

O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O`RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI

TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI

TEXNIKA FAKULTETI

«YER USTI TRANSPORT TIZIMLARI» KAFEDRASI

**«TERMODINAMIKA» FANIDAN
MA'RUZALAR MATNI**

TERMIZ-2017 y.

5310600 – Er usti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi ta'lim yo'nalishi uchun «Issiqlik texnikasi» fanining namunaviy dasturlari asosida tuzilgan.

Tuzuvchi: katta o'qituvchi Qurbonov A.

«Yer usti transport tizimlari» kafedrası yig'ilishida muhokama qilindi va tasdiqlandi.

Bayonotnoma №__«__»_____2017 y

Kafedra mudiri:

t.f.n. Qo'ziyev A.

Texnika fakultetining Kengashida ma'qullagan.

Bayonotnoma №__ «__»_____2017 y

Kengash raisi:

praf. X. To'rayev.

SO`Z BOSHl.

Sanoat, qishloq xo`jaligining barcha tarmoqlarining ancha rivojlanganligi, turmush ehtiyojlari borgan sari o`sib borayotganligi, shu bilan birga ekologik muammolarning yanada tashvishli tus olayotganligi texnika vositalaridan foydalanish darajasini ilmiy tashkil etish bilan birgalikda ularni yanada takomillashtirishni talab etmoqda.

Issiqlik texnikasi fani, barcha texnika bilan bog`liq bo`lgan yo`nalishlar va mutaxassislar uchun o`rganiladi va hozirgi zamon texnika vositalarining nazariy asosini tashkil etadi. Shuning uchun ham yuqoridagi muammolarni hal etishda asosiy manbalardan biri sanaladi.

Issiqlik texnikasi fanining asosini termodinamika asoslari bo`limi tashkil etib, bunda termodinamikaning I va II qonunlari asosida ish olib borilib, ularga gaz va suyuqlik qonunlarini tadbiiq etish yo`li bilan yakuniy xulosalar chiqariladi. Bu xulosa ichki yonuv dvigatellari (porshenli ichki yonuv dvigatellari, gaz trubinali dvigatel, bo`g`-gaz qurilmalari) sikllari nazariyasini o`rganishda muhim o`rin tutadi.

Ichki yonuv dvigatellarining ishchi jarayonlarini nazariy o`rganish bilan ular ustida qanday ilmiy izlanishlar va o`zgarishlar olib borish mumkinligi, shu bilan birgalikda ulardan foydalanish chegaralari to`g`risida xulosalar chiqariladi.

Keyingi bo`limlarda ximiyaviy termodinamika asoslari va issiqlik almashish nazariyasi bo`limlari xususida fikrlar borib, ular ham issiqlik texnikasida sodir bo`layotgan jarayonlarni yanada to`laroq tushunishga imkoniyat yaratadi.

Issiqlik texnikasi fani bulajak mutaxassislar uchun juda muhim fanlardan sanalib, ularning etuk va komil kadr bo`lishida o`z xissasini qushadi degan umiddamiz.

1-MAVZU: FANNING ISSIQLIK TEXNIKASI QISMI, VAZIFALARI VA MANBALARI. TEXNIK TERMODINAMIKA.

Reja:

1. Kirish. Issiqlik texnikasi predmeti, vazifalari.
2. Issiqlik texnikasi metodi.
3. Issiqlik texnikasi rivojlanishining tarkibiy bosqichlari.

Tayanch iboralar:

Energiya manbalari; texnikaviy termodinamika; issiqlik massa almashish nazariyasi; olovning xarakat kuchi. Energiyaning (o'zgarish) aylanish qonunlari; miqdoriy ifoda, sifat ko'rsatkichlari; xolat parametrlari; intensiv xossalar; ekstensiv xossalar; xarorat ta'rifi; Kelvin shkalasi bo'yicha absolyut xarorat; bosim ta'rifi; solishtirma hajm; ideal gaz universal doimiysi; ish va issiqlik; energiya miqdori; termodinamikaviy sistema ta'rifi; muvozanatdagi – muvozanatsiz jarayonlar.

Issiqlik texnikasi-tarkibiy energiya manbalarining issiqlik, elektr va mexanik energiyalarga aylanishi nazariyasini, shu bilan birga iste'mol mahsulotlari ishlab chiqarish va isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik nazariyasini o'rgatuvchi fandır. «Umumiy issiqlik texnikasi» ning predmeti-energetika issiqlik texnika yoki issiqlik texnikasi hisoblanib, texnikaviy termodinamika va issiqlik massa almashish nazariyasi bo'limlari orqali barcha o'quv mutaxassisliklari uchun bir xilda o'rganiladi.

«Umumiy issiqlik texnikasi» tuzilishi bo'yicha barcha birlamchi tabiiy energiya resurslarining (ular foydalanish energiya generatorlari deb yuritiladi) ya'ni ko'mir, neft, uran, er qatlami issiqligi, quyosh nuri va boshqalarning to'g'ridan-to'g'ri issiqlik, mexanik va elektr energiyalariga aylanish nazariyalari birlashmasidan iborat.

Issiqlik texnikasining asosiy metodi, termodinamik metod hisoblanadi, chunki uni o'rganish jarayonida makroskopik sistemada ideal sharoit yaratilishiga imkoniyat tug'iladi va foydali energiya generatorlaridan foydalanishda maksimal effektivlikga erishiladi.

Energetika yoki hozirda ko'p ishlatiladigan yonilg'i-energetikasi kompleksi, zamonaviy iqtisodiy rivojlanish asoslaridan biri hisoblanadi, chunki ilmiy-texnikaviy o'sish, ishlab chiqarish rivojlanishi, texnika va ish sharoitlarining yaxshilanib borishi albatta energetikaning xolatiga bog'liqdir. Shuning uchun ham butun dunyoda energetika bazasini rivojlantirish muammosiga juda katta e'tibor berilmoqda.

Energiyasiz xarakat ham, ishlab chiqarish ham, xatto xayotning o'zi ham bo'lishi mumkin emas. Barcha texnika, barcha xalq iste'mollari mollari va qishloq xo'jalik mahsulotlarini ishlab chiqarishning asosini energiya tashkil etadi. Shuning uchun hozirgi asosiy maqsadlardan biri energiya resurslaridan oqilona foydalanish va iqtisod qilishdan iborat. Energiya resurslaridan o'ylovsiz foydalanish natijasida o'rnini qoplab bo'lmas (neft, gaz, ko'mir) xodisalarga olib keladi. shuning bilan birga tabiatni keragidan ortiq ifloslanishga olib keladi.

Energetika tarixini shartli ravishda quyidagi 5 bosqichga bo'lish mumkin:

1-davr. - I chi ming yillikdan V-VII asrlarni o'z ichiga oladi. Bu vaqtda inson muskul kuchlaridan foydalanilgan. (boshda o'zini keyinchalik hayvonlar). Bu vaqtda energiya resurslari nafaqat qayta tiklangan balki ko'paygan, atrof-muhit ifloslantirilmagan.

2-davr. - V-VII dan boshlab XII asr. Yuqoridagi energiya manbalaridan tashqari daryodagi suvning xarakatidan va shamol energiyasidan foydalanilgan. Ishning bir qismini suv g'ildiraklari va shamol parraklari bajargan. Energiya resurslari to'la qaytarilgan, atrof-muhit tozaligicha qolgan.

3-davr. - XVIII asrdan boshlab XX asrning o'rtalarigacha. Bu vaqtda asosiy energiya manbai sifatida rivojlangan mamlakatlarda qaytarib bo'lmaydigan qazib olinadigan ximiyaviy yonilqilar (ko'mir, neft, tabiiy gaz) asosiy xarakatlanuvchi kuchlar «olov» xarakat kuchidan foydalangan. Ishlatilgan energiya resurslari o'rnini to'ldirib bo'lmaydi. Atrof-muhitning ifloslanishi ortib ketadi.

4-davr. - XX asr o'rtalaridan boshlanib. Bu uran yadrosidan foydalanish boshlagan vaqtdan boshlab, yadroviy va termoyadroviy yonilg'i manbalarini to'la tugatilishigacha davom etadi. Bu bosqichda urning energiya resurslari oxirgi qismlargacha ishlatiladi va atrof-muhitni saqlash muammosi eng asosiy hisoblanadi.

5-davr. - IV bosqichning tugashi bilan boshlanadi. (balki texnikada foydalaniladigan yangi energiya manbai topilishi mumkin). Insoniyatning dinamik xolatda yashashiga to'g'ri keladi. bu davrda imkoni boricha quyosh nuridan, daryo va dengizlar suvlari xarakatidan, shamol energiyasidan, er qatlamining issiqligidan, o'simliklarning ximiyaviy energiyasidan va foydalanishda xarakat qilinadi. Atrof-muhitning ifloslanishi yaxshilanadi.

Issiqlik texnikasining rivojlanish tarixi.

«Olovning xarakatlanish kuchi» dan biri bo'lib Geron Aleksandriyskiy foydalangan va bir qancha o'yinchoq bo'g' mashinalar yaratgan. Uning ishlash reaktiv-turbinali dvigatel (Eolopil shamol xudosi) ish printsiptiga o'xshash bo'lgan texnika va ilmiy rivojlanishning past darajaligi natijasida 1700 yilga rivojlanmasdan qolib ketdi.

XVII-XVIII asrlarga kelib, tog' konlarining qazib olinishi stanoklar va boshqa ishlab chiqarishning rivojlanib borishi quvvati yo'qoriroq ishlab chiqarishni talab qila boshladi.

1681 yilga kelib fizik Gyugenening assistenti vrach va mexanik D.Papen bo'g' qozonini kashf etdi. Unda saqlovchi klapanlar bo'lib, bo'g' bosimini rostdash imkoniyatlari ham bor edi. Keyinroq kelib X.Gyugene, G.Galileyning goyasini rivojlantirib, Vakuum hosil qilish uchun silindr ichiga porshen ostidan porox bilan portlatishni taklif etadi. Porshen pastga qaytib tushishda atmosfera bosimi ostida tushishi lozim edi. Undan foydalanish qiyinligi Papenni suvdan foydalanishga majbur etdi.

1766 yilda rus injeneri I.M. Polzunov ko'mirda ishlaydigan mashina yaratdi. 1782 yilda Uatt bu ishni ancha rivojlantirib porshenning 2 tomonidan bo'g' bosimidan foydalangan mashina yaratdi.

1801 yilda Frantsuz Lebon F. Gaz yonilg'isida ishlaydigan porshen dvigatelinii taklif etadi.

1805 yilda Shved olimi I.Rivaz vodorodda ishlaydigan dvigatelni taklif etdi.

1816 yilda Angliyalik R.Stirling universal issiqlik mashinasini yaratganlik to'g'risida patent oladi.

1824 yilda termodinamika asoschisi S.Karno 4 taktli IYoDning ishchi siklini tushuntirib berdi. 1-surish, 2-siqish, 3-ish yo'li, 4-chiqarish.

1877 yil Otto svehali IYoD yaratdi. f.i.k. 16-20%. (nemis olimi)

1892-97 yil Nemis R. dizel kompressorli , 1904 yilda rus olimi G.V. Trinkler kompresorsiz dizel dvigatelini yaratdi.

Termodinamika - energiyaning aylanish (o'zgarish) qonuniyatlari haqidagi fanidir.

Termodinamikaga XIX asrda asos solingan edi. Bu davrda issiqlik dvigatellarining taraqqiyoti tufayli issiqlikning ishga aylanish qonuniyatlarini o'rganish zaruriyati to'g'ildi. Lekin shundan keyin termodinamika metodi issiqlik texnikasi chegarasidan o'tib, fizika, ximiya va boshqa fanlarning ko'pchilik soxalarida keng ko'lamda qo'llanila boshladi.

Termodinamika turli fizikaviy va ximiyaviy jarayonlarning u yoki bu sistemalarida qaysi yunalishda sodir bo'lishini aniqlashga imkon beradi. Termodinamika moddaning turli xossalari orasidagi chuqur bog'lanishlarni ochib beradiki, biz buni keyinchalik ko'ramiz.

Termodinamika fizika va ximiyaning ko'pchilik soxalarida farqli ularoq, moddalar tuzilishining biror modellari bilan ish ko'rmaydi va umuman olganda, moddaning mikrostrukturasi to'g'risidagi tasavvur bilan bevosita bog'lanmagan.

Termodinamikaning kuchi ham, zaifligi ham ana shundadir. Termodinamika o'zi modda xossalari haqida bironta ma'lumot bera olmaydi. Lekin moddalar yoki sistemalar haqidagi ba'zi bir ma'lumotlar ma'lum bo'lsa, u xolda termodinamikaviy metodlar qiziqarli va juda muhim xulosalar chiqarishga imkon beradi.

