ diagrammada tasvirlanishi.

Musbat ish olinadigan tsikllar to'g'ri tsikl yoki issiqlik dvigatelining tsikli deb ataladi va $p - v$ diagrammada yo'nalishi soat strelkasining harakat yo'nalishiga mos keladi.

Ish sarflanadigan, ya'ni siqilish ishi kengayish ishidan katta bo'lgan tsikl – teskari tsikl yoki sovutish mashinasining **tsikli** deb yuritiladi. Tsikllar qaytar yoki qaytmas bo'lishi mumkin. Muvozanatli qaytar jarayonlardan tashkil topgan tsikl qaytar, aks holda **qaytmas tsikl** deyiladi.

Issiqlikni mexanik ishga aylantiradigan dvigatellarning uzluksiz ishlashi uchun ishchi jismga (gazga) Q_1 issiqlikni oladigan sovutgich bo'lishi kerak. Shunda $Q = Q_1 - Q_2$ issiqlikni ishga aylantirishga imkon bo'ladi.

Bunda issiqlikni iloji boricha ko'proq qismini ishga aylantirishga harakat qilish lozim. Termodinamikaning birinchi qonuniga ko'ra:

$$Q_1 - Q_2 = \Delta U + L \quad (5)$$

Aylanma jarayonda $\Delta U = 0$, u holda

$$Q_1 - Q_2 = L \quad (6)$$

Demak, tsiklda olingan foydali ishni shu tsiklda amalga oshirishda ishchi jismga berilgan Q_1 issiqlikka nisbatiga tsiklning **termik foydali ish koeffisienti** (FIK) deb ataladi. Termik FIK η_t bilan belgilanadi va quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta_t = \frac{L}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad (7)$$

yoki

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (8)$$

1 kg ishchi jism uchun:

$$\eta_t = \frac{l}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \quad (9)$$

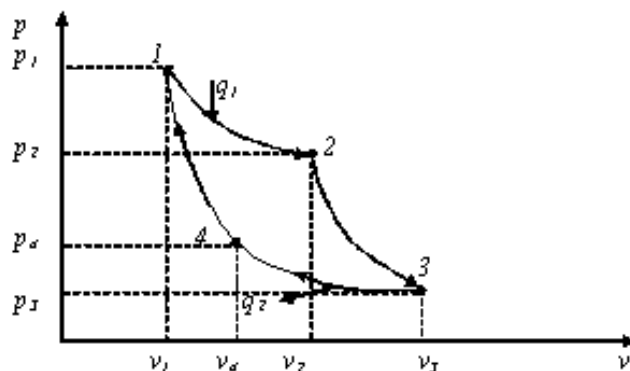
$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} \quad (10)$$

Ma'lumki, doimo $\eta_t < 1$. η_t ning qiymati qanchalik katta bo'lsa, ishchi jismga berilgan issiqlikning shunchalik ko'p qismi foydali ishga aylanadi va tsikl shunchalik mukammal bo'ladi.

SOVUTISH KOEFFISIENITI. KARNO TSIKLI (DAVRIYLIGI) VA TERMIC F.I.K.

Barcha ideal tsikllar orasida 1824 yilda fransuz olimi Sadi Karno taklif qilgan va uning nomi bilan ataladigan tsikl – Karno tsikli eng mukammal tsikldir.

Karno tsikli qaytar tsikldir. U to'rtta jarayon: 2 ta izotermik va 2 ta adiabatik jarayondan tashkil topadi (2 – rasm).



2- rasm. Karno tsiklini p –v diagrammasi.

2- rasmda Karno tsikli $P - v$ diagrammada tasvirlangan. Bu tsiklda sodir qilinadigan jarayonlarni quyidagi tartibda tushuntiramiz:

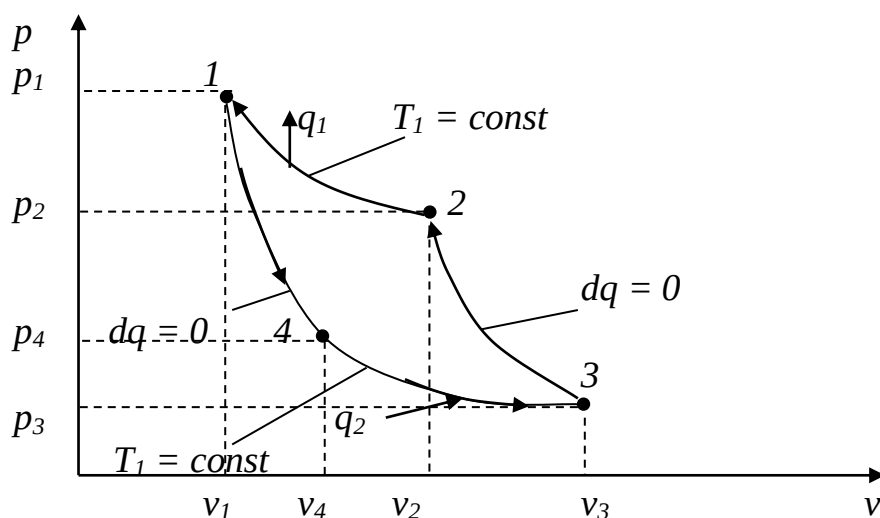
Sistemaning boshlang'ich holati 1 nuqta bilan aniqlanadi va parametrlari P_1 , v_1 va T_1 ga teng.

1 – 2 izotermik kengayish. Bunda tsilindrning tubi issiqlik manbai bilan ulangan bo'ladi. Sistema q_1 issiqlikni oladi va 1 – 2 chiziq bo'yicha kengayib ish bajaradi. 2 nuqtada sistema issiqlikdan uziladi.

2 – 3 adiabatik kengayish. Gaz tashqi muhit bilan issiqlik almashmasdan 2 – 3 chiziq bo'yicha kengayadi, porshen siljiydi va gaz o'zining ichki energiyasi hisobiga ish bajaradi. Bunda harorat va bosim kamayadi. Sistemaning harorati T_2 ga yetganda porshenning harakati 3 – nuqtada to'xtaydi. Shundan keyin tsilindr sovutgichga q_2 issiqlikni berishi boshlanadi.

3 – 4 izotermik siqilish. Porshen dastlabki holatiga shunchalik sekin qaytadiki, gaz sovutgich haroratida qoladi. Bunda tashqi kuchlar gaz ustida ish bajaradi. Uning hajmi kamayadi, bosimi esa ortadi, harorati o'zgarmasdan qoladi. Ishchi jismdan q_2 issiqlik olinishi 4 – nuqtada to'xtaydi.

4 – 1 adiabatik siqilish. Tashqi kuchlar tomonidan gazning siqilishi davom etadi, lekin issiqlik almashinuvi sodir bo'lmaydi. Gazning hajmi kamayadi, harorati va bosimi ortadi. Harorat isitgichning harorati T_1 ga yetganda siqilish to'xtaydi.



3 – rasm. Teskari Karno tsiklini $p - v$ diagrammada tasvirlanishi.

Karno tsiklining termik FIKi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (11)$$

Karno tsikli faqat to'g'ri yo'nalishda emas, balki teskari yo'nalishda ham sodir bo'lishi mumkin. 3 – rasmda teskari Karno tsikli $P - v$ diagrammada tasvirlangan.