Termodinamikaning tuzilish printsiplari juda sodda. Termodinamika asosiga tajriba yo'li bilan aniqlangan ikkita asosiy qonun (yoki ayrim xollarda boshlanishi ham deydilar) qo'yilgan. Termodinamikaning birinchi qonuni energiya aylanishi protsesslarining miqdoriy tomonini xarakterlaydi, ikkinchi qonun esa fizikaviy sistemalarda sodir bo'ladigan protsesslarning sifatii tomonini (yo'nalganligini) belgilaydi. Faqat shu ikkita qonundan foydalanib, qat'iy deduktsiya metodi yordamida termodinamikaning barcha asosiy xulosalarini chiqarish mumkin.

Termodinamikaning asosidagi qonunlarni tatbiq qilish mumkin bo'lgan barcha sistemalar uchun termodinamikani qo'llash mumkin. Termodinamikaning birinchi qonuni energiyaning saqlanish va aylanish qonunning miqdoriy ifodasidan iboratligi va umumiy xarakterga ega ekanligini qo'yida ko'ramiz. Ikkinchi qonunga kelsak, u bizning bevosita kuzatishimiz mumkin bo'lgan chegarada makrosistemalarni kuzatishda to'plangan tajribaga asoslanadi.

Quyida termodinamikaning aynan bayon etishdan oldin bilish zarur bo'lgan boshlang'ich ma'lumotlar, tushunchalar va ta'riflar keltirilgan.

Moddalar. Moddalar odatda quyidagi uchta asosiy xolatning bittasida bo'ladi: Gaz. 2.Suyuqlik. 3.Qattiq jism.

Bitta jismning o'zi, bitta moddalarning o'zi turli sharoitlarda turli xolatlarda bo'lishi mumkinligi muqarardir.

Modda tekshirilayotgandagi konkret fizikaviy sharoitlarni, binobarin tekshirilayotgan modda xolatini aniqlash uchun modda xolatining xolat parametrlari deb yuritiladigan qulay xarakteristikalari kiritiladi.

Moddaning xossasi intensiv va ekstensiv bo'lishi mumkin. Sistemadagi modda miqdoriga bog'liq bo'lmagan xossalar intensiv xossalar deb ataladi.

Solishtirma, ya'ni modda miqdori birligiga nisbatan olingan ekstensiv xossalar ma'nosiga ega bo'lib qoladi. Masalan, solishtirma hajm, solishtirma issiqlik sig'imi va shunga o'xshashlar intensiv xossalar sifatida tekshiriladi. Jism yoki jismlar gruppasining termodinamikaviy sistemalarning xolatini belgilovchi intensiv xossalar jism (sistema) xolatining termodinamikaviy parametrlari deb ataladi.

Xolat parametrlaridan eng qulayi va shuning uchun ham eng ko'p tarqalgan jismning absolyut xarorati, absolyut bosimi va solishtirma hajmi (yoki zichligi) dir. (T,R,V).

Xaroratni ulchash uchun foydalaniladigan har qanday asbob qat'iy belgilangan xarorat shkalasiga muvofiq graduslar (bo'laklar) ga bo'lingan bo'lishi kerak. Xozir turli xarorat shkalalari - Selskiy, Farangeyt, Reomyur va Renkin shkalalaridan foydalaniladi. Bu shkalalar orasidagi nisbat ular ichida eng ko'p ishlatiladigan yuz gradusli xalqaro xarorat shkalasi (Tselskiy shkalasi) hisoblanadi, bu shkalada muzning erish nuqtasidan suvning atmosfera bosimida qaynash nuqtasigacha bo'lgan xaroratlar intervali yuzga teng qismlar (graduslar) ga bo'lingan.

Boshqa muhim xolat parametri - absolyut bosimdir. U jism sirtiga normal bo'yicha ta'sir etuvchi va bu sirtning yuza birligiga nisbatan olingan kuchdan iborat. Bosimni o'lchash uchun turli birliklar: paskal shuningdek bar, texnikaviy atmosfera yoki oddiy qilib aytganda atmosfera (1 kgkG^{sm2}), suv yoki simob ustuni millimetri ishlatiladi.

Moddaning solishtirma hajmi jism massasi va uning hajmi bilan quyidagi nisbat bilan bog'langa

$$\vartheta = \frac{V}{G} \quad (1.1.)$$

Moddaning solishtirma hajmi, odatda m³/kg yoki sm³/r hisobida o'lchanadi. Zichlik:

$$\rho = \frac{G}{V} = \frac{1}{\vartheta} \quad (1.2)$$

Odatda kg\m³ yoki g\sm³ hisobida o'lchanadi.

Biz ba'zan moddaning solishtirma og'irligi tushunchasini ishlatamiz. Solishtirma og'irlik deganda moddaning uning hajm birligidagi og'irligi tushuniladi. Nyutonning ikkinchi qonuniga muvofiq moddaning zichligi va solishtirma og'irlik o'zaro quyidagi nisbat bilan bog'langan.

$$\gamma = \rho g = \frac{g}{\vartheta} \quad (1.3)$$

bu erda: g- erkin tushish tezlanishi.

Sistemaga tashqi ta'sir bo'lmaganida agar ikkita intensiv parametr berilgan bo'lsa, toza moddaning xolati bir qiymat bilan aniqlangan bo'ladi. Har qanday boshqa parametr berilgan ikkita parametrning bir qiymatli funktsiyasi bo'ladi. Agar masalan, suv bo'g'i 250°S xaroratda va 98 kPa (10kgkg`sm2) bosimda tekshirilayotgan bo'lsa, bunday bo'g'ning solishtirma hajmi faqat bitta qiymatga ($\vartheta=0,2375 \text{ m}^3\backslash\text{kg}$) ega bo'lishi mumkin. Shunday qilib, berilgan moddaning solishtirma hajmi va kattaliklari orqali bir qiymat bilan aniqlanadi, ya'ni

$$\vartheta = f(P, T) \quad (1.4).$$

barcha xolat parametrlari modda xolatini aniqlash nuqtai nazaridan «teng xuquqli» bo'lganligidan modda xarorati quyidagi nisbat yordamida

$$T = \Phi(T, \vartheta) \quad (1.5)$$

Bosim esa

$$P = \Phi(T, \vartheta) \quad (1.6)$$

Nisbat yordamida bir kiymat bilan aniqlanadi.

Shunday kilib moddaning 3 ta xolat parmetrini (R,V,T) o`zaro bir qiymat bilan bog`laydigan tenglama moddaning xolat tenglamasi deyiladi.

$$f(P, \vartheta, T) = 0 \quad (1.7)$$

Идеал газ учун бундай тенглама Клапейрон томонидан 1834 йили кашф этилган:

$$\frac{P\vartheta}{T} = const \quad P\vartheta = RT \quad (1.8)$$

R- gaz doimiysi.

Ideal gazning μ kg mi uchun:

$$P\vartheta_{\mu} = \mu RT \quad (1.9)$$

$\mu R = R_{\mu}$ -universal gaz doimiysi

$$R_{\mu} = 8314 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^{\circ}\text{град}} = 8,314 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}^{\circ}\text{град}} \right) \frac{\text{кДж}}{\text{кг}^{\circ}\text{К}} \quad (1.10)$$

$$R_{\mu} = \frac{P\vartheta_{\mu}}{T} = \frac{101325 \cdot 22.4}{273} = 8314 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^{\circ}\text{К}} \quad (1.11)$$

Real gaz uchun xolat tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$\left(P + \frac{a}{\vartheta^2} \right) (\vartheta - \epsilon) = RT \quad (1.12)$$

в- gaz molekulalarining hajmi.

$\frac{a}{\vartheta^2}$ -molekulalar orasidagi ta'sir tuzatmasi.

Иш ва иссиqlik.

Sistema va atrof-muhit bir-biri bilan ta'sirlashib, u yoki bu tomonga energiya uzatadi.

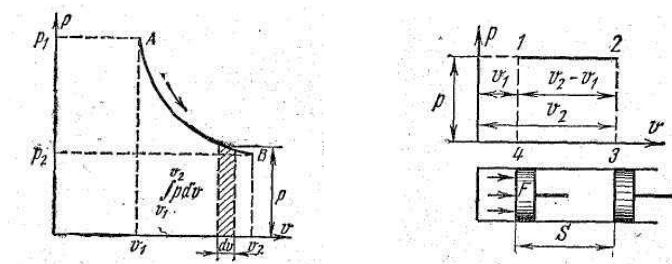
Bu energiya uzatish jismlarning xarakati tufayli (mexanik ish) bo'lishi mumkin va xarakatsiz (issiqlik uzatish) bo'lishi mumkin.

Mexanik ish deb shunday ko'rinishga aytiladiki, bunda tashqi ta'sir jismning xarakatidan keltirib chiqaradi (kengayish ishi).

Issiqlik deb, jismlarning kuchisiz, tashqi muhitdan beriladigan energiya miqdori.

Sistemaga bo'layotgan mexanik ta'sirini $P \vartheta$ - koordinata bilan issiqlikni esa TS koordinata orqali aniqlanadi.

1.1.-rasm. a, b) rv-diagrammasi.



$$dl = p d\vartheta \quad (1.13)$$

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{l_u} \quad (1.14)$$

Ish kengayishi va tashqi kuchga kirishdan iborat bo'ladi.

Jarayon parametrlarining o'zgarishi tasvirlari 1.1-rasmda keltirilgan.

O'zaro atrofdagi muhit bilan ta'sirlashib turuvchi material jismlar to'plamini termodinamikaviy sistema deb ataymiz.

Agar xolat parametrlaridan lokal bittasi o'zgarsa, u xolda sistemaning xolati o'zgaradi, ya'ni ko'rib chiqilayotgan sistemaning o'zgaradigan xolatlaridan iborat bo'lgan termodinamikaviy jarayon sodir bo'ladi.

Termodinamikaviy sistemada sodir bo'ladigan barcha jarayonlarni muvozanatdagi va muvozanatdagimas jarayonlarga bo'lish mumkin. Sistema muvozanatdagi xolatlarining uzluksiz ketma-ketligidan iborat bo'lgan jarayonlar muvozanatdagi jarayon deb ataladi.

Jarayonning o'tishi jarayonida sistema muvozanat xolatida bo'lmaydigan jarayon muvozanatdagimas jarayon deb ataladi.

Jarayonda parametrlarning o'zgarishini tasvirlovchi 1-2 chiziq jarayonning egri chizig'i deb ataladi.

Butun jarayon davomida sistemaning xarorati o'zgarmasdan qoladigan muvozanatdagi protsess izotermik jarayon deb ataladi. Toza suvning ochiq idishda qaynash jarayoni izotermik jarayonga misol bo'ladi.

O'zgarmas bosimda sodir bo'ladigan muvozanatdagi jarayon izobarik jarayon deb ataladi.

O'zgarmas hajmda sodir bo'ladigan muvozanatlashgan protsess izoxorik jarayon deb ataladi.

Termodinamikaviy sistemaga atrofdagi muhitdan issiqlik keltirilmaydigan muvozanatdagi jarayon adiabatik jarayon deb ataladi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Issiqlik texnikasi nimani o`rgatadi?
2. Issiqlik texnikasining vazifalarini bilasizmi?
3. Issiqlik texnikasining tarixiy bosqichlarini ayting.
4. Issiqlik texnikasining rivojlanishiga xissa qo`shgan kishilarni bilasizmi?
5. Termodinamika nimani o`rgatadi?
6. Termodinamikaning tuzilish printsiplari.
7. Termodinamik sistema nima?
8. Termodinamikaning xolat parametrlari qanday xossalarga ega?
9. Qanday xossalar intensiv xossalar deyiladi?
10. Qanday xossalar ekstensiv xossalar deyiladi?
11. Xolat parametrlaridan eng ko`p tarqalganlari.
12. Absolyut xarorat va uning birligi.
13. Bosim va uning birliklari.
14. Solishtirma hajm va uning birligi.

2- Mavzu: IDEAL GAZLAR QONUNLARI.

Reja:

1. Ideal va real gazlar
2. Ideal gaz qonunlari
3. Ideal gazning issiqlik holati tenglamasi
4. Mendeleyev tenglamasi
5. Real gaz holatining tenglamalari
6. Ideal gaz aralashmalari

Tayanch iboralar: Ideal gazlar, real gaz, holat tenglamasi, gaz doimiysi, gaz aralashmasi, aralashma tarkibi, holat ko`rsatkichi.

Ideal va real gazlar. Gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi. Ideal gaz deb, shunday faraziy gazga aytiladiki, uning T^M , Simlari nuqtaviy hisoblanib, ular (molekulalar) orasidagi o`zaro tortish kuchi nolga teng va zarralar egallagan hajm moddiy nuqtaga teng bo`ladi.

Bunday gazlarning o`zgarishi to`lalgicha Boyle-Mariot va Gey-Lyussak qonunlariga bo`ysunadi. Ma'lumki, tabiatda bunday gazlar uchramaydi. Tabiatdagi gazlar (shu jumladan, bug`lar ham) hammasi real, mavjud gazlardir. Real gazlarda molekulalar ma'lum hajmga ega va ular o`zaro tortish kuchi bilan bog`langandir.