Teskari Karno tsikli ham qaytar jarayonlardan hosil bo'ladi. Ishchi jism boshlang'ich holatidan 1 – 4 adiabata bo'yicha kengayadi. Bunda atrof – muhit bilan issiqlik almashinuvi sodir bo'lmaydi. Ishchi jismning harorati T_1 dan T_2 ga qadar kamayadi. So'ngra ishchi jism 4 – 3 izoterma bo'yicha kengaya boshlaydi va T_2 haroratli muhitdan q_2 issiqlikni oladi. 3 – 2 bo'yicha gazning adiabatik siqilishi sodir qilinadi va uning harorati T_2 dan T_1 gacha ortadi. 2 – 1 izotermik jarayonda gazdan T_1 yuqori haroratli muhitga q_1 issiqlik beriladi.

Ko'rib chiqilgan teskari tsiklda siqilishda bajarilgan ish kengayishda bajarilgan ishdan 14321 yopiq soha yuzasiga teng bo'lgan ish miqdorida kattadir. Bu tsikl ishi issiqlikka aylanadi va q_2 issiqlik bilan birgalikda T_1 haroratli issiqlik manbaiga beriladi. Shunday qilib, teskari tsiklda l ishni sarflab sovuq jismdan issiq jismga q_2 issiqlikni uzatish mumkin. Bunda issiqlik manbai oladigan issiqlik $q_1 = q_2 + l$ ga teng.

Teskari tsikl bo'yicha ishlaydigan mashina **sovutish mashinasi** deyiladi.

Demak, teskari tsiklni yoki sovutish tsiklini hosil qilish uchun albatta energiya sarflash lozim. Sovutish mashinasining ishini baholashda **sovutish koeffisientidan** foydalaniladi.

$$\varepsilon = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{q_2}{l} \quad (12)$$

yoki

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad (13)$$

Karno teoremasi: Karno tsiklining termik FIKi ishchi jismning xossalariga emas, balki faqat isitgich va sovutgichlarning haroratlariga bog'liq bo'ladi.

TERMODINAMIKA IKKINCHI QONUNINING ASOSIY TA'RIFLARI VA UNING MAZMUNI

Termodinamikaning birinchi qonuni energiyaning saqlanish va aylanish qonunining xususiy holi bo'lib, issiqlik miqdori, ichki energiya va mexanikaviy ish orasidagi miqdoriy bog'liqlikni ifodalaydi. Birinchi qonunda issiqlik jarayonlarining yo'nalishi va issiqlik mashinalarida issiqlikning ishga aylanish chegaralari xususida so'z bormaydi.

1824 yilda fransuz muhandisi Sadi Karno tomonidan issiqlik jarayonlarining yo'nalishini ko'rsatadigan qonun – termodinamika ikkinchi qonunining mohiyati ochib berildi. Termodinamika ikkinchi qonunining juda ko'p ta'riflari bo'lib, asosiylari quyidagilardir.

I. Issiqlikni mexanikaviy ishga aylantirish uchun issiqlik manbai va harorati issiqlik manbai haroratidan past bo'lgan sovitgich bo'lishi, ya'ni haroratlar farqi bo'lishi kerak. **(Sadi Karno ta'rifi)**

II. Dvigatelga keltirilgan issiqlikning hammasini butunlay ishga aylantirib bo'lmaydi, bu issiqlikning bir qismi harorati past bo'lgan tashqi jismlarga o'tadi. **(Tomson ta'rifi)**

III. Issiqlik sovuq jismdan issiq jismga tashqi ish sarflamay turib, o'z – o'zidan o'ta olmaydi. **(Klauzius ta'rifi)**

IV. Davriy ravishda ishlaydigan ikkinchi tur abadiy dvigatelni yaratib bo'lmaydi. **(Ostvald ta'rifi)**

V. O'z – o'zidan sodir bo'ladigan har qanday jarayon qaytmas jarayondir.

Termodinamika II qonunining mazmuni

Termodinamikaning birinchi qonuni energiyaning bir turdan ikkinchi turga aylanish yo'nalishini ham, aylanish sharoitini ham ko'rsatmaydi. Ishning issiqlik- ka aylanishi bilan issiqlikning ishga aylanishi hodisalari orasida keskin farq bor, lekin birinchi qonunda bunga e'tibor berilmaydi. Dvigatel ishini tormozlash yo'li bilan to'la issiqlikka aylantirish, ya'ni har qanday holatlarda ham ishni issiqlikka

to'la, 100 % aylantirish mumkin. Teskari hodisa – issiqlikning ishga aylanishi hech qachon to'la bo'lmaydi. Masalan, eng mukammal issiqlik dvigatellarida ham termik f.i.k. 60 % dan ortmaydi. Shunday qilib, issiqlikning ishga aylanishi uchun issiqlik manbai bo'lishidan tashqari, sovitgichning ham mavjud bo'lishi shart.

Ikkinchi qonunning mazmuni haqida nemis fizigi L.Bolsman shunday yozgan: "Hamma tabiiy jarayonlar beqaror holatdan barqaror holatga o'tishdan iboratdir". Demak, termodinamikaning ikkinchi qonuni birinchi qonunning ta'sir doirasini qandaydir ma'noda cheklaydi. Shu ma'noda ingliz fizigi V.Tomson-Kelvin(1851 y.) ikkinchi qonunga quyidagicha ta'rif berdi, ya'ni davriy ravishda ishlab turgan dvigatelda jismni faqatgina sovitmay turib, uning issiqligini ishga aylantirib bo'lmaydi. V.Ostvald esa termodinamikaning ikkinchi qonunini quyidagicha ta'riflagan: ikkinchi darajali perfektum mobilini abadiy dvigatel yaratish mumkin emas. R.Klauzius (1850 y.) ta'rif bo'yicha, issiqlik ancha sovuq jismdan ancha issiq jisimga o'z-o'zidan o'ta olmaydi. Nemis fizigi L.Bolsman termodinamikaning ikkinchi qonuni holatini quyidagicha ta'rifladi: ikkinchi tur perfektum mobilni yaratish mumkin emas. Bu degani shuki, tashqaridan oz energiya olib, miqdor jihatdan ko'p energiyaga ekvivalent bo'lgan ish bajaruvchi dvigatelning bo'lishi mumkin emas. Ortiqchaishni «hechnarsa» hisobiga bajarishga to'g'ri keladi. «Hech narsa» hisobiga ish bajaruvchi dvigatelni birinchi turdagi perfektum mobile deyiladi. Qaytuvchan Karno siklining termik f.i.k. quyidagicha aniqlangan edi:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} \quad \text{ёки} \quad \eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Ikkala tenglikni o'ng tomonlarini yozamiz: yoki matematik o'zgartirib yozish mumkin:

$$1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Bundan

$$\frac{q_1}{T_1} - \frac{q_2}{T_2} = 0 \text{ bunda}$$

Yoki $\oint \frac{dq}{T} = 0$ Bu ifoda Klauzius integrali deyiladi.

6-MARUZA. ISSIQLIK ALMASHINUVI ASOSLARI. ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK

Reja:

1. Issiqlik uzatish usullari: **issiqlik o'tkazuvchanlik, konvektiv va nurlanish.**
2. **Issiqlik o'tkazuvchanlik.** Harorat maydoni. Barqaror va nobarqaror harorat maydoni. Harorat gradienti
3. Issiqlik oqimi. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti. Fure qonuni

Tayanch iboralar: **issiqlik o'tkazuvchanlik, konveksiya, nurlanish,** issiqlik rejimi, Fure qonuni, izotermik sirt.

Issiqlik uzatish – bu moddalar ichida issiqlik tarqalishi, jismlar orasida issiqlik uzatilishi jarayonlarini shart-sharoitlari va qonuniyatlarini o'rgatuvchi fandır. Issiqlik almashinish jarayonlarini o'rganishdan maqsad issiqlik mashinalarida, issiqlik effektlari bilan sodir bo'ladigan texnologik jarayonlarda ularni boshqarishdan iboratdir. Issiqlik almashinish jarayoni murakkab jarayon bo'lib, uni o'rganish uchun issiqlikni uzatish mexanizmiga qarab 3 ta oddiy jarayonga bo'lib o'rganiladi. Issiqlik almashinuvi jarayonining samaradorligi asosiy va etarli sharti bu haroratlar farqidir. Issiqlik uzatish usullari quyidagi turlarga bo'linadi:

1-Issiqlik o'tkazuvchanlik.

2-Konveksiya.

3-Nurlanish.

Qattiq jism, suyuqlik va gazlarning o'zi orqali issiqlik o'tkazish qobiliyatiga **issiqlik o'tkazuvchanlik** deyiladi. Issiqlik o'tkazuvchanlik jismning turli temperaturali ayrim qismlari bir-biriga bevosita tekkanda issiqlik energiyasining tarqalish jarayoni. Issiqlik metal va qotishmalarda erkin elektronlari yordamida uzatiladi.

Suyuqlik va gazlarda molekulalarni va boshqa mayda zarrachalarni bir-biriga tegishi tufayli issiqlik uzatiladi. Plastmassa jismlarda esa elastik to'lqinlar orqali issiqlik uzatiladi. **Konvektiv issiqlik almashinuvi** - suyuqlik va gazlarning fazoda vaqt birligida harakatlanishi tufayli **issiqlik almashishiga** aytiladi.

Bunda suyuqlik va gaz oqimi ichida issiqlik o'tkazuvchanlik ham ro'y beradi shunga asosan konvektiv issiqlik almashinuvi konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlikning birgalikda ta'siridir.

Nurlanish (nuriy issiqlik almashinuvi) energiya ning elektromagnitaviy to'liqlar, fotonlar vositasida uzatilish jarayoni. Nurlanish bilan issiqlik uzatilishida energiya ikki marta o'zgaradi: ko'proq qizdirilgan jism elektromagnitli to'liqlar, fotonlar tarzida energiya chiqaradi (nurlanadi), kamroq qizdirilgan jism esa bu energiyani yutadi va isiydi. Faqat shu usulda vakuum orqali issiqlik uzatilishi mumkin.

ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK. HARORAT MAYDONI. BARQAROR VA NOBARQAROR HARORAT MAYDONI. HARORAT GRADIENTI

Issiqlik o'tkazuvchanlik - bu temperaturalar farqi borligi tufayli tutash muhitda issiqlikning molekulyar uzatilishidir.

Temperatura maydoni - bu vaqtning ayni momentida ko'rib chiqilayotgan fazoning yoki tekislikning barcha nuqtalaridagi temperatura qiymatlarining to'plamidir. Agar maydonning ko'rilyotgan nuqtalaridagi temperatura bir xil bo'lsa maydon bir jinsli maydon deyiladi. Bir xil bo'lmasa bir jinsli bo'lmagan maydon deyiladi.

Jismning istalgan nuqtasida temperatura vaqtga bog'liq bo'lmaydigan rejim statsionar (**barqaror**) **issiqlik rejimi** deyiladi. Statsionar rejimdan oldin doimo nostatsionar (**beqaror**) **rejim** keladi.

Temperatura maydoni matematik jihatdan koordinatalar funksiyasi bilan ifodalanadi:

$$t = f(x, y, z, \tau) \quad (1)$$

x, y va z -koordinata; τ - vaqt, sek;

Temperatura maydoni uchta, ikkita va bitta koordinataning funksiyasi bo'lishi mumkin. Agar temperatura uch yo'nalishda o'zgarsa u holda maydon uch o'lchamli deyiladi. Ikki o'lchamli va bir o'lchamli maydonlarning tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$t=f(x,y); \frac{\partial t}{\partial z}=0$$

$$t=f(x); \quad \frac{\partial t}{\partial y} = \frac{\partial t}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

Hamma nuqtalarida temperatura bir xil bo'ladigan sirt **izotermik sirt** deyiladi. Izotermik sirtlar o'zaro kesishmaydi. Temperatura gradienti - izotermik sirtga tushirilgan normal bo'yicha yo'nalgan vektordir.

$$\lim\left(\frac{\Delta t}{\Delta n}\right)_{\Delta n \rightarrow 0} = \frac{dt}{dn} = \text{grad}t$$

Temperatura gradientining fizik mohiyati temperatura maydonida temperaturaning o'zgarishi tezligini xarakterlaydi. Issiqlik oqimining zichligi (solishtirma issiqlik oqimi) temperatura maydonining 1m^2 yuzasidan vaqt birligi ichida o'tadigan issiqlik miqdori

$$q\left(\frac{dj}{s \cdot m^2}\right) = \left(\frac{vt}{m^2}\right)$$

Solishtirma issiqlik oqimi vektori temperatura past tomonga yo'nalgan bo'ladi. $Q=q \cdot F$, [vt]; **Q- issiqlik oqimi.**

ISSIQLIK OQIMI. ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK KOEFFISIENITI. FURE QONUNI

Ma'lumki, issiqlik o'tkazuvchanlik – bu temperaturalar farqi borligi tufayli tutash muhitda issiqlikning molekulyar uzatilishidir. Ixtiyoriy sirt dan vaqt birligi ichida o'tadigan issiqlik miqdori Q issiqlik oqimi deyiladi. Issiqlik oqimining vektori doimo temperaturaning pasayish tomoniga yo'nalgan bo'ladi.

Issiqlik almashinuv intensivligi miqdoriy jihatdan issiqlik oqimining zichligi bilan xarakterlanadi. Sirt birligi F dan vaqt birligi da o'tadigan issiqlik issiqlik oqimining zichligi yoki solishtirma issiqlik oqimi deyiladi. Vaqtning ayni momentida ko'rib chiqilayotgan fazoning nuqtalaridagi temperatura qiymatlarining yig'indisi temperatura maydoni deyiladi. Hamma nuqtalarida temperatura bir xil bo'ladigan sirt izotermik sirt deyiladi. Fazoning ayni nuqtasining o'zida bir vaqtda ikki xil teperatura bo'lishi mumkin emasligini nazarda tutgan holda izotermik sirtlar hech qachon bir-biri bilan kesishmaydi. Jismning temperaturasi izotermik sirtlarni kesib o'tadigan yo'nalish- lardagina o'zgaradi. Bunda uzunlik birligida temperaturaning eng katta

oʻzga- rishi izotermik sirtga normal yoʻnalishda boʻladi. Eslatib oʻtamiz, temperatura oʻzgarishi Δt ning izotermadagi normal boʻyicha masofa Δn ga nisbati temperatura gradienti deyiladi. **Temperatura gradienti** – izotermik sirtga tushirilgan normal boʻyicha yoʻnalgan vektordir. Uning temperaturaning koʻtarilishi tomoniga yoʻnalishi musbat yoʻnalish hisoblanadi. Issiqlik doimo koʻproq qizdirilgan zarralardan kamroq qizdirilgan zarralarga uzatilishi sababli issiqlik oqimi zichligi q ning vektori doimo temperaturaning pasayishi tomoniga yoʻnaladi. Fransuz olimi Fur'e qattiq jismlardagi issiqlik oʻtkazuvchanlik jarayonlarini oʻrganib, issiqlik oqimining zichligi temperatura gradientiga proporsional ekanligini aniqladi.