Biz quyida ideal gazlarning asosiy qonunlari bilan tanishib chiqamiz. Bunda shuni unutmaslik k`rakki, ideal gaz qonunlarini real gaz bilan bog`liq bo`lgan texnik masalalarda qo`llanilsa, natija yuqori fizik aniqlikda bo`lmasa-da, yetarli darajada texnik aniqlikda bo`ladi. Shunga qaramay ideal gaz qonunlarini o`rganishimiz va qo`llashimizning asosiy sababi, qonunlarning ifodalari hamda formulalarining juda soddaligidir.

XIX asr o`rtalarida M.V.Lomonosov tomonidan asos solingan gazlarning molekulyar kinetik nazariyasiga asosan, idishdagi ideal gaz molekulalari ma'lum hajmda teng

tarqalgan va ular uzluksiz issiqlik harakatida bo'ladi. Molekulalar o'zaro to'qnashadi hamda joylashgan idish devorlariga uriladi. Molekulalarning idish devoriga unshli natijasida gaz turgan idishning har bir tomoniga normal t'fik) va miqdor jihatdan bir xil bo'lgan bosim ta'sir qiladi.

yuqorida aytilgan nazariyaga ko'ra fizika kursida gazlar kinetik azanyasining quyidagi asosiy tenglamasi keltirilib chiqariladi:

$$p = nmc^2$$

$P \sim$ ideal gazning idish devoriga bo'lgan absolyut bosimi (mutlaq)

$n \sim$ hajm birligidagi molekulalar soni, ya'ni $n = N$

V — ma'lum massadagi gazning hajmi;

N — shu hajmdagi molekulalar soni;

m — 1 ta molekulaning massasi (bir xil tarkibdagi gazlar uchu molekulalar massalari teng);

c — molekula ilgari harakatining o'rtacha kvadratik tezligi o'rtacha kvadratik tezlik, gazni tashkil qiluvchi alohida molekulalarning ($c_1, c_2, \dots, c_n$) tezliklari orqali quyidagi formuladan aniqlanadi

$$pV = NRT.$$

tengliklar gazlar molekulyar kinetik nazariyasining termodinamikadagi ifodasi bo'ladi.

Boyl-Mariott qonunl Agar gazlar molekulyar kinetik nazariyasining issiqlikdinamikasidagi

ifodasida berilgan gaz massasi uchun $N = \text{sonst}$ va $0 = \text{const}$ desak, haroratning

o'zgarmagan holati ($T = \text{sonst}$) uchun quyidagiga ega bo'lamiz. Istalgan miqdordagi gaz $m(\text{kg})$ uchun:

$$pV = \text{const},$$

M kg gaz uchun esa:

$$PV = MRT$$

tenglamalar **Boyl-Mariott qonunini** ifodalaydi, **M a'lum miqdor massaga ega bo'lgan bir xil gazning hajmini bosimga ko'paytmasi ularning holatidan qat'iy nazar, bir xil harorat**

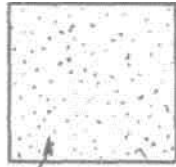
o'zgarmasdir.

Gey-Lyussak qonuni. Gey-Lyussak qonunida gaz holatining o'zgarishi o'zgarmas bosim sharoitida ko'rib chiqiladi. Buning uchun tenglikni quyidagi ko'rinishda yozamiz: $p = \text{const},$

$P = \text{const}$ sharoit uchun (bunda $N = \text{const}$ va $R = \text{const}$)

Ideal gazning issiqlik holati tenglamasi

Agar 1.1- rasmda ko'rsatilgan idishga ideal gaz to'ldirilgan deb faraz qilib uni qizdirsak, ya'ni gazga issiqlik miqdori bersak, gazning holati o'zgaradi. Idishdagi ideal gaz uchun (1.12) tenglikning dastlabki (isitilmagan) va isitilgandan keyingi holatlari uchun quyidagini yozamiz:



./.-
rasm.

$$p_2 V_2 = \pm N R T_2 \quad (1.20)$$

Bunda: p_1 , V_1 , T_1 — gazning dastlabki holatidagi ko'rsatkichlari;

p_2 , V_2 , T_2 — gazning isitilgandan keyingi ko'rsatkichlari.

Yuqoridagi ikkala tenglikning bir-biriga mos ravishda nisbatini olib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \pm N R$$

Tenglik tomonlarining ko'rsatkichlari o'rnini almashtirib, ifodafli ixtiyoriy miqdordagi ideal gaz uchun ham yozish mumkin. Masalan, lkg gaz uchun mos ravishda yozish mumkin:

$T = \text{const}$ tenglikdan ko'rinib turibdiki, μ — ifoda gaz uchun o'zgarmas miqdor ekan. Bu o'zgarmas miqdor gaz doimiysi de yuritiladi va R bilan ifodalanadi, ya'ni:

Gaz doimiysining fizik ma'nosi — 1 kg gazni 1 darajaga isitilganda uning kengayishidagi bajargan ishidir.

Bir kilomol gaz uchun holat tenglamasi. Avagadro qonuniga ko'ra bir xil bosim va haroratda, teng idishlarda joylashgan har qanday ideal gazlar bir xil miqdordagi molekula soniga ega, ya'ni $P_1 = P_2$, $V_1 = V_2$, $T_1 = T_2$ bo'lsa, $N_1 = N_2$ bo'ladi.

Avagadro qonunidan quyidagi xulosa kelib chiqadi, bir xil bosim va haroratda ikki zichliklari (ρ) va molekulyar massalari (M) bir-biri bilan to'g'ri proporsionallikda bo'lanadi.

Ya'ni, bir xil bosim va haroratdagi ikki xil gaz uchun solishtirib, hajmlarning nisbati, ular molekulyar massalarining nisbatiga teska* proporsionaldir. (1.25) tenglikdan quyidagini yozish mumkin:

$$pV = mRT.$$

tengliklardagi kattaliklar quyidagi o'lchov birliklarida o'lchanadi, p (N/m^2), $T(K)$, $V(m^3)$ va m (kg). U holda:

Bunda: V — 1 kg gazning egallagan hajmi; μ — shu gazniti molekulyar massasi;

m — gazning molekulyar massasiga teng bo'lgan kilogramm (ya'ni, 1 kg) gazning egallagan hajmi.

Shunday qilib, kilogramm-molekula yoki **kilomo ldeb kilogrammlar soni gazning molekulyar massasiga teng bo'lgan gaz miqdoriga aytiladi**. Masalan, 1 kmol kislorod = 32 kg; 1 kmol azot = 28 kg; 1 kmol metan=16 kg.

Bir xil haroratda va bosimda har qanday ideal gaz teng (bir xil) hajmni egallaydi. Bu hajmni Q bilan belgilaymiz. U holda:

$$\mu V = Q, m^3.$$

Fizik me'yoriy (normal) sharoit ($p = 760$ mm sim. ust. va $T=273$ K) uchun $n = 22,4$ m³/kmol.

Bir xil sharoitda turgan 1 kilomol har qanday gazning egallagan hajmlari teng ekanligidan foydalanib, gazning me'yoriy sharoitdagi solishtirma hajmini yoki uning zichligini aniqlab olish mumkin:

Kilomol ushunchasi bilan tanishganimizdan so'ng shu gaz miqdori uchun holat tenglamasini yozamiz. Buning uchun tenglikka qaytamiz, ya'ni $pV = mRT$. Agar bunda biz $m \sim P$ ya'ni gazni m , kg emas, μ kg deb olsak, hamda bosim va harorat me'yoriy sharoitda desak, gaz holati tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$p\mu = RT.$$

Shunday qilib, Avagadro qonunidan kelib chiqadigan xulosa huki **har qanday idealgazning 1 kilomotini egallagan hajmlarigina^s WUb qolmay, balki ularning universal gaz doimiylari ham tengdir.**

Universal gaz doimiysining son qiymatini tenglikka keltirib qo'yib, quyidagiga ega boiamiz:

$$R = 8314 \cdot T.$$

Olingan tenglik, **1 kmolgaz uchun holat tenglamasi** deyiladi. Bu tenglama birinchi marta D.I.Mendeleyev tomonidan taklif qilin-ganligi uchun uning nomi bilan yoritiladi, ya'ni **Mendeleyev tenglamasi** deyiladi.

Universal gaz doimiysining amaliy ahamiyati yana shundan iboratki, agar ixtiyoriy gazning molekulyar massasi ma'lum boisa, uning gaz doimiysini aniqlash mumkin:

Eslatma. Texnikada ishlatiladigan ba'zi bir gazlarning molekulyar nassalari, gaz doimiysi va boshqa xarakteristikalarini ushbu o'quv qo'llanmaga ilova qilingan (1-jadval).

Real gaz holatining tenglamalari. Ideal va real gazlar orasidagi alovut yuqorida aytib o'tilgan edi. Shu tafovutlar sababli Klapeyron

Ideal gaz holatini yaxshiroq (nisbatan) xarakterlovchi tenei 1873- yilda golland fizigi Yan Diderik Van-der Vaals tomonidan taklif qilingan bo'lib, u quyidagi ko'rinishga ega:

$$(p + \frac{a}{V^2})(V-b) = RT.$$

Van-der-Vaals tenglamasi ideal gaz tenglamasi ($pV = f(T)$) . ikkita tuzatmasi bilan farq qiladi:

1) a — ichki yoki molekulyar bosim, ya'ni molekulalarning o'zaro tortish kuchi hisobiga olinadigan bosim;
2) b — siqib bo'lmaz hajm — ya'ni, molekulalarning egallaga, hajmlari hisobga olinadi.

Bunda « a » va « b » koeffitsiyentlarini Van-der-Vaals faqat gaz. ning turiga bog'liq (ko'rsatkichlariga bog'liq emas) deb tushun. tiradi.

Keyingi paytlarda yuqori bosim bilan ishlovchi issiqlik mashin. nalarining tez rivojlanishi sababli Van-der-Vaals tenglamasi yetarfi aniqlik bermay qoldi. Shuning uchun rus olimlari M.P.Vukalovich va L.L.Novikovlar yuqoridagi tenglamani yanada rivojlantirib va aniqlik kiritib, o'zlarining quyidagi tenglamalarini taklif qildilari (1946-y.):

$$p + \frac{U_{3-b}}{V^2} = \frac{RT}{V-b}$$

$$A-T = \frac{a}{V-b} - \frac{b}{(3-b)^2}$$

Bunda: U_{3-b} va $A_2(T)$ - haroratlarning ma'lum funksiyalari; « a » va « b » - tuzatmalar, Van-der-Vaals tenglamasidagi ma'noga ega.

Bu tenglamada molekulalar orasidagi o'zaro tortish kuchi va molekulalar egallagan hajm tuzatmalari hisobga olinishi bilan birga molekulalarning birlashmalari ham hisobga olingan.

V P Vukalovich va I. I. Novikovlarning fikricha, real gazlarda yuqori bosim ostida odatdagi yakka molekulalar bilan bir qatorda tashkilangan (va hatto uchlangan) molekulalar majmuasi ham uchray*

Ideal gaz aralashmalari

Gaz aralashmalarining xossalari. Amaliyotda, masalan, Ichki yonuv dvigatellarini, qozon qurilmalarini va hokazolarni jihozlashlarda hamda ko'p texnologik jarayonlarda ishchi jism sifatida gazlar emas, gaz aralashmalari

qo'llaniladi. sof holdagi bir atomli jism sifatida bir-biri bilan o'zaro reaksiyaga kirisha oladigan gazlar qo'llaniladi.

Ko'p hollarda gazlarning aralashmalari ishlatiladi. Issiqlik texnikasida bular, kMshmaydigan. havosi; tabiiy gazlardir. asosan, atmo -ot va Gey-Lyussak qonunlarini gaz aralashmalariga

Boyl - Ma mumkin. Shuning uchun gaz aralashmalari uchun Tt/enlmasini quyidagicha yozish mumkin, $pV_{ar} = m_{ar} R_{ar} T$. Bunda- p - aralashmaning umumiy bosimi;

V - aralashmaning hajmi;

R - aralashmaning gaz doimiysi;

m - aralashmaning massasi.

Gaz aralashmalarining asosiy xususiyatlarini Dalton qonuni yaxshi ifodalaydi. **Bu qonunga muvofiq, aralashmadagi har bir gaz idishda boshqa gazlar yiq holdagidek tutadi va zining bosim ulushini (parsial bosimini) hosil qiladi.**

Shunday qilib, aralashma tarkibidagi har bir gaz uchun uning parsial bosimiga bogliq holda holat tenglamasini yozish mumkin:

$$p_i V = m_i R_i T \quad (1.35)$$

Bunda: V — aralashmaning egalkgan hajmi; p_i — alohida olingan gazning parsial bosimi;

m . va R . — mos holda alohida olingan gazning massasi va gaz doimiysi.