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} = -\lambda \text{grad}t, \quad \frac{Vt}{m^2}$$

yoki

$$Q = q * F = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} * F, \quad Vt \quad (3)$$

Bu formula issiqlik oʻtkazuvchanlikning asosiy qonunini ifodalaydi va Fure qonuni deyiladi.

Formuladagi (-) ishora issiqlik oqimi bilan temperatura gradientining vektorlari qarama- qarshi tomonga yoʻnalganligini bildiradi.

λ - issiqlik oʻtkazuvchanlik koeffitsientini ifodalaydiva u moddaning fizikaviy parametridir. U moddaning qay darajada issiqlik oʻtkazishini koʻrsatadi.

Issiqlik oʻtkazuvchanlik koeffitsientining oʻlchamliligi quyidagicha aniqlanadi:

$$[\lambda] = \left[\frac{q}{\frac{dn}{dt}} \right] = \left[\frac{Vt}{m^{\circ}C} \right]$$

λ - qanchalik katta boʻlsa, modda issiqlikni shunchalik yaxshi oʻtkazuvchan boʻladi. Metallar issiqlikni yaxshi oʻtkazadi, quruq harakatsiz havo issiqlikni yomon oʻtkazadi. Engil gʻovak materiallar issiqlikni yomon oʻtkazadi, chunki ularning gʻovaklari havo bilan toʻlgan boʻladi. Issiqlik oʻtkazuvchanlik koeffitsienti 0,2 vt/m

grad dan kichik bo'lgan materiallar issiqlik izolyasiya materiallari deyiladi. Suvning issiqlik o'tkazuvchanligi yomon, lekin ho'l materialning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti uning quruq holatidagi issiqlik o'tkazuvchanligiga nisbatan ancha kata bo'ladi. Bunga sabab shuki, suv issiqlikni havoga qaraganda 20-25 marta yaxshi o'tkazadi. Shu sababli jism g'ovaklarining suv bilan to'lishi uning issiqlik izolyasiya xossalarini keskin kamaytirib yuboradi. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining qiymati har qaysi jism uchun tajribadan topiladi. Natijalar jadval qilib yoziladi va ulardan hisoblashlarda foydalaniladi.

λ - issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti qattiq, suyuq va gazsimon moddalarni eng zarur teplofizik xususiyatini ifodalaydi.

λ - ko'p faktorlarga (zichlikka, temperaturaga, namlik) bog'liq bo'lib har doim maxsus jadvallardan yoki tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

$$\lambda_{havo}(20^{\circ}\text{C}) = 0,026 \frac{Vt}{(m \cdot K)}$$

$$\lambda_{Cu}(20^{\circ}\text{C}) = 396 \frac{Vt}{(m \cdot K)}$$

$$\lambda_{porlat}(20^{\circ}\text{C}) = 40 - 60 \frac{Vt}{(m \cdot K)}$$

Nazorat uchun savollar:

1. Issiqlik uzatish deb nimaga aytiladi.
2. Issiqlik o'tkazuvchanlikka ta'rif bering.
3. Temperatura maydonini tushuntiring.
4. Fure qonuni ta'riflang.
5. Issiqlik oqimi deb nimaga aytiladi?
6. Issiqlik izolyatsion materiallar to'risida gapiring.
7. Yassi va silindrik devorlar orqali issiqlik uzatishini tushuntiring.

7-MARUZA. KONVEKTIV ISSIQLIK ALMASHINUVI.

Reja:

1. Konvektiv issiqlik almashinuvi. Nyuton – Rixman qonuni..
2. Erkin va majburiy konveksiya
3. O'xshashliklar nazariyasi haqida tushuncha. Nussel, Reynolds, Grasgof, Prandtl mezonlari.

Tayanch iboralar: konveksiya, issiqlik berish, laminar oqim, turbulent oqim, Nusselt soni, Reynolds soni, Grasgof soni, Prandtl soni.

Yuqorida aytilganidek gaz va suyuqlik makrozarralarining bir joydan ikkinchi joyga siljishida issiqlikning uzatilish jarayoni **konveksiya** deyiladi. Issiqlikning konveksiya va molekulyar uzatilishining birgalikda ta'sir etishi tufayli bo'ladigan issiqlik almashinishi konvektiv issiqlik almashinish deyiladi.

Harakatlanuvchi muhit va uning qattiq jism bilan chegara sirti orasidagi konvektiv issiqlik almashinuvi **issiqlik berish** deyiladi.

Konvektiv issiqlik berish nazariyasining asosiy vazifasi oqim yuvib o'tadigan qattiq jism orqali o'tadigan issiqlik miqdorini aniqlashdir. Issiqlikning yakuniy oqimi doimo temperaturaning pasayish tomoniga yo'nalgan bo'ladi. Suyuqlik quvur bo'ylab laminar harakatda bo'lganda hosil bo'lgan chegara qatlam tufayli issiqlik almashinishi kam bo'ladi, turbulent harakat yuzaga kelishi bilan harakatlanmay qolgan suyuqlik zarrachalarining harakat tezligi ortishi tufayli chegara qatlamning qalinligi kamayadi. Natijada issiqlik almashinishi ortadi. Issiqlik berish jarayonini hisoblashda Nyuton-Rixman qonunidan foydalaniladi:

$$Q = \alpha F (t_c - t_{dev}) \quad (1)$$

bu yerda: Q — issiqlik oqimi, $[Vt]$;

α — issiqlik berish koeffitsienti, $Vt/m^2 K$;

t_c — atrof-muhit harorati, $^{\circ}C$,

t_{dev} — devor sirtining harorati. $^{\circ}C$;

F — issiqlik almashuv yuzasi, m^2 .

Bu tenglik 1701 yili I.Nyuton tomonidan olingan bo‘lib, Nyutonning konvektiv issiqlik berish qonuni deb aytiladi. Bu qonunga asosan suyuqlikdan devorga yoki devordan suyuqlikka o‘tadigan issiqlik miqdori Q issiqlik almashinuvida ishtirok etayotgan sirt F ga, temperatura tushishi $t_c - t_{dev}$ ga va issiqlik almashinuv vaqti τ ga proporsional bo‘ladi. Bu yerda t_{dev} – devor sirtining temperaturasi; t_c – devor sirtini yuvib o‘tadigan muhitning temperaturasi. Suyuqlik bilan qattiq jism orasidagi issiqlik almashinuvining aniq shart-sharoitlarini hisobga oluvchi proporsionallik koeffitsienti **α - issiqlik berish koeffitsienti** deyiladi.

Agar formulada $F= 1m^2$ va $\tau=1$ sek deb qabul qilsak, bir kvadrat metr yuza- dan o‘tadigan issiqlik oqimining Vatt hisobidagi zichligini olamiz:

$$q = a(t_c - t_{dev}) \quad (2)$$

yoki

$$q = \frac{t_c - t_{dev}}{\frac{1}{a}}$$

1/ α - kattalik issiqlik berish termik qarshiligi deyiladi.

$$a = \frac{q}{t_c - t_{dev}} \quad (4)$$

Issiqlik berish murakkab jarayon.