Dalton qonuniga binoan aralashmaning bosimi (p) alohida olingan gazlarning parsial bosimlarining yiindisiga teng boiadi:

$$P = p_1 + p_2 + \dots + p_n = \sum_{i=1}^n p_i \quad (1.36)$$

Bunda: $p_1, p_2, \dots, p_n$ — alohida olingan gazlarning parsial bosimlari. 2 xil aralashmasining tarkibi. Gaz aralashmasining tarkibi, asosan, shu tarzda berilishi mumkin, ya'ni aralashmaning massa ulushi (massa) va aralashmaning hajm ulushi (hissasi). massalar, olingan (bir) gaz massasini aralashmaning umumiy devilari; masbatl aralashmadagi gazning massa ulushi (hissasi) g_i bilan belgilanadi:

$$m_{ar} = m_1 + m_2 + \dots + m_n$$

Назорат саволлари.

1. Ideal gaz nima?
2. Real gazlar deganda qanday gazlar tushuniladi?
3. Ideal gaz qonunlarini ayting.
4. Ideal gazning issiqlik holati tenglamasi yozing.
4. Mendeleyev- Klayperon tenglamasi yozing.
5. Real gaz holatining tenglamalari ayting.
6. Ideal gaz aralashmalari deganda nimani tushunasiz?

3 –MAVZU: TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI.

Reja.

1. Issiqlik. Joul tajribasi. Issiqlik va ishning ekvivalentligi.
2. Energiyaning saqlanish va aylanish g'onuni.
3. Ichki energiya va tashqi ish.
4. Termodinamika birinchi qonunning tenglamasi.
5. Entalpiya.

Tayanch iboralar.

Issiqlik tushunchasi; energiya uzatishning turli formalari; Joul tajribasi; ajralib chiqqan issiqlik va sarflangan ish; ishning issiqlik ekvivalenti; energiyaning saqlanishi va aylanishi; ichki energiya; ichki energiyaning o'zgarishi; kengayish ishi; tashqi ish ta'rifi; termodinamikaning 1 qonuni, ta'rifi; entalpiya, ta'rifi, ifodasi; Korno sikli; qaytar va qaytmas sikllar; termik F.I.K.

Issiqlik - termodinamikaning eng muhim tushunchalaridan biridir. Issiqlik tushunchasi mohiyatan ish tushunchasiga yaqin. Issiqlik ham, ish ham energiya uzatish formalaridandir.

Issiqlik va ish orasidagi tafovut shundan iboratki, ular energiya uzatishning turli formalaridan iborat. Issiqlik energiya uzatishning shunday formasiki, u jismlarning bevosita o'zaro kontaktlanishi (issiqlik uzatuvchanlik, konvetsiya) yoxud energiyaning nur xolida eltish bilan ifodalanadi. Ish esa energiya uzatishning boshqacha mexanizmdan iborat. Mexanikaviy ish bajarilgan xolda jismning hajmi albatta o'zgaradi.

1843-1850 yillarda ingliz olimi Joul tajribalar o'tkazdi va bu tajribalar fanda katta rol o'ynadi. Joul o'z oldiga quygan maqsad, issiqlik ajralib chiqayotganda sarflangan ish bilan ajralib chiqqan issiqlik miqdori orasidagi nisbatni aniqlashdan iborat edi. Sinchiklab o'tkazilgan ko'p tajribalar natijasida Joul sarflangan ish va hosil qilingan issiqlik miqdori orasida to'g'ri proportsionallik borligini aniqladi:

$$Q = AL \quad (2,1)$$

Bu erda: A q proportsianallik koeffitsienti. Joul proportsianallik koeffitsienti A issiqlik hosil qilish usuli, ish turi, jism xarorati va xokazolarga qaramasdan doimo bir xil qiymatga ega ekanligini topdi.

Joul o'z o'lchashlari natijasidan ishning issiqlik ekvivalenti deb ataladigan kattalik A ni va issiqlikning mexanikaviy ekvivalenti deb ataladigan kattalikni hisoblab topdi:

$$A = 0,002345 \text{ kkal } 1 \text{ (kg.k.m.)}.$$

va

$$I = 427 \text{ kg.m. (kkal)}.$$

bulardan $I = \frac{1}{A}$ $I = 426,955 \text{ k.g.m.\kkal}.$

A va I larning Joul hisoblab topgan qiymatlariga kiyinchalik bir oz aniqlik kiritildi: xozir eng aniq o'lchashlar natijasiga muvofiq.

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni tabiatning umumiy xarakteriga ega bo'lgan fundamental qonunidir. Bu qonun quyidagicha ta'riflanadi: energiya yo'q

bo'lmaydi va qaytadan paydo bo'lmaydi, u faqat turli fizikaviy hamda ximiyaviy protsesslarda bir turdan boshqa turga o'tadi.

Energiyaning saqlanish qonuni mexanikada ko'pdan beri mexanikaviy (kinetik va potentsial) energiyaga tatbiqan ma'lum bo'lgan. Joule va boshqa olimlarning ishlari bilan issiqlik va ishning ekvivalentlik printsipli aniqlangandan keyin saqlanish qonuni energiyaning boshqa turlarga tatbiq qilina boshlandi va uning mazmuniga muvofiq energiyaning saqlanish va aylanish qonuni deb atala boshladi.

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni termodinamikaning birinchi qonuni deb ham ataladi.

Termodinamikaning birinchi qonuni umumiy xarakterga ega ekanligini yana bir bor qayd qilib o'tish lozim.

Hajm o'zgarmasdan saqlanib turadigan bironta jismga biror tashqi issiqlik manbaidan issiqlik berilishini ko'rib chiqamiz. Tajribadan ma'lumki, issiqlik berilishin natijasida jismning temperaturasi ortadi.

Ташқи bosimning aks ta'sir etishiga qaramasdan jism yuzi F ni d_x masofaga kuchirish uchun sarflanadigan ish quyidagiga teng bo'ladi:

$$dL = P_m F d_x \quad (2.2)$$

bo'lgandigidan

$$F d_x = dV \quad dL = P_m dV \quad (2.3)$$

bundan hajm chekli o'zgarganida bajariladigan tashqi ish

$$h = \int_{V_1}^{V_2} P_m dV \quad (2.4)$$

Bundan keyin biz, asosan muvozanatdagi protsesslarni ko'rib chiqamiz. Ular uchun $P = P$ tenglik to'g'ri. Shu sababli bundan keyin alohida aytib o'tiladigan xollardan tashqari barcha xollarda kengayish ishi uchun quyidagi munosabatdan foydalanamiz:

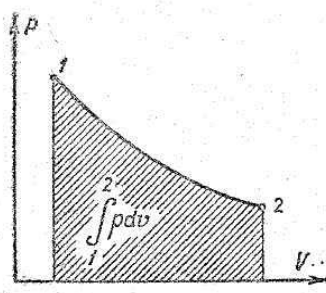
$$dL = P dV \quad (2.3a)$$

va

$$h_{1-2} = \int_{V_1}^{V_2} P dV \quad (2.4a).$$

Bular P_m ni P ga almashtirish yo'li bilan 2.3 va 2.4 lardan o'singiz olinadi.

Umumiy xolda jism kengayish ishidan tashqari, boshqa xildagi ishlar, masalan, jism sirtini sirtiy taranglik kuchlariga qarshi kattalashtirilishi, jismni tortishish maydonida, elektrik yoki magnitaviy maydonda ko'chirish ishi va xakozo ishlarni bajarishi mumkin. Bunday barcha xollarda ish hisoblanadigan munosabatlar strukturaviy jihatdan bir xil (2.5) tenglamaga o'xshash bo'ladi.



2.1.-rasm. Kengayish ishi grafigi.

$$dL = ydY \quad (2.6)$$

$$L_{1-2} = \int_1^2 ydY \quad (2.7)$$

Agar bir qancha turli kuchlar sistemaga bir yo`la ta'sir etsa, u xolda sistemaning ishi shu kuchlarning xar qaysi ta'sirida sistema bajargan ishlar yig`indisiga teng bo`ladi, ya'ni

$$dL = \sum_{i=1}^n Y_i dY_i \quad (2,8)$$

va

$$L_{1-2} = \sum_{i=1}^n \int_1^2 Y_i dY_i \quad (2,9)$$

bu xolda $Y_1 = G_g$, $V_i = h$ bo`ladi va 2.9 va 2.10 tenglamalarga muvofiq hamda  $G = \text{const}$  ekanligini hisobga olib quyidagi tenglamalarga ega bo`lamiz:

$$dL = Ggdh \quad (2.10)$$

va

$$h_{1-2} = Gg (h_2 - h_1) \quad (2.11)$$

Har qanday ish turini simvoli bilan belgilaymiz, mustasno tariqasida kengayish ishidan xar qanday ish turini esa simvoli bilan belgilaymiz. U xolda:

$$dL = PdV + dL \quad (2.12)$$

va

$$L_{1-2} = \int_{V_1}^{V_2} PdV + L_{1-2} \quad (2.13)$$

2-12 va 2.13 tenglamalar undagi moddasining massasi m ga teng bo`lgan sistema uchun yozilgan. Modda massasi birligi uchun bajariladigan hisoblashda bu tenglamalar quyidagi ko`rinishda bo`ladi:

$$dl = pd\vartheta + dl \quad (2.12a).$$

$$l_{1-2} = \int_{V_1}^{V_2} pd\vartheta + l_{1-2} \quad (2.13a).$$

bu erda: l - modda massasining birligiga to`g`ri keladigan ish.

Jismga issiqlik keltirilishi natijasida jismning xarorati oshadigan va jism hajmining kattalashishi natijasida tashqi ish bajariladigan umumiy xolda jismga keltirilgan issiqlik jism ichki energiyasini L ning ortishiga hamda U ishni bajarishga sarflanadi. Aytib o`tilganlarni quyidagi tenglama yordamida ifodalash mumkin:

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + L_{1-2} \quad (2.14)$$

Differentsial formada yozilgan shu munosabatning o'zi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$dQ = dU + dL \quad (2.15)$$

Ichki energiya ekstensiv xossa, ya'ni kattalik sistemadagi moddalar miqdoriga proporsionaldir. Solishtirma ichki energiya deb ataladi.

$$U = \frac{U}{G} \quad (2.16)$$

kattalik modda massasi birligining ichki energiyasidan iborat.

Agar sistemadagi modda massasi o'zgarmasdan qolsa, u xolda termodinamika birinchi qonunning tenglamalari 2.14 va 2.15, 2.16 ni hisobga olgan xolda quyidagicha yozish mumkin.

$$Q_{1-2} = (U_2 - U_1) + L_{1-2} \quad (2.17)$$

va

$$dQ = dU + dl \quad (2.18)$$

termodinamika birinchi qonunining tenglamalari 2.17 va 2.18 ni 2.12a va 2.13a tenglamalarini hisobga olib quyidagi ko'rinishda yozish mumkin.

$$Q_{1-2} = (U_2 - U_1) + \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} p d\vartheta + L_{1-2} \quad (2.19)$$

va

$$dQ = du + p d\vartheta + dl \quad (2.20)$$

sistema bajaradigan ishning birdan-bir to'g'ri kechirish ishi bo'lgan xol uchun 2.19 va 2.20 tenglamalar quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

$$Q_{1-2} = (U_2 - U_1) + \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} p d\vartheta \quad (2.21)$$

va

$$dQ = du + p d\vartheta \quad (2.22)$$

Umuman, barcha sistema uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$Q_{1-2} = (U_2 - U_1) + \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} P dV + L_{1-2} \quad (2.23)$$

va

$$dQ = dU + P dV + dL \quad (2.24)$$

Shuningdek

$$Q_{1-2} = (U_2 - U_1) + \int_{g_1}^{g_2} P dV \quad (2.25)$$

va

$$dQ = dU + P dV \quad (2.26)$$

Ikkita mustaqil o'zgaruvchan funksiya $r=f(x,y)$ ning to'la differentsiali deb quyidagi ko'rinishdagi yig'indiga aytiladi:

$$dr = \left(\frac{\partial r}{\partial x} \right)_y dx + \left(\frac{\partial r}{\partial y} \right)_x dy \quad (2.27)$$

jumladan, ichki energiya uchun quyidagini yozish mumkin:

Izoxorik protsess ($dQ = 0$) uchun termodinamika birinchi qonunining tenglamasi 2.22. dan:

$$dQ_v = dU \quad (2.28)$$

Joul qonuni deb ataluvchi bu xulosa juda muhim. U ideal gazning yangi, uning oldin aniqlangan xossalardan kelib chiqmaydigan xossasini ochib beradi:

$$\left(\frac{dU}{dV} \right)_T = 0 \quad (2.29)$$

$$\left(\frac{du}{dg} \right)_T = 0 \quad (2.30)$$

Sistemaga ichki energiyasining yig'indisi () bilan sistemaning bosimining sistema hajmining kattaligiga ko'paytmasi yig'indisining kattaligi turli-tuman termodinamikaviy hisoblashlarda muhim rol o'ynashi kiyinchalik ko'rib chiqiladi: bu kattalik entalpiya deb ataladi va () orqali belgilanadi.

$$I = U + PV \quad (2.31)$$

Entalpiya ham ichki energiyaga o'xshab ekstensiv xossa ekanligi tushunarlidir:

$$I = iG \quad (2.32)$$

solishtirma massaviy entalpiya uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$i = u + p g \quad (2.33)$$

entalpiya xolat funktsiyasi bo'lganligidan uning differentsiali to'la differentsialdan iborat bo'ladi:

$$di = \left(\frac{di}{dT} \right)_p dT + \left(\frac{\partial i}{\partial p} \right)_T dp \quad (2.34)$$

Termodinamikada ichki energiya, entalpiya, issiqlik sig'imi moddaning kalorik xossalari deb, solishtirma hajm, bosim va temperatura esa moddaning termik xossalari deb ataladi.