α - Issiqlik berish koeffitsienti quyidagi faktorlarga bog‘liq:

- a) suyuqlik oqishining vujudga kelish sabablari,
- b) suyuqlikning oqish rejimi (laminar yoki turbulent),
- v) suyuqlikning fizikaviy xossalari,
- g) issiqlik beruvchi sirtning shakli va o‘lchovlari.

Laminar oqishda suyuqlikning zarralari aralashmasdan harakatlanadi. Bunda oqish yo‘nalishiga normal bo‘yicha issiqlikning uzatilishi asosan issiqlik o‘tkazuvchanlik yo‘li bilan amalga oshadi. Suyuqlikning issiqlik o‘tkazuvchanligi ancha kichik bo‘lganligi sababli laminar oqimda issiqlik almashinishning intensivligi

katta bo'lmaydi (**Laminar oqimda suyuqlikning zarralari aralashmadan harakatlanadi**).

Turbulent oqishda issiqlik oqim ichida issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan, shuningdek, suyuqlikning deyarli barcha massasining aralashishi yo'li bilan tarqaladi, bunda suyuqlikning qatlam osti qovushoq qismi ishtirok etmaydi, chunki unda issiqlikning molekulyar uzatilishi turbulent uzatilishida ustun turadi. Shuning uchun turbulent oqishda issiqlik almashinish intensivligi laminar oqishdagiga qaraganda ancha katta bo'ladi (**Turbulent oqimda issiqlik suyuqlikning deyarli barcha massasini aralashish yo'li bilan tarqaladi**).

Vujudga kelish sabablariga qarab suyuqlikning harakati **erkin** va **majburiy** harakatlarga bo'linadi.

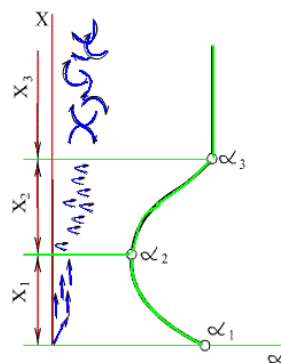
Erkin harakatlanish notekis isitilgan suyuqlik va gazlarda vujudga keladi. **Suyuqlikning majburiy harakatlanishi** tashqi ta'sirlar: ventilyatorlar, nasoslar va shunga o'xshashlarning ta'sir etishi bilan bog'liq.

Hozirgi vaqtda konvektiv issiqlik almashinuvini tekshirish uchun o'xshashliklar nazariyasidan foydalaniladi.

Erkin harakatlanishda issiqlik berilishi

Erkin konveksiya yo'li bilan issiqlik almashinuvida qizigan zarralar yuqori- dan tushayotgan sovuq zarralarga qarshi, ya'ni pastdan yuqoriga tomon harakat qiladi. Bunda murakkab harakat vujudga kelib, ko'tariluvchi va tushuvchi oqimlar to'qnashadi.

Issiqlik berish koeffitsiyentini o'zgarishi. $a_1 > a_2$; $a_3 > a_2$;



1-rasm. Havoning qizigan vertikal quvur atrofida harakatlanish sxemasi.

A.Mixeev tabiiy konveksiyada issiqlik almashinuviga doir ko'p tajriba materiallarini analiz qildi va issiqlik almashinuvining turli hollarida issiqlik berilishini topishga imkon beradigan bir qator tenglamalarni taklif etdi.

Quyidagi tenglamadan Nusselt soni aniqlanadi.

$$Nu_m = c(Gr.Pr)^n_m \quad (5)$$

Indeks m o'lchamsiz sonlarga kiruvchi fizikaviy konstantalar t m temperatura olinishini ko'rsatadi.

$$t_m = \frac{t_m + t_c}{2} \quad (6)$$

c va n konstantalarning o'zgarishiga bog'liq. $c=1,18...0,135$ $n=\frac{1}{8}... \frac{1}{3}$ havo uchun (gorizontal quvurdan issiqlik uzatuvchi) $c=0.5$; $n=0,25$.

Issiqlik almashinish sirti uchun o'rtacha olingan issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\varphi = \frac{Nu_\lambda}{l} \quad (7)$$

Majburiy harakatlanishda issiqlikning berilishi

Majburiy harakatda issiqlik berish intensivligi, asosan muhitning (suyuqlik va gazning) harakatlanish xarakteri bilan aniqlanadi.

Amalda, ko'pincha, turbulent harakat uchraydi, bunda issiqlik berish koeffitsiyenti laminar harakatdagiga qaraganda ancha katta bo'ladi.

Laminar oqimda (harakatda) quvurlardagi issiqlik almashinuvi.

Gorizontal joylashgan quvurlarda suyuqlikning majburiy laminar harakatlanishida issiqlik almashinishini hisoblash uchun Mixeev formulasi qo'llaniladi.

$$Nu_c = 0.17R_{ec}^{0.33} Pr_c^{0.43} Gr_r^{0.1} \left(\frac{Pr_c}{Pr_{dev}} \right)^{0.25} \varepsilon_c \quad (8)$$

bu yerda

ε_c - quvur uzunligining l uning diametri d ga nisbatini hisobga oluvchi tuzatma

$\frac{e}{d}$	1	2	5	10	15	20	30	40	50
---------------	---	---	---	----	----	----	----	----	----

ε_c	1,9	1,7	1,44	1,28	1,18	1,13	1,05	1,02	1,0
-----------------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	-----

“c” indeksi fizikaviy konstantalar suyuqlikning o’rtacha temperaturasi t ga ta’luqli ekanligini "dev" indeksi esa fizikaviy konstantalar devor temperaturasi t da olinganligini bildiradi.

$$t_c = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (9)$$

bu yerda t_1 va t_2 - suyuqlikning quvurga kirishdagi va undan chiqishdagi temperaturalar turbulent oqishda trubalardagi issiqlik almashinuvi. Mixeev turbulent oqish rejimida quvurlardagi issiqlik berilishini hisoblash uchun quyidagi formulani taklif etdi.

$$Nu = 0,021 Re_c^{0,8} Pr_c^{0,43} \left(\frac{Pr_c}{Pr_{de\delta}} \right)^{0,25} \varepsilon_e \quad (10)$$

ε_c - quvur uzunligi l ning uning diametri d ga nisbatini hisobga oluvchi tuzatma.

Maxsus jadvaldan Re soniga qarab olinadi.

Yuqoridagi formulalar kesimi doiraviy bo’lmagan trubalardagi issiqlik berilishini hisoblashlarda ham qo’llanishi mumkin. Bu holda xarakterli o’lcham sifatida ekvivalent diametrdan foydalaniladi

$$d_{ekv} = \frac{4F}{V}$$

bu yerda

F -quvur ko’ndalang kesimining yuzi, m^2

V -uning perimetri, m .

O’XSHASHLIKLA NAZARIYASI HAQIDA TUSHUNCHA. NUSSELT, REYNOLDS, GRASGOF, PRANDTL MEZONLARI

O’xshashliklar nazariyasi konkret qurilmada olingan tajriba natijalarini boshqa shunga o’xshash hodisalarga qachon tatbiq etish mumkinligini, ya’ni jarayonlarning o’xshashligini aniqlashga imkon beradi. Bunda masshtablar shuningdek, masalaga

kiruvchi fizikaviy konstantalar o'xshashlik sonlari yoki kriteriylari deyiladigan o'lchamsiz komplekslar holida birlashtiriladi.