Klayperon tenglamasi:

$$p g = R \cdot T \quad (2.35)$$

4,35dan quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$\frac{d(p\vartheta)}{dT} = R \quad (2.36)$$

Bu munosabatnidan quyidagini hosil qilamiz:

$$C_p - C_v = R \quad (2.37)$$

Bu tenglama MAYER formulasi deb yuritiladi.

Bu munosabat yordamida Mayer 1842 yildayoq Joul ishlari paydo bo'lganiga qadar issiqlikning mexanikaviy ekvivalenti qiymatini hisoblab topishga o'rinib ko'rdi: unga yuqori bo'lmagan bosimlarda gazlarning issiqlik sig'imini eksperimental o'lchash natijalariga ko'ra uning qiymatini kaloriyalari hisobida topib va Klayperon tenglamasi

$$R = \frac{p\vartheta}{T} \quad (2.38)$$

bo'yicha bajarilgan hisoblash natijasida () ning qiymatini kilogrammometrlar hisobida hisoblab topib, Mayer bu kattaliklarni bir-biriga tenglashtirdi va shu yo'l bilan issiqlikning mexanikaviy ekvivalentini hisoblab topdi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Issiklik - energiya uzatishning qanaqa formasi?
2. Joul tajribasi, tajriba tavsifi.
3. Issiqlik va ishning ekvivalentligini tushuntiring.
4. Energiyaning saqlanish va aylanish qonunini izoxlang.
5. Ichki energiya nima?
6. Ichki energiyaning tashqi ishga aloqasi.
7. Termodinamikaning 1 qonunini ta'riflang va ifodasini keltiring.
8. Karno siklini tasvirlang.
9. Karnoning qaytar va qaytmas sikllariga izox bering.
10. Karno siklida F.I.K.

4-MAVZU: GAZLARNING ISSIQLIK SIG'IMI.

Reja

1. Gazlarning issiqlik sig'mi.
2. Gazlarning o'rtacha issiqlik sig'mi
3. Solishtirma issiqlik sig'mi (Mayer tenglamasi)
4. O'zgaras hajmda va o'zgaras bosimdagi issiqlik sig'imi

Tayanch iboralar: Issiqlik sig'mi, o'rtacha issiqlik sig'mi, haqiqiy issiqlik sig'imi, Solishtirma issiqlik sig'mi, o'zgaras hajmdagi issiqlik sig'imi, o'zgaras bosimdagi issiqlik sig'imi, Mayer tenglamasi. Real gazlarning bajargan ishi.

Термодинамик системани мувозанат ҳолатидан чиқариш учун унга маълум миқдордаги dq иссиқликни киритиш ёки ундан чиқариш керак. Ана шунда система параметрларидан (P , V , T) бири ўзгаради ва система ё мусбат, ё худ манфий ишорали иш бажаради.

СИ ўлчов бирлигида иш бирлиги қилиб Жоуль (Ж), техник системада — килограммометр (кГм) қабул қилинган.

2.3. Модданинг иссиқлик сиғими

Турли хил моддаларни бир хил температурагача иситиш учун уларнинг ҳар бирига турлича миқдордаги иссиқлик энергиясини узатиш зарур бўлади. Бу ҳол модданинг агрегат ҳолатига ва тузилишига боғлиқ. Модда бирлик массасини 1° иситиш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори шу модданинг иссиқлик сиғими дейилади. Бунда модда Δq иссиқлик миқдорини ютиши натижасида унинг температураси T_1 дан T_2 гача ортади. Модданинг ўртача иссиқлик сиғими қуйидагича ифодаланади:

$$C = \frac{\Delta q}{T_2 - T_1}. \quad (20)$$

Моддани 1° иситиш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори унинг ҳақиқий иссиқлик сиғими деб қабул қилинган:

$$C = \frac{\Delta q}{dT}. \quad (21)$$

Модданинг бирлик масса температурасини бир градус ўзгартириш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори солиштирма иссиқлик сиғими дейилади. Солиштирма иссиқлик сиғимини масса, ҳажм ва бошқа ўлчов бирликларида ифодалаш мумкин.

а) солиштирма масса иссиқлик сиғими:

$$C_m = \frac{1}{m} \cdot \frac{\Delta q}{dT} \text{ Ж/кг} \cdot \text{К}, \quad (22)$$

б) ўзгармас ҳажмдаги (1 м^3) моддага узатилган иссиқлик миқдорининг шу модда температурасини бир градус ўзгаришига нисбати билан ифодаланадиган физик катталиқ ҳажмий солиштирма иссиқлик сиғими дейилади:

$$C_v = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta q}{dT}. \quad (23)$$

СИ ўлчов бирлигида C_v Ж/м³·К билан ўлчанади.

Ўзгармас ҳажм ($V = \text{const}$) да кечадиган термодинамик жараёндаги система (газ) нинг солиштирма ҳажмий иссиқлик сифимини шу система ички энергиясидан абсолют температура бўйича олинган хусусий ҳо-сила шаклида ифодалаш мумкин:

$$C_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_v; \quad (24)$$

в) солиштирма моль иссиқлик сифими:

$$C_p = \frac{\mu}{m} \cdot \frac{\Delta q}{dT} \left| \frac{\text{Ж}}{\text{К моль} \cdot \text{К}} \right| \quad (25)$$

Модданинг ўртача иссиқлик сифими билан унинг ҳақиқий иссиқлик сифими орасида боғланиш мавжудлигини аниқлаш учун $dq = CdT$ асосида ўртача иссиқлик сифими ифодасини қуйидагича ёзамиз:

$$C = \int_{T_2}^{T_1} \frac{\Delta q}{T_2 - T_1} = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_2}^{T_1} CdT. \quad (26)$$

Модданинг иссиқлик сифими шу модданинг қандай термодинамик жараёнда система сифатида қатнашувига ҳам боғлиқ. Чунки система (модда) температурасининг ўзгариши унга узатилган иссиқлик миқдори ўзгармас бўлганида фақат термодинамик жараён турига боғлиқ бўлади. Шунинг учун ҳам системанинг иссиқлик сифимини термодинамик жараён функцияси деб қараш мумкин. Турли-туман моддаларнинг бирлик массаси температурасини бир градус орттириш учун ҳар хил катталиқдаги иссиқлик миқдори керак бўлади.

Бу ифодани идеал газ учун қуйидагича ёзиш мумкин:

$$C_v = \frac{du}{dT}. \quad (27)$$

Ўзгармас босимли ($P = \text{const}$) газга узатилган Δq иссиқлик миқдорининг шу термодинамик система (газ) температурасининг ўзгаришига нисбати билан ифодаланадиган физик катталиқ ўзгармас босимдаги модданинг солиштирма иссиқлик сифими дейилади.

$$C_p = \frac{\Delta q}{dT}. \quad (28)$$

Системада ютилган Δq иссиқлик миқдори шу система температурасининг ортиши ҳисобига система (газ) эгаллаган ҳажмнинг ўзгаришига олиб келади.

Демак, системага келтирилган иссиқлик миқдори унинг ички энергиясини орттирибгина қолмасдан, система параметрларини ҳам ўзгартиради ва маълум миқдорда фойдали иш бажаради.

Р. Майер модданинг ўзгармас ҳажм ва босимда кечадиган жараёнлардаги солиштирма иссиқлик сиғимлари билан универсал газ доимийси орасидаги боғланишни ўрганиб, қуйидаги тенгламани чиқарган:

$$C_p = C_v + R \quad \text{ёки} \quad R = C_p - C_v. \quad (29)$$

Ҳар доим ўзгармас босим остида кечадиган (изобарик) жараёнда изохорик ($V = \text{const}$) жараёнга нисбатан кўпроқ иссиқлик миқдори сарфланади. Изохорик жараёнда системанинг бажарган иши нолга тенг, чунки система (идеал газ) нинг ички энергияси фақат абсолют температурага боғлиқ бўлиб, ҳажмга боғлиқ эмас. Шу са-

бабли $\left. \frac{du}{dV} \right|_T = 0$. Демак, изохорик жараёнда система иш бажармайди, чунки $V = \text{const}$, аксинча, изобарик жараёнда система фойдали иш бажаради. Шунинг учун ҳам $C_p > C_v$.

Реал газлар учун $C_p - C_v > R$, чунки $P = \text{const}$ бўлган изобарик жараёнда система фақат ташқи кучларга қарши иш бажарибгина қолмасдан, молекулаларaro мавжуд бўлган ўзаро тутуниш кучларига қарши ҳам иш бажаради.

Демак, $P = \text{const}$ ва $V = \text{const}$ бўлган термодинамик жараёнларда реал газ иш бажариш ва унинг ички энергиясини орттириш учун идеал газга нисбатан унга кўпроқ иссиқлик миқдори сарфланар экан.

Статистик физика методларидан фойдаланиб, кўпчилик моддаларнинг иссиқлик сиғимларини назарий усул билан ҳисоблаш мумкин. Бунинг учун молекуланинг битта эркинлик даражасига тўғри келадиган $\frac{1}{2}kT$ энергиясидан фойдаланилади ва бир, икки ва кўп атомли газнинг бир моль миқдорига мос келувчи иссиқлик сиғимлари топилади. Масалан, айрим моддаларнинг $t = 0^\circ\text{C}$ да идеал газ ҳолатидаги иссиқлик сиғимлари 1-жадвалда келтирилган.

Газнинг номи (формуласи)	Эркинлик даражалари сони	Моляр иссиқлик сигими, $\frac{\text{кЖ}}{\text{кмоль}\cdot\text{К}}$	$K = \frac{C_p}{C_V}$
Гелий (He)	3	12,60	1,660
Аргон (Ar)	3	12,48	1,660
Кислород (O ₂)	5	20,96	1,397
Водород (H ₂)	5	20,30	1,410
Азот (N ₂)	5	20,80	1,400
Метан (CH ₄)	6	26,42	1,315
Аммиак (NH ₃)	6	26,67	1,313
Карбонат ангидрид (CO ₂)	6	27,55	1,302

Nazorat savollari.

1. Issiqlik sig'mi nima?
2. O'rtacha issiqlik sig'mining qoidasini keltiring.
3. Haqiqiy issiqlik sig'imi ifodasini keltiring.
4. Solishtirma issiqlik sig'mi nima?
5. O'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imi qanday ifodalanadi.
6. O'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi ifodalang.
7. Mayer tenglamasi yozing.
8. Real gazlarning bajargan ishi nimadan iborat.

5-MAVZU: IDEAL GAZLAR TERMODINAMIK JARAYONLARI.

Reja:

1. Ishchi jism xolat o'zgarishining umumiy usullari.
2. Izobarik jarayon.
3. Izotermik jarayon.
4. Izotermik jarayon
5. Adiabatik protsess.
6. Politropik jarayon.

Tayanch iboralar.

Bosimning temperaturaga bog'liqligi; izoxorik kengayish; ichki energiya o'zgarishi; o'rtacha issiqlik sig'imi; hajmning xaroratga bog'liqligi; izobarik kengayishi ishi; izobarik issiqlik uzatish; bosim va hajmning bog'liqligi; izotermik kengayish ishi; sistemaga berilgan issiqlik; Maksvel tenglamasi; issiqlik almashmaydigan jarayon; izoentropik jarayon ko'rsatkichi; Puassan tenglamasi; politropik ko'rsatkichi; politropik kengayish ishi; politropik energiya uzgarishi; logarifik tenglik.

Asosiy termodinamikaviy protsesslarni kurib chikamiz, ular qonuniyatini aniqlaymiz va jarayonlarda modda xolatining parametrlarini o'zaro bog'lovchi munosabatlarni aniqlaymiz.

Real gaz izoxoralarining P,T- diagrammadagi ko'rinishi 4.1-rasmda tasvirlangan. Shu rasmning o'zida izoxoralar P,U T,U va T,T,S diagrammalarda tasvirlangan. Ish jismi bosim P, xarorat T va hajmga ega bo'lgan xolat 1 dan 2 gacha amalga oshiriladigan izoxorik jarayonni tekshiramiz. Xolat 3 dagi parametrlarni aniqlash uchun nuqta 2 dagi parametrlaridan bittasini bilish kerak. Xolat izoxora bo'yicha o'zgarganligidan, binobarin, yana bitta xolat parametri - hajm U berilar ekan. V yoki T_2 ni bilgan xolda berilgan moddaning xolat diagrammalari, termodinamikaviy xossalari jadvali yoki xolat tenglamasi yordamida ish jismining nukta 2 dagi xolatini xarakterlovchi kolgan barcha parametrlarni aniqlash mumkin.

Ideal gazning izoxoradagi xolat parametrlari 1.16. munosabat yordamida bog'langan:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (4.1)$$

Izoxorik jarayonda sistemaning kengayish ishi nolga teng.

Quyidagi
$$l_{1-2} = \int_1^2 p d\vartheta \quad (4.2)$$

Munosabatdan ma'lumki, $\vartheta = \text{const}$ bulganda izoxorik protsess uchun bo'ladi.

$$l_{1-2} = 0 \quad (4.3)$$

Izoxorik protsessda qizdirishda sistemaga beriladigan issiqlik miqdori termodinamika birinchi qonunning tenglamasi:

$$dq = du + p d\vartheta \quad (4.4)$$

dan aniqlanadi, izoxorik protsess uchun $d\vartheta = 0$ bo'lganligidan bo'ladi, binobarin, xolat 1 dan xolat 2 gacha qizdirilganda sistemaga beriladigan issiqlik miqdori ichki energiya U_2 va U_1 larning ayrimasiga teng bo'ladi:

$$Q_{2-1} = U_2(\vartheta_1 T_2) - U_1(\vartheta_1 T_1) \quad (4.5)$$

Izoxoradagi ikkala xolat ichki energiyasining ayirmasi quyidagi tarzda aniqlanadi. Quyidagi ma'lum munosabat

$$U_2(\vartheta_1 T_2) - U_1(\vartheta_1 T_1) = \int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_{\vartheta} dT \quad (4.6)$$

dan 2.31 ni hisobga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$U_2(\vartheta_1 T_2) - U_1(\vartheta_1 T_1) = \int_{T_1}^{T_2} C_{\vartheta} dT \quad (4.7)$$

Shunday qilib, 4.5 tenglama izoxorik jarayondagi issiqlik miqdori uchun quyidagi ko'rishda yozilishi mumkin:

$$Q_{2-1} = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT \quad (4.8)$$

Agar urtacha issiqlik sig'imi C_p tushunchasidan foydalanilsa, u holda bu tenglamani quyidagi kurinishda keltirish mumkin:

$$Q_{2-1} = C_p (T_2 - T_1) \quad (4.9)$$

nixoyat, issiqlik sig'imi tekshirilayotgan intervalda o'zgarmas qiymatga ega bo'ladigan hol uchun quyidagini olamiz:

$$Q_{2-1} = C_p (T_2 - T_1) \quad (4.10)$$

Izoxorik protsessda entropiyaning o'zgarishi quyidagi tarzda aniqlanadi. Munosabat.

$$S_2(T_2) - S_1(T_1) = \int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_p dT \quad (4.11)$$

dan 4.47. ni hisobga olib, quyidagini hosil qilamiz.

$$S_2(T_2) - S_1(T_1) = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p}{T} dT \quad (4.12)$$

Agar tekshirilayotgan temperaturalar intervalidagi issiqlik sig'imi o'zgarmas bo'lsa (4.12 dan).

$$S_2(T_2) - S_1(T_1) = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (4.13)$$

kedib chiqadi, ya'ni ixoxarada avtropiyaning temperaturaga bog'liqligi logarifmik xarakterga ega ekan.

4.4 rasmda real gazning T, p , T, S –shuningdek p, p va p, T diagrammalardagi izobarlarning ko'rinishi ko'rsatilgan.

Ideal gazning izobaradagi xolat parametrlari (1.15) tenglama yordamida bog'langan:

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

Izobarik protsessda sistemaning kengayish ishi quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$l_{1-2} = \int_1^2 p dp = p(p_2 - p_1) \quad (4.14)$$

1.23. ni hisobga olib, ideal gaz uchun bu munosabatni quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin:

$$l_{1-2} = R(T_2 - T_1) \quad (4.15)$$

termodinamika birinchi qonunining 4.24. ko'rinishda yozilgan tenglama

$$dQ = di - p dp$$

dan izobarik protsess uchun ($dp=0$) $dQ=di$

bo'lishi kelib chiqadi va binobarin xolat 1 dan xolat 2 gacha qizdirilganda beriladigan issiqlik miqdori bu xolatlardagi entalpiya va () larning ayirmasiga teng:

$$Q_{2-1} = i_2(P_1T_2) - i_1(P_1T_1) \quad (4.16)$$

O'z navbatida izobardagi ikkita xolat entalpiyalarining ayirmasini quyidagi ravishda ham ifodalash mumkin. Ma'lum munosabat:

$$i_2(P_1T_2) - i_1(P_1T_1) = \int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{\partial i}{\partial T} \right)_P dT \quad (4.17)$$

dan 2.46 ni hisobga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$i_2(P_1T_2) - i_1(P_1T_1) = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT \quad (4.18)$$

bu tenglamadan izobarik protsessdagi issiqlik miqdori uchun 4.16 ifodani quyidagi ravishda yozish mumkinligi kelib chiqadi.:

$$Q_{2-1} = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT \quad (4.19)$$

yoki xuddi shuning o'zi,

$$Q_{2-1} = C_p^{yp} (T_2 - T_1) \quad (4.20)$$

agar Sr temperaturaga bog'liq bo'lmasa u xolda

$$Q_{2-1} = C_p (T_2 - T_1) \quad (4.21)$$

Izobarik protsessda entropiyaning o'zgarishi, ya'ni xolat 1 va 2 larga mos bo'lgan entropiyalar ayirmasi quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$S_2(P_1T_2) - S_1(P_1T_1) = \int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_P dT \quad (4.22)$$

yoki, 4.45 ni hisobga olsak.

$$S_2(P_1T_2) - S_1(P_1T_1) = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p}{T} dT \quad (4.23)$$

bo'ladi.

Issiqlik sig'imi Sr temperaturalarning tekshirilayotgan intervalda temperaturaga bog'liq bo'lmagan xolda va binobarin 4.23 tenglama uni integral belgisidan tashqariga chiqarish mumkin bo'lganda.

$$S_2(P_1T_2) - S_1(P_1T_1) = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p}{T} dT \quad (4.24)$$

Real gaz izoxotermalarning P, ϑ - diagrammadagi, shuningdek P, T, ϑ , T va T, S diagrammalardagi ko'rinishi rasmda ko'rsatildi. Ideal gaz uchun 1-bobda ko'rsatilgandek, izotermikning har qanday nuqtasidagi bosim va hajm Boyl-markott tenglamasi 1.17 bilan bog'lanadi.

$$p_1 \vartheta_1 = p_2 \vartheta_2$$

Ya'ni izotermada bosimning hajmga bog'lanishi ideal gaz uchun giperbola xarakteriga ega bo'ladi.

Izotermik jarayonda izotermaning nuqtalari 1 va 2 orasida sistemaning kengayish ish umumiy munosabat (4.1) yordamida aniqlanadi:

$$l_{1-2} = \int_{p_1}^{p_2} p d\vartheta \quad (4.25)$$

Ideal gaz uchun 1.23 ni hisobga olib 4.1 dan quyidagini hosil qilamiz:

$$l_{1-2} = RT \ln \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} \quad (4.26)$$

Izotermik jarayonda sistemaga beriladigan issiqlik miqdori bizga ma'lum bo'lgan quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$DQ = Tds \quad T = \text{const} \quad Q_{1-2} = T(S_2 - S_1) \quad (4.27)$$

Izotermik jarayonda entropiyaning o'zgarishi, ya'ni xolat 1 va 2 larga mos keladigan entropiyalar ayirmasi quyidagi usulda xisoblab topiladi.

Agar nuqta 1 va 2 lardagi bosim ma'lum bo'lsa, u xolda quyidagi

$$S_2(P_2T) - S_1(P_1T) = \int_{p_1}^{p_2} \left(\frac{\partial S}{\partial p} \right)_T dp \quad (4.28)$$

munosabatdan, Maksvell tenglamasi 4.22 dan foydalanib quyidagini hosil qilamiz:

$$S_2(P_2T) - S_1(P_1T) = - \int_{p_1}^{p_2} \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial T} \right)_p dp \quad (4.29)$$

agar nuqta 1 va 2 lardagi solishtirma hajm ma'lum bo'lsa, quyidagi

$$S_2(\vartheta_2T) - S_1(\vartheta_1T) = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} \left(\frac{\partial S}{\partial \vartheta} \right)_T d\vartheta \quad (4.30)$$

munosabatdan Maksimal tenglamasi 4.23 ni hisobga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$S_2(\vartheta_2T) - S_1(\vartheta_1T) = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_\vartheta d\vartheta \quad (4.31)$$

Pirovardida izotermik jarayonning issiqlik sig'imi nimaga tengligini aniqlab aniqlab olamiz. Izotermik jarayonda sistemaga issiqlik berilganda sistemaning temperaturasi o'zgarmasligi, issiqlik sig'imi C_T cheksiz katta bo'lishi issiqlik sig'imi ta'rifidan kelib chiqadi:

$$C_T = \pm \infty \quad (4.32)$$

Sistemaga issiqlik berilmaydigan va issiqlik olinmaydigan termodinamikaviy jarayon, adiabatik jarayon deb ataladi, ya'ni

$$DQ = 0 \quad (4.33)$$

Adiabatik jarayon sodir bo'ladigan termodinamikaviy sistemani real issiqlik izolyatsiyasi bilan ta'minlangan qobiq bilan cheklangan, mutloqo issiqlik o'tkazmaydigan biror hajm ko'rinishida tasavvur etish mumkin, bunday qobiq adiabatik qobiq deb ataladi.

Kattalik k ni izoentropik jarayon ko'rsatkichi deb ataymiz. Kiritilgan belshilashni hisobga olsak 4.26 tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$-\frac{\mathcal{G}}{P}\left(\frac{\partial p}{\partial \mathcal{G}}\right)_s = k \quad (4.34)$$

4.34 tenglamaning chap qismidagi ko'paytma quyidagi tarzda o'zgartilishi mumkin.

$$-\frac{\mathcal{G}}{P}\left(\frac{\partial p}{\partial \mathcal{G}}\right)_s = \left(\frac{\partial \ln P}{\partial \ln \mathcal{G}}\right)_s$$

Bu differentsial tenglama izoentropik jarayonda P va $(\mathcal{G})$ larni bir-biriga bog'laydi.

Shunga o'xshash, sistemani tzoantropa bo'yicha parametrlari P va $(\mathcal{G})$ bo'lgan istalgan uchinchi xolatga o'tkazib, quyidagicha bo'lishini ko'rsatish mumkin:

Shunday qilib izoentropik jarayonda sistemaning istalgan xolati uchun:

$$p\mathcal{G}^k = \text{const}$$

bo'ladi. Bu munosabat Puassonning adiabat tenglamasi deb ataladi.

Izoentropik jarayonda sistemaning kengayish ishi quyidagi tarzda aniqlanadi
2.23. tenglama:

$$dQ = du + pd\mathcal{G}$$

Izoentropik jarayonda sistemaga beriladigan issiqlik miqdori nolga teng:

$$dQ_{2-1}=0, \quad dQ=0$$

Izoentropik jarayonda entalpiyaning o'zgarishi ham nolga teng. Izoentropik jarayonda issiqlikni sig'imining ham nolga teng bo'lishi tabiiydir:

$$C_S = \text{const} = 0$$

Berilgan politropik jarayon uchun p ning qiymati ixtiyoriy, o'zgarmas bo'lganda quyidagi

$$p\mathcal{G}^n = \text{const}$$

Tenglamani qanotlantiruvchi qaytar termodinamikaviy jarayonlar politropik jarayon deb ataladi.

Kattalik politropa ko'rsatkichi deb ataladi. Turli politropik jarayonlar uchun politropa ko'rsatkichi $\Pi + \infty$ dan $-\infty$ gacha bo'lgan xar qanday qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

Xolat diagrammasidagi politropik jarayon egri chizigi politropik deb ataladi.

Politropik jarayonda sistemaning nuqta 1 va 2 lar orasidagi kengayishishi 4.1. tenglama yordamida aniqlanadi.

$$l_{1-2} = \int_1^2 p d\mathcal{G}$$

politropa uchun

$$P = \frac{p_1 \mathcal{G}_1^n}{\mathcal{G}^n}$$

bo'lganligidan $(\mathcal{G})$ ning ifodasini integrallab politropik jarayondagi kengayish ishi uchun

$$l_{1-2} = \frac{p_1 \mathcal{G}_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{\mathcal{G}_1}{\mathcal{G}_2} \right)^{n-1} \right] \quad (4.35)$$

ёки худди шунинг ёзи:

$$l_{1-2} = \frac{p_1 \vartheta_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] \quad (4.36)$$

larga ega bo'lamiz.