Quyida ulardan ayrimlarini keltiramiz.

Nusselt soni, qattiq jism bilan suyuqlik chegarasida issiqlik almashinuvini xarakterlaydi.

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda} \quad (11)$$

l_0 - o'ziga xos chizig'iy o'lchami.

Reynolds soni inertsia kuchlari bilan qovushqoqlik nisbatini xarakterlaydi. bu yerda γ - suyuqlikning kinematik qovushqoqligi

$$Re = \frac{w \cdot l}{\gamma}$$

Grasgof soni zichliklarning farqi tufayli suyuqlikda paydo bo'ladigan ko'tarish kuchlarining qovushqoqlik kuchlariga nisbatini xarakterlaydi.

$$Gr = \frac{g \beta (t_{\text{de}} - t_c) l_0^3}{\nu^2} \quad (13)$$

β - suyuqlik yoki gazning hajmiy kengayish koeffitsiyenti (gazlar uchun

$$\beta = \frac{1}{T})$$

Prandtl soni suyuqlikning fizikaviy xossalarini xarakterlaydi.

$$Pr = \frac{\gamma}{a}$$

Kriterial tenglamalarni hisoblashda suyuqlikning fizik parametrlari ma'lumot jadvallaridan aniqlovchi temperatura bo'yicha olinadi. Odatda bu temperatura sifatida suyuqlikning o'rtacha temperaturasi olinadi. Doirasimon quvurlar uchun aniqlovchi o'lcham sifatida uning diametri, murakkab kesimli kanallar uchun ekvivalent diametr va plitani oqim yuvib o'tayotganda uning uzunligi olinadi.

8-MARUZA. ISSIQLIK ALMASHINUV APPARATLARI

Reja:

1. Issiqlik almashinuv apparatlarining turlari.
2. Rekuperativ, regenerativ va aralash issiqlik almashuv qurilmalari
3. Issiqlik almashinuv apparatlarini hisoblash.
4. O‘rtacha temperatura bosimini hisoblash

Tayanch iboralar: issiqlik almashinuv apparati , aralashtirgichli, rekuperativli, regenerativli, o‘rtacha logarifmik temperatura.

Issiqlik tashuvchini qizdirish yoki sovitish uchun mo‘ljalangan qurilma **issiqlik almashinuv apparati (IAA)** deyiladi. Issiqlik tashuvchi sifatida suyuqlik yoki gaz ishlatiladi. Issiqlik tashuvchilar isituvchi va isitiladigan tashuvchilarga bo‘linadi. Masalan, qozon ichida qizigan gaz isituvchi issiqlik tashuvchi, qozondagi suv esa isitiladigan issiqlik tashuvchi hisoblanadi. Isitish radiatoridagi suv isituvchi issiqlik tashuvi, xonaga issiqlikni tarqatadigan havo esa, isitiladigan issiqlik tashuvchi hisoblanadi.

IAA lariga bug‘ qozonlari, kondensatorlar, bug‘ qizdirgichlar, havo isitkichlar, markaziy isitish asboblari, radiatorlar va shu kabilar misol bo‘la oladi.

IAA lari o‘zining shakli va o‘lchamlari bilan hamda ishlatilayotgan ishchi jismi bilan bir – biridan katta farq kiladi. IAA lari xilma xil bo‘lsada, issiqlik hisobining asosiy qoidalari ular uchun umumiy bo‘lib qoladi. IAA lari texnikada nihoyatda keng tarqalgan, hozirgi vaqtda ularning aniq bir tasnifi yo‘q. Quyida keltirilgan tasnif eng ko‘p qo‘llanilayotgan IAA lariga ta’luqlidir.

IAA larini quyidagicha tasniflash mumkin:

Aralashtirgichli. Bunday IAA larida issiq va sovuq issiqlik tashuvchi bir – biriga bevosita tegadi va keyin aralashib ketadilar. Masalan, qozon agregatidan chiqadigan yuqori temperaturali bug‘ yo suv sovuq yoki iliq suv bilan aralash-tiriladi, so‘ngra iste‘molchilarga uzatiladi. Bunday IAA lariga gradirnyalar, deaeratorlar, skrubberlar va boshqa qurilmalar kiradi.

Rekuperativli. Bunday IAA larida issiqlik ajratuvchi devor (odatda metall) orqali uzatiladi. Bunday apparatlarga bug‘ generatorlari, bug‘ qizdirgichlari, suv isitkichlari, havo isitkichlari va turli xil bug‘latgich apparatlari kiradi.

Hozirgi paytda rekuperativ apparatlar eng ko‘p tarqalgan. Ular tuzilishi juda sodda, ixcham va issiqlik tashuvchilarning temperaturasini har doim o‘zgarmas-ligini ta‘minlaydi.

Rekuperativ apparatlar asosan metaldan ishlangan. Temperaturasi 400-450⁰S bo‘ladigan issiqlik tashuvchilar uchun esa quvurlar uglerodli po‘latdan, temperaturasi 500-700⁰S bo‘ladigan issiqlik tashuvchilar uchun esa legirlangan po‘latdan tayyorlanadi.

Regenerativli. Bunday IAA larida isitish (yoki sovutish) sirtining o‘zi vaqt – vaqti bilan goh issiq, goh sovuq issiqlik tashuvchi bilan yuvilib turiladi.

Dastlab regenerator panellaridan qizigan issiqlik tashuvchi – domno va marten pechlari, vagrankalar va boshqalardagi yonish mahsulotlari yuboriladi.

Regeneratorning isitish sirti qizigan gazlardan issiqlik olib isiydi, so‘ngra bu issiqlikni sovuq issiqlik tashuvchiga beradi. Bunday IAA lariga zamonaviy qozon agregatlarining havo isitgichlari misol bo‘la oladi.

ISSIQLIK ALMASHINUV APPARATLARINI HISOBLASH

IAA larini hisoblashdan asosiy maqsad issiqlik almashinuv yuzasini, issiqlik tashuvchilarning parametrlarini, issiqlik tashuvchilarning eng muvofiq sarfini va ularning tezligini, hamda apparatning eng muvofiq o‘lchamlarini aniqlashdan

iboratdir. IAA larini hisoblashda issiqlik balansi tenglamasi va issiqlik uzatish tenglamasi asosiy hisoblanadi. Issiqlik uzatish tenglamasi:

$$Q = kF(t_1 - t_2) \quad (1)$$

Bunda Q – issiqlik oqimi, Vt ; k - issiqlik uzatish koeffitsenti, $Vt/(m^2 \cdot K)$; F – issiqlik almashinuv yuzasi m^2 ; t_1 va t_2 – mos ravishda issiq va sovuq issiqlik tashuvchilar temperaturasi.

Issiqlik balansi tenglamasi

$$Q = m_1 \Delta h_1 = m_2 \Delta h_2$$

yoki

$$Q = V_1 \rho_1 c_{p1} (t_1^I - t_1^{II}) = V_2 \rho_2 c_{p2} ((t_2^I - t_2^{II})), \quad (2)$$

bu yerda $V_1 \rho_1$ va $V_2 \rho_2$ - issiqlik tashuvchilarning massaviy sarfi kg/s ; c_{p1} va c_{p2} - suyuqlikning t^I dan t^{II} gacha temperatura oralig'idagi o'rtacha issiqlik sig'imi; t_1^I va t_2^I suyuqlikning apparatga kirishdagi temperaturasi; t_1^{II} va t_2^{II} suyuqlikning apparatdan chiqishdagi temperaturasi. $V \rho c_p = W$ kattalikni suv ekvivalenti deb aytiladi.