Politropik jarayonda sistemaga beriladigan issiqlik miqdori quyidagi tarzda aniqlanadi. Kattalikni sistemaning politropik jarayondagi nuqta 1 va 2 lar orasidagi bajargan kengayish ishi kattaligini xisoblab 4.35 va 4.36 tenglamalar yordamida va sistema ichki energiyasining o'zgarishini xisoblab termodinamika birinchi qonunining tenglamasi yordamida aniqlash mumkin:

Politropik jarayonda sistema entropiyasining o'zgarishi, ya'ni politropadagi nuqta 1 va 2 larga mos entropiyalar ayirmasi munosabat:

$$S_2 - S_1 = \int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_n dT$$

dan aniqlanadi, lekin

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_n = \frac{C_n}{T}$$

Bo'lganligidan tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$S_2 - S_1 = C_n \ln \frac{T_2}{T_1}$$

Agar politropik jarayonda issiqlik sig'imi C_n xolat parametrlarining berilgan intervalida o'zgarmasa, u xolda tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$S_2 - S_1 = C_n \ln \frac{T_2}{T_1}$$

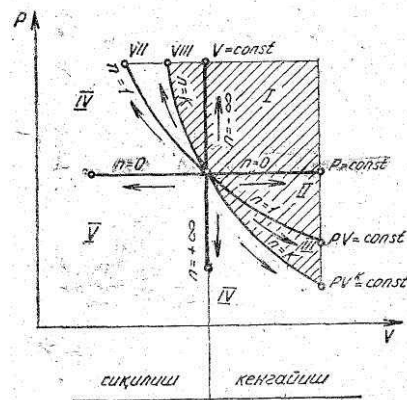
Shunday qilib, politropik jarayonda entropiyaning temperaturaviy bog'lanishi logarifmik xarakterga ega bo'ladi.

Biror kontret gazoviy jarayonning politropasi ko'rsatkichning qiymatini aniqlash uchun bu jarayonga oid ekspremental ma'lumotlarga ega bo'lish kerak. Eng qulay P, - diagrammadagi jarayon egri chizigidan foydalanishdir. Politropa tenglamasi

$$p_1 \vartheta_1^n = p_2 \vartheta_2^n$$

ni logirifmlab quyidagini olamiz.

$$n = \frac{\lg P_1 - \lg P_2}{\lg \vartheta_2 - \lg \vartheta_1}$$



4.1.-rasm. Politropik jarayonning umumlashuvi

1 – gurux politropik jarayoni $n < 1$

2-gurux politropik jarayon $1 < n = \kappa$

3-gurux politropik $n > \kappa$

Bu erda $\kappa = 1,4$

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Izoxorik jarayon, ta'riflang-tasvirlang.
2. Izoxorik jarayon ifodasini keltiring.
3. Izoxorik jarayonidan texnikada foydalanish.
4. Izobarik jarayonni ta'riflang-tasvirlang.
5. Izobarik jarayonni ifodasini keltiring.
6. Texnikada izobarik jaraynidan foydalanish.
7. Izotermik jarayonni ta'riflang-tasvirlang, ifodasini keltiring.
8. Adeabatik jarayonni ta'riflang-tasvirlang, ifodasini keltiring.
9. Adeabatik jarayonidan texnikada foydalanish.
10. Politropik jarayonni ta'riflang-tasvirlang, ifodasini keltiring.
11. Texnikada politropik jarayonning afzalliklari.

5 –MAVZU: TERMODINAMIKANING IKKINCHI QONUNI.

Reja:

1. Sikllar. Termik F.I.K. tushunchasi. Issiqlik manbalari.
2. Qaytar va qaytmas protsesslar.
3. Termodinamika ikkinchi qonunining ta'rifi.
4. Karno sikli. Karno tenglamasi.

Tayanch iboralar.

Kengayish jarayonida bajarilgan ish; issiqlik dvigatellari; ishning issiqlik orqali ifodasi; termik F.I.K.; qaytar jarayon; qaytmas jarayon; Klauzius ta'rifi; Tomson ta'rifi; Plank ta'rifi; qaytuvchanlikning pasayishi; ikki manba ishi; tashqaridan keltirilgan ish; Karno siklining analizi.

Kengayish protsessida gaz tashqi bosim kuchlariga qarshi ish bajarishi 2-bobda ko'rilgan edi. Gazning bosimi P_1 dan bosim P_2 gacha kengayishida bajargan ishi 4,4a tenglamaga muvofiq quyidagiga teng:

$$L_{1-2}^{keh} = \int_{V_1}^{V_2} p dv \quad (3.1)$$

gazni siqish uchun sarflash kerakligi tabiiydir. Bu ish gazga bironta tashqi manbadan keltiriladi. Umumiy ta'rifga muvofiq bu ish

$$L_{2-1}^{cuK} = \int_{V_2}^{V_1} p dv \quad (3.2)$$

yoki, xuddi shuning o'zi

$$L_{2-1}^{cuK} = - \int_{V_1}^{V_2} p dv \quad (3.3)$$

ish issiqlikka aylanadigan aylanma protsesslar (tsikllar) ni amalga oshiruvchi uzluksiz ishlaydigan sistema issiqlik dvigateli deb ataladi. Termodinamika birinchi qonunining differentsial tenglamasini integrallaymiz:

$$dQ = dU + dL \quad (3.4)$$

ish jism bilan amalga oshiriladigan ixtiyoriy sikl uchun:

$$\oint dQ = \oint dU + \oint dL \quad (3.5)$$

ish jismiga siklda beriladigan issiqlikni Q_1 lokali ish jismidan siklda olib ketiladigan issiqlikni Q_2 orqali belgilasak, u xolda

$$Q_y = Q_1 - Q_2 \quad (3.6)$$

$$L_y = Q_1 - Q_2 \quad (3.7)$$

Tsiklning termik foydali ish ko'effitsienti (f.i.k.) deb ataladigan ko'effitsient xaqidagi yangi tushunchani kiritamiz. Sikl ishining ish jismiga siklda berilgan issiqlik miqdoriga nisbatan siklning termik foydali ish ko'effitsienti deb ataladi. Siklning termik f.i.k. ni η bilan belgilab va aytilgan ta'rifga muvofiq quyidagini hosil qilamiz:

$$\eta_E = \frac{L_y}{Q_1} \quad (3.8)$$

yoki, xuddi shuning o'zi:

$$\eta_T = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad (3.9)$$

1 kg ish jismi uchun tegishli

$$\eta_T = \frac{l_y}{q_1} \quad (3.10)$$

yoxud:

$$\eta_T = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \quad (3.11)$$

Termodinamikaning eng muhim tushunchalaridan biri qaytar va qaytmas protsesslar xaqida tushunchalardir.

To'g'ri va teskari yo'nalishlarda sodir bo'lishi natijasida termodinamikaviy sistema dastlabki xolatiga qaytadigan protsesslar qaytar protsesslar deb ataladi.

To'g'ri va teskari yo'nalishlarda o'tkazilganda sistema dastlabki xolatiga qaytmaydigan protsesslar qaytmas protsess deb ataladi.

Termodinamikaning birinchi qonun aytib o'tilganidek, energiyaning aylanish protsessini miqdoriy tomondan xarakterlaydi. Termodinamikaning ikkinchi qonuni bu protsesslarning sifatiy tomonini xarakterlaydi.

Termodinamikaning ikkinchi qonunini umumiy ko'rinishda quyidagicha ta'riflash mumkin: o'z-o'zidan sodir bo'ladigan xar qanday protsess qaytmas protsesslar: etarlicha aniq bo'lgan bu xulosani biz bundan oldingi paragrafda muhokama qilganmiz. Ikkinchi qonunning barcha boshqa tariflari bu umumiy ta'rifning xususiy xollaridan iborat.

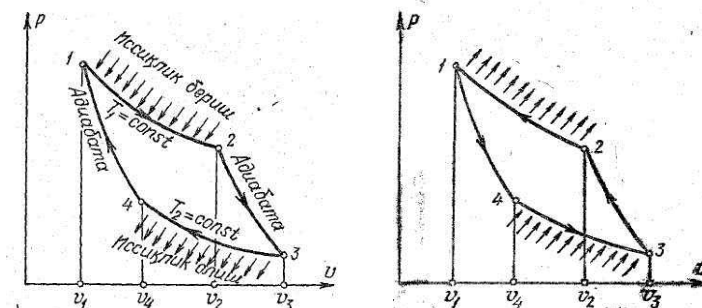
R.Klauzius (1850 yilda) termodinamikaning ikkinchi qonunini quyidagicha ta'rifladi: issiqlik ancha sovuq jismdan ancha issiq jismga o'z-o'zidan o'ta olmaydi.

V.Tomson (Lorl Kelvin) 1851 yilda quyidagi ta'rifni taklif etdi: jonsiz material agent yordamida moddaning qandaydir massasidan uchi atrofidagi predmetlardan eng sovugining xaroratidan past xaroratgacha sovutish yo'li bilan mexanikaviy ish olib bo'lmaydi.

M.Plank quyidagi ta'rifni taklif etdi: barcha ishi bironta yukni ko'tarish va issiqlik manbaini sovitishdan iborat bo'lgan davriy ishlaydigan mashina ko'rib bo'lmaydi.

1824 yilda frantsuz injeneri S.Karno keyinchalik issiqlik dvigatellari nazariyasiga asos bo'lgan ishini nashr ettirdi. Karno o'zining bu ishida issiqlik dvigatelining termodinamika учун алощида ащамиятга эга былган циклини кыриб чи=ди.

Karno sikli ish jismi tomonidan ikkita issiqlik manbai-исси=лик ва сову=



manba orasida quyidagicha amalga oshiriladi

3.1.-rasm. a) To'g'ri sikl

б) Teskari sikl

Agar ish jismining xarorati manba xaroratidan cheksiz kichik qiymatga farq qilsa, protsesslarning qaytmovchanligi qariyb nolgacha kamaytirish mumkin:

$$T_1 = T_{\text{iss.man.}} - dT \quad (3.12)$$

$$T_2 = T_{\text{iss.man.}} - dT \quad (3.13)$$

Shunday qilib, to'g'ri sikl amalga oshirilgan aynan usha yo'lning o'zidan Karno teskari siklni amalga oshirdi, ya'ni Karno sikli qaytar sikldir.

Karno siklida adiabatik protsesslar 2-3 va 4-1 lar aynan bir xil temperaturalar T va T orasida amalga oshirilishi tufayli, bu adiabatlarining xar kaysi uchun 3.25. ga muvofiq quyidagilarni yozish mumkin.

$$\left(\frac{V_3}{V_2}\right)^{k-1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (3.14)$$

$$\text{ba} \quad \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{k-1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (3.15)$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{V_4}{V_1} : \quad \eta_T = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (3.16)$$

tsikl qaytmas bo'lsa issiqlik manbalari va ish jismi xaroratlari orasidagi ayirmalar chekli kiymatiga ega bo'ladi.

$$T_1 = T_{\text{sav.man.}} - \Delta T_1 \quad (3.17)$$

$$T_2 = T_{\text{sav.man.}} - \Delta T_2 \quad (3.18)$$

Bu xolda $T_1 < T_{\text{sav.man.}}$, $T_2 > T_{\text{sav.man.}}$ bo'lganligidan sikl xaroratining ish intervali torayadi. (3.6-rasm). Bu munosabatlarni hisobga olib quyidagini hosil qilamiz:

$$\eta_T^{\kappa-e.\kappa\mu} = \frac{T_{\text{ucc.man}} - T_{\text{cov.man}} - (\Delta T_1 + \Delta T_2)}{T_{\text{ucc.man}} - \Delta T_1} \quad (3.19)$$

bu erda : $\eta_T^{\kappa-e.\kappa\mu}$ - qaytmas Karno siklining termik f.i.k. 3.33 va 3.36. tenglamalarni taqqoslash quyidagicha bo'lishini ko'rsatadi.

$$\eta_T^{\kappa-e.\kappa\mu} < \eta_T^{\kappa-p.\kappa\mu} \quad (3.20)$$

Qaytar sikl deb faqat Karno siklini emas, balki har qanday boshqa siklni ham tasavvur etish mumkin. (3.7-rasm). Bu sikllarni qaytarib amalga oshirish mumkinligini aniqlovchi shartlar Karno sikldagidek bo'ladi.

Endi navbatdagi muhim qoidani Karno teoremasini isbot etishga o'tamiz: ikkita issiqlik manbai orasida amalga oshiriladigan qaytar siklning termik f.i.k. siklni amalga oshirishda foydalanilgan ish jismning xossasiga bog'liq bo'lmaydi.

Bu teorema teskarisidan isbot qilinadi. Issiqlik dvigatelining bironta ish jismi yordamida ikkita issiqlik manbai orasida amalga oshiriladigan qaytar siklni ko'rib chiqamiz: bu siklning termik f.i.k.ni belgilaymiz.

Birinchi dvigatel siklida ish jismiga tashqaridan keltiriladigan ish 3.10. ga muvofiq quyidagiga teng:

$$L'_y = \eta'_T Q'_1 \quad (3.21)$$

ikkinchi dvigatel siklida bajariladigan ish quyidagiga teng:

$$L''_y = \eta''_T Q''_1 \quad (3.21a)$$

biz shartlab olganimizdek, $\eta''_T > \eta'_T$; $Q'_1 = Q'_1$

былганганлигидан у холда, бинобарин $L''_y > L'_y$

yoki xuddi shuning o'zi, $L''_y - L'_y = \Delta L \quad (3.22)$

Birinchi va ikkinchi dvigatellar siklining termik f.i.k. ifodalarini taqqoslashdan:

$$\eta'_T = \frac{Q'_1 - Q'_2}{Q'_1} \quad (3.23)$$

va

$$\eta''_T = \frac{Q''_1 - Q'_2}{Q''_1} \quad (3.23a)$$

tengsizlikni hisobga olib quyidagini hosil qilamiz

$$\frac{Q''_1 - Q'_2}{Q''_1} > \frac{Q'_1 - Q'_2}{Q'_1} \quad (3.24)$$

Bu teorema ikkita issiqlik manbai orasida amalga oshiriladigan qaytar sikllar uchun to'g'ridir. Karno siklini analiz qilish asosida oldin biz chiqargan barcha xulosalar har qanday ish jismli qaytar Karno sikli uchun to'g'ridir. Jumladan siklning termik f.i.k. uchun oldin olingan 3.32. ifodani har qanday qaytar Karno sikliga tatbiq etish mumkin:

$$\eta_T^{\kappa-p.\kappa.\mu} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (3.25)$$

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Ishchi sikl nima?
2. F.I.K. deganda nimani tushunasiz.
3. Issiqlik manbalariga misollar keltiring.
4. Qaytar siklga misol keltiring
5. Qaytmas siklga misol keltiring.
6. Qaytar va qaytmas sikllarni grafikda tasvirlang.
7. Qaytar va qaytmas sikllarning F.I.K. larini taqqoslang.
8. Termodinamika 11-qonunini ta'rifi.
9. Karno siklining tenglamasini ifodalang.

6-MAVZU: SUV BUG'I. GAZ VA BUG'LARNING OQISHI.

Reja:

1. Gaz va bug` okimi. Oqim ishi va tezligi.
2. Drosselash. Joul-Tomson effekti.
3. Real gazning va kuumga adiabatik kengayishi (Joul jarayoni).

4. Aralashish jarayonlari.

Tayanch iboralar.

Issiqlik tushunchasi; energiya o'zlashishning turli formalari; Joul tajribasi; ajralib chiqqan issiqlik va sarflangan ish; ishning issiqlik ekvivalenti; energiya saqlanishi va aylanishi; ichki energiya; ichki energiya o'zgarishi; kengayish ishi; tashqi ish ta'rifi; termodinamikaning 1-qonunini ta'rifi; entalpiya ta'rifi, ifodasi; Karno sikli; qaytar va qaytmassikllar; termik F.I.K.

Truba yoki biror boshqa kanalda oqayotgan gaz yoki suyuqlik oqimchasi yo'lida oqimchani kundan kesimini tutasidan va keskin toraytiruvchi so'ngra esa oqimcha kesimi kengayadigan to'piq uchrasa, u xolda oqayotgan gaz bosimi to'siqdan keyin to'siqdan oldingi bosimga qaraganda har doim kam bo'lishi tajribadan ma'lum. Bunday tushiq maxalliy qarshilik deb ataladi.

Kanaldagi toraygan joy orqali oqish jarayonida ish jismi oqimchasi bosimining pasayish effekti drossellash yoki ezish deb ataladi.

Drossellash jarayoni amalda ko'p uchraydi, masalan, to'la ochilmagan vodoprovod kranidan suv oqqanda yoki to'la ochilmagan havo shiberidan havo o'tayotganida ular drossellanadi. Ikkala xolda ham drossellovchi organning qarshiligi natijasida ulardan keyin bosim pasayadi.

Biror vaqt oralig'ida porshen truba bo'ylab masofaga, porshen masofaga kuchadi: gazning diafragmadan keyingi bosimi va zichligi diafragmadan oldingi bosimi va zichligidan kam bo'lishi tufayli bo'lishi tushunarlidir. Porshenni masofaga surish uchun

$$L_1 = p_1 l_1 \Sigma$$

ga teng bo'lgan ish bajarilishi kerak.

quyidagicha belgilaymiz: $V_1 = l_1 \Sigma$

Bu erda: - ko'rib chiqilayotgan vaqt oraligida diaphragma orqali porshen siqib chiqargan gaz hajmi:

$$V_1 = \mathcal{G}$$

Bo'lgani uchun (bu erda - drossel orkali utgan gaz massasi, -gazning drossellashgacha bo'lgan hajmi).

$$L_1 = p_1 l_1 \mathcal{G}$$

bo'ladi.

II porshenning bosimi p ga qarshi siljib, bajargan ishi shunga o'xshash hisoblab topiladi:

$$L_{11} = p_2 l_2 \mathcal{G}$$

Biz ko'rib chiqayotgan qayd qilingan gaz massasi siljiganda ma'lum vaqt oraligida ish bajariladi, bu ish II porshen bajargan ish bilan I porshen ustida bajarilgan ishning ayirmasiga teng:

$$L = L_{11} - L_1$$

Kattalik $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_i$ adiabatik drossellash koeffitsienti yoki differentsial drossel-effekt deb ataladi va quyidagicha belgilanadi:

$$\alpha_i = \frac{\partial T}{\partial P} \quad (5.1)$$

Umumiy xolda kattalik α_i noldan farq qiladi. Adiabatik drossellash jarayonidagi gaz va suyuqliklar temperaturasi o'zgarish xodisasi Joul-Tomson effekti deb ataladi: α_i kattalik ko'pincha Joul-Tomson koeffitsienti deb ataladi. Differentsial drossel-effektni ulchab (drosselning ikkala tomonidagi bosimlar ayirmasi Δp juda kichik chekli qiymatga ega bo'lganda temperaturalarining shunday tartibdagi ayirmasi ΔT) bu o'lchovlar natijasi bo'yicha kattalikni topish, ni aniqlangandan keyin esa tekshirilayotgan moddaning i, T – diagrammasini qurish, issiqlik sig'imini aniqlash, bir qator kalorik funktsiyalarni, solishtirma hajm va boshqalarni topish mumkin.

Drosseldagi bosimning kamayishi ancha katta bo'lganda adiabatik drossellash jarayonida gaz (suyuqlik) temperaturasi o'zgarishi integral drossel-effekt deb ataladi va u quyidagi munosabat bo'yicha hisoblab topiladi:

$$T_2 - T_1 = \int_{P_1}^{P_2} \alpha_i dp$$

(5.2)

Bu erda: T_1 va T_2 – drossellanadigan moddaning tegishli drosseldan oldingi va drosseldan keyingi temperaturasi.

Ideal gaz uchun:

$$\left(\frac{d\theta}{dT} \right)_p = \frac{\theta}{T} \quad (5.3)$$

Bo'lganligidan ideal gaz drossellanganda uning temperaturasi o'zgarmaydi. Bu ideal gazning xarakterli alomatlaridan biridir. Shunday qilib Joul-Tomson effekti real gaz va suyuqliklardagina bo'ladi. Hisoblarning ko'rsatishicha Van-der-Vals tenglamasiga buysunadigan gaz uchun Joul-Tomson effekti nolga teng bo'lmaydi.

Tajribaning ko'rsatishicha, bitta moddaning o'zida ning ishorasi turli xolat soxalarida turlicha bo'ladi. Gaz (suyuqlik)ning nolga teng bo'ladigan xolati Joul-Tomson effektining inversiya nuqtasi deb ataladi. Berilgan modda xolat diagrammasining diagrammasidagi inversiya nuqtalarining geometrik o'rni inversiya egri chizigi deb ataladi.

Adiabatik drossellashdan gazlarni sovitishda samarali usul tarikasida foydalanish mumkin. Albatta, gaz fakat a-O bo'ladigan xolatlar sohasida bo'lgan xoldagina, ya'ni inversiya egri chizigi ostida soviydi.

Real gazdagi yana bitta tipik qaytmas jarayonni – tashqi bermasdan gazning va kuumga adiabatik kengayish jarayonini ko'rib chiqamiz.

Ideal gazga yaqin bo'lgan gazning tashqi ishni qaytarib bermasdan adiabatik kengayish jarayonini ekspremental o'rganish Gey-Lyussakga, so'ngra esa Joulga ideal gazning temperaturasi bu jarayon natijasida o'zgarishini aniqlashga imkon beradi. Bu esa uz navbatida ideal gazning muxim xossasi ichki energiyaning hajmga bog'liq emasligini aniqlashga imkon beradi.

Real gazning va kuumga adiabatik kengayish ($dQ=0$) va kum hosil qilish jarayoniga tatbikan: $DU=0$ ga ega bo'lamiz va binobarin:

$$U = \text{const}$$

Ya'ni, gazning va kuumga adiabatik kengayishi natijasida gazning ichki energiyasi o'zgarmasdan qoladi.

Uqconst jarayonda gaz temperaturasining hajm o'zgarganida o'zgarishi quyidagi ma'lum munosabat bilan aniqlanadi:

$$T_2(U_1 V_2) - T_1(U_1 V_1) = \int_{V_1}^{V_2} \left(\frac{\partial T}{\partial V} \right)_U dV \quad (5.4)$$

Yoki, agar solishtirma kattaliklarga o'tsak,

$$T_2(U_1 g_2) - T_1(U_1 g_1) = \int_{g_1}^{g_2} \left(\frac{\partial T}{\partial g} \right)_U dg \quad (5.5)$$

bo'ladi.

Bu munosabatdagi xususiy hosilani quyidagi ravishda o'zgartirish mumkin.

$$\left(\frac{\partial T}{\partial g} \right)_U = - \left(\frac{\partial T}{\partial U} \right)_g \left(\frac{\partial U}{\partial g} \right)_T \quad (5.6)$$

Xususiy $\left(\frac{\partial T}{\partial g} \right)_U$ ning topilgan qiymatini tenglamaga quysak, quyidagi hosil bo'ladi:

$$T_2(U_1 g_2) - T_1(U_1 g_1) = \int_{g_1}^{g_2} \frac{p - T \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_g}{C_g} dg \quad (5.7)$$

Gaz entropiyaning tekshiralayotgan jarayonda kamayishini quyidagi tenglama yordamida aniqlaymiz:

$$S_2(U_1 g_2) - S_1(U_1 g_1) = \int_{g_1}^{g_2} \left(\frac{\partial S}{\partial g} \right)_U dg \quad (5.8)$$

Turli qurilma va apparatlarda, ko'pincha, ikkala komponentning turlicha parametrlarida turli gazlar yoki bitta gaz (suyuqlik) ning o'zini aralashtirib ish olib borishga to'g'ri keladi.

Aralashish jarayonlarini ko'rib chiqishda vazifa, odatda aralashmani tashkil etuvchi komponentlar xolatining ma'lum bo'lgan parametrlari bo'yicha aralashma xolatining parametrlarini aniqlashdan iborat.

O'zgarmas hajmda aralashish jarayoni. O'zgarmas hajmda aralashish jarayonini tekshiramiz.

Gazning aralashishdan keyingi massasi tenglamalardan:

$$Q = G_1 + G_2$$

kelib chiqadi. $U_1 G_1 + U_2 G_2 = (G_1 + G_2) \quad (5.9)$

Gazning aralashgandan keyingi ichki energiyasi quyidagicha aniqlanadi.

$$U = \frac{U_1 G_1 + U_2 G_2}{G_1 + G_2} \quad (5.10)$$

Oqimda aralashish natijasida olingan aralashmaning entalpiyasi quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$i = \frac{i_1 G_1 + i_2 G_2}{G} \quad (5.11)$$

Hajmni to'ldirishda aralashish. Hajmni to'ldirishda aralashish deb ataladigan aralashish bunday jarayonlarning uchinchi muxim turidir.

Idishning hajmi o'zgarmas bo'lganligidan va alashishgacha idishda bo'lgan gaz ham, na aralashishdan keyin idishda bo'ladigan gaz ham bosim P_1 ga nisbatan ortadi, ish bajarilmaydi.

Shunday qilib tekshirilayotgan aralashish jarayonida aralashguncha idish ichidagi gaz ustidagina ish bajariladi.

$$L_1 = -L_{11} = -P_2 \vartheta G_2 \quad (5.12)$$

Boshqa tomondan olganda, har qanday aliabatik jarayondagidek, ko'rib chikilayotgan jarayondagi ish ham sistema ichki energiyasining kamayishi hisobiga bajarilishi mumkin:

$$L = (U_1 G_1 + U_2 G_2) - UG \quad (5.13)$$

Ideal