Oxirgi tenglamani e'tiborga olib (2) tenglamani quyidagicha yozish mumkin.

$$\frac{(t_1^I - t_1^{II})}{(t_2^I - t_2^{II})} = \frac{W_2}{W_1} \quad (3)$$

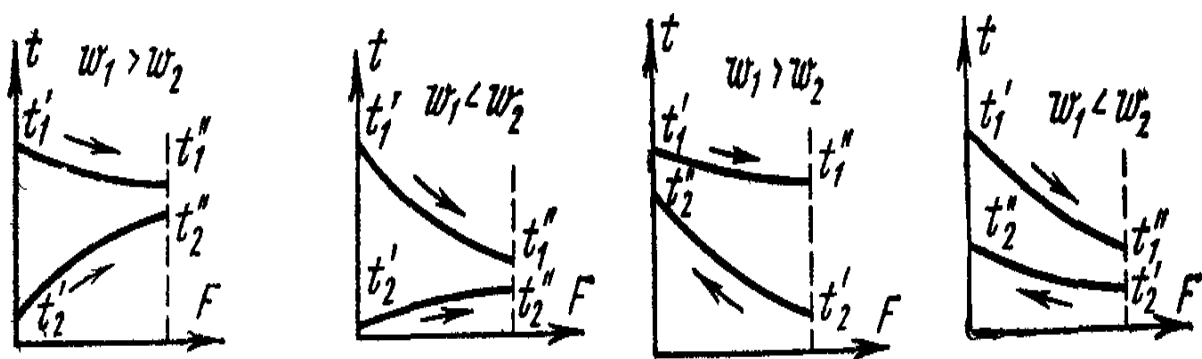
bunda W_1 va W_2 issiq va sovuq suyuqliklarning suv ekvivalentlari.

Demak, IAAda issiq va sovuq issiqlik tashuvchilar temperaturalarining o'zgarishi suv ekvivalentlariga teskari proportsional bo'lar ekan.

$$\frac{dt_1}{dt_2} = \frac{W_2}{W_1}$$

Issiqlik uzatish tenglamasini (1) keltirib chiqarishda issiqlik tashuvchilarning temperaturasi apparatda o'zgarmaydi deb hisoblangan.

Haqiqatda esa issiqlik tashuvchilarning apparatdan o'tish vaqtida temperaturalar o'zgaradi, bundan tashqari temperatura o'zgarishiga suyuqlikning harakatlanish sxemasi va suv ekvivalentlari katta ta'sir qiladi.



1-rasm. Issiqlik tashuvchilarning to'g'ri oqimli harakatda temperaturalarining o'zgarishi.

1-rasmdan ko'rinib turibdiki, to'g'ri oqimda sovuq issiqlik tashuvchining oxirgi temperaturasi har doim qaynoq issiqlik tashuvchining temperaturasidan past bo'ladi. Qarshi oqimda (1-rasm) sovuq issiqlik tashuvchining temperaturasi qaynoq issiqlik tashuvchining temperaturasidan ancha katta bo'lishi mumkin. Demak, qarshi oqimli apparatlarda sovuq issiqlik tashuvchining temperaturasini, to'g'ri oqimli apparatdagiga qaraganda yuqoriroq ko'tarish mumkin ekan.

Bundan tashqari, rasmlardan ko'rinib turibdiki, temperatura o'zgarishlari bilan bir qatorda suyuqliklar temperaturalar farqi Δt ham o'zgaradi.

Δt va k kattaliklarni faqat elementar yuzi chegarasida o'zgarmas deb hisoblash mumkin. Shuning uchun elementar dF yuz uchun issiqlik uzatish tenglamasi faqat differentsial shaklda to'g'ri bo'ladi:

$$dQ = k dF \cdot \Delta t \quad (4)$$

Butun F yuz bo'ylab uzatilgan issiqlik oqimi (4) tenglamani integrallashdan aniqlanadi:

$$Q = \int_0^F k dF \Delta t = k F \Delta t_{o'rt} \quad (5)$$

Bunda $\Delta t_{o'rt}$ - butun isitish yuzasi bo'ylab temperaturaning o'rtacha logarif- mik bosimi. Agar issiqlik uzatish koeffitsienti issiqlik almashinuv yuzasi bo'ylab ancha o'zgarsa, u holda uning o'rtacha qiymati olinadi:

$$k_{o'rt} = \frac{F_1 k_1 + F_2 k_2 + \dots + F_n k_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}$$

U holda $k_{o'rt} = \text{const}$ bo'lganda (5) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$Q = k_{o'rt} \int_0^F \Delta t dF \text{ yoki } Q = k_{o'rt} \Delta t_{o'rt} F$$

O'RTACHA TEMPERATURA BOSIMINI HISOBLASH

Agar issiqlik tashuvchilar temperaturalari to'g'ri chiziqli bo'yicha o'zgarsa u holda o'rtacha temperatura bosimi temperaturalarning o'rta arifmetik qiymatlari- ning ayirmasiga teng bo'ladi:

$$\Delta t_{o'rt} = \frac{(t'_1 + t''_1)}{2} - \frac{(t'_2 + t''_2)}{2} \quad (6)$$

Biroq ishchi suyuqliklar temperaturasi o'zgarishi to'g'ri chiziqli bo'lmaydi.

Shuning uchun (6) tenglamani temperaturalar uncha katta o'zgarmagan hollarda qo'llash mumkin.

$\Delta t_{o'rt}$ kattalikni to'g'ri oqim uchun, chiziqli bo'lmagan o'zgarishi uchun aniqlaymiz. Ihtiyoriy olingan A kesimda qaynoq issiqlik tashuvchining temperaturasi t' , sovuq issiqlik tashuvchining temperaturasi t'' bo'lsin. Ularning farqi quyidagicha bo'ladi:

$$t' - t'' = \Delta t \quad (7)$$

dF elementar yuzadan uzatilayotgan issiqlik miqdorini quyidagi tenglamadan aniqlaymiz:

$$dQ = k dF \tau \quad (8)$$

dQ issiqlik uzatilganda qaynoq issiqlik tashuvchining temperaturasi t' ga pasayadi, sovuq issiqlik tashuvchining temperaturasi esa t'' ga ko'payadi, u holda:

$$dQ = -m_1 c_{p1} dt' = m_2 c_{p2} dt''$$

yoki

$$dt' = -\frac{dQ}{m_1 c_{p1}} \text{ va } dt'' = \frac{dQ}{m_2 c_{p2}}$$

(7) tenglamani differentsiallab unga dt' va dt'' larni qiymatini qo'yamiz va quyidagini hosil qilamiz:

$$d\tau = -\frac{dQ}{m_1 c_{p1}} - \frac{dQ}{m_2 c_{p2}}$$

yoki

$$dQ = \frac{d\tau}{\frac{1}{m_1 c_{p1}} + \frac{1}{m_2 c_{p2}}}$$

$$\left(\frac{1}{m_1 c_{p1}} + \frac{1}{m_2 c_{p2}} \right) = n \text{ deb belgilaymiz, u holda}$$

$$dQ = -\frac{d\tau}{n} \quad (9)$$

dQ ning ifodasini (11.8) tenglamaga qo'yamiz:

$$\frac{-d\tau}{n} = k dF \tau$$

yoki

$$\frac{-d\tau}{\tau} = k dF \tau \quad (10)$$

Agar n va k kattaliklar o'zgarmas bo'lsa, u holda (11.10) tenglamani $(t_1' - t_2') = \tau_1$ dan $(t_1'' - t_2'') = \tau_2$ gacha va 0 dan F gacha integrallab quyidagini topamiz.

$$-\int_{\tau_1}^{\tau_2} \frac{d\tau}{\tau} = nk \int_0^F dF$$

Yoki

$$\frac{\ln \tau_1}{\tau_2} = nkF$$

bundan

$$n = \frac{\left(\frac{\ln \tau_1}{\tau_2}\right)}{kF} \quad (11)$$

(9) tenglamani integrallaymiz:

$$Q = \frac{(\tau_1 - \tau_2)}{n} \quad (12)$$

va unga (11) tenglamadan n ning qiymatini qo'yamiz.

$$Q = \frac{(\tau_1 - \tau_2)}{\left(\frac{\ln \tau_1}{\tau_2}\right)} \quad (13)$$

(13) tenglamadagi Δt_{urt} kattalikni temperaturaning o'rtacha logarifmik bosimi deb aytiladi.

To'g'ri oqimli IAA lar uchun

$$\Delta t_{urt} = (t'_1 - t'_2) - (t''_1 - t''_2) / 2.3 \lg[(t'_1 - t'_2) - (t''_1 - t''_2)] \quad (14)$$

Xuddi shunday yo'l bilan qarshi oqimli IAA lari uchun Δt_{urt} aniqlanadi.

$$\Delta t_{urt} = (t'_1 - t''_2) - (t''_1 - t'_2) / 2.3 \lg[(t'_1 - t''_2) - (t''_1 - t'_2)] \quad (15)$$

Qarshi oqimli IAA larining Δt_{urt} kiymati to'g'ri oqimli IAA larining Δt_{urt} kiymatidan xar doim katta bo'ladi. Shuning uchun qarshi oqimli IAA lari o'lchami kichik bo'ladi. IAA larning tejamliligi uning foydali ish koeffitsenti F.I.K. orqali aniqlanadi. F.I.K. sovuq issiqlik tashuvchini isitish uchun sarflangan kaynoq issiqlik tashuvchining issiqlik ulushini ko'rsatadi.

IAA larining issiqlik balansi odatda quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_{xis} \text{ yoki } q_1 + q_2 + q_3 = 100\%$$

Bu yerda Q_{xis} —qaynoq issiqlik tashuvchi atrof muhit temperaturasigacha sovutilganda u berishi mumkin bo'lgan issiqlik mikdori; Q_1 — sovuq suyuqlikni isitish uchun sarflangan issiqlik mikdori; Q_2 —IAA dan chikayotgan qaynoq suyuqlik bilan issiqlik isrofi; Q_3 — atrof muhitga issiqlikni isrof bulishi. Quyidagi

$$\frac{Q_1}{Q_{xuc}} \cdot 100\% = q_1 = \eta, \%$$

nisbatni IAA ni F.I.K. deyiladi

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.

1. Zohidov R.A., Avezov R.R., Vardiyashvili A.B., Alimova M.M. «Issiqlik texnikasining nazariy asoslari» o'q.qo'l., 1 qism, TGTU, 2005.
2. Zohidov R.A., Alimova M.M., Mavjudova Sh.S. Texnik termodinamika va issiqlik uzatilishi fanidan masalalar to'plami, TDTU, Toshkent, 2006.
3. G'.N.Uzoqov, D.N.Mamedova, Sh.K.Yaxshiboyev, H.A.Almardanov. "Termodinamika va issiqlik texnikasi" fanidan tajriba ishlari to'plami. O'quv qo'llanma.-Qarshi:Intellekt,2021.
4. G'.N.Uzoqov, D.N.Mamedova, Sh.K.Yaxshiboyev, H.A.Almardanov. "Termodinamika va issiqlik texnikasi" fanidan amaliy mashg'ulotlarni bajarish uchun o'quv qo'llanma. O'quv qo'llanma.-Qarshi:Intellekt,2021.
3. Светков Ф.Ф., Григорев Б.А. Тепломассообмен, МЕИ, 2001.
4. Кудинов В.А., Э.М.Карташов. Техническая термодинамика. -М.: Вшшая школа. 2005
5. Alimova M.M., Mavjudova Sh.S., Isaxodjayev X.S., Raximjonov R.T., Umarjonova F.Sh. «Issiqlik texnikasining nazariy asoslari» fanidan tajriba ishlari to'plami. Uslubiy qo'llanma, 1-qism. Toshkent, ToshDTU. 2006.
6. Alimova M.M., Mavjudova Sh.S., Isaxodjaev X.S., Raximjonov R.T., Umarjonova F.Sh. «Issiqlik texnikasining nazariy asoslari» fanidan tajriba ishlari to'plami uslubiy qo'llanmasi. 1-qism. ToshDTU, 2004
7. Полиук Г.С., Гурович Б.М., Тактаева Л.Н., Короли М.А. Сборник лабораторных работ по дисциплине: "Теоретические основ теплотехники". Часть II. ТашГТУ. Ташкент, 2004.
8. Alimova M.M., Mavjudova Sh.S., Isaxodjaev X.S., Raximjonov R.T., Umarjonova F.Sh. «Issiqlik texnikasining nazariy asoslari» fanidan tajriba ishlari to'plami uslubiy qo'llanmasi. 2-qism. ToshDTU, 2007.
9. Полиук Г.С., Гурович Б.М., Тактаева Л.Н., Короли М.А. Сборник лабораторных работ по дисциплине: "Теоретические основ теплотехники". Часть III. ТашГТУ. Ташкент, 2007.
10. Короли М.А. Методическая разработка по самостоятельной работе по дисциплине «Теплотехника», Ташкент, 2006
11. Zohidov R.A., Alimova M.M., Mavjudova Sh.S., Isaxodjaev X.S. Issiqlik texnikasi. Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma, Toshkent. Cho'lpon-2006.
12. Андрианова Т.Н. и др. Сборник задач по технической термодинамике, М.: 2000

Elektron darsliklar

1. www.Ziyo.net
2. http://dhes.ime.mrsu.ru/studies/tot/tot_lit.htm;
3. http://rbip.bookchamber.ru/description.aspx?product_no=854;
4. <http://energy-mgn.nm.ru/progr36.htm>

MUNDARIJA

Kirish.....	3
1 – mavzu:ISSIQLIK TENIKASI FANINING MAQSADI VA VAZIFALARI....	4
2 – mavzu: ISSIQLIK SIG'IMI. GAZLAR ISSIQLIK SIG'IMINING MOLEKULYAR – KINETIK NAZARIYASI	10
3– mavzu: ENERGIYANING SAQLANISH VA AYLANISH QONUNI	16
4–mavzu:ASOSIY TERMODINAMIK JARAYONLARNI TAHLILI.....	25
5–mavzu: TERMODINAMIKANING II-QONUNI ISSIQLIK	35
QURILMALARINING TERMIK FOYDALI ISH KOEFFISIENITI	
6 – mavzu: ISSIQLIK ALMASHINUVI ASOSLARI. ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK	41
7–mavzu: KONVEKTIV ISSIQLIK ALMASHINUVI.....	53
8–mavzu: ISSIQLIK ALMASHINUV APPARATLARI.....	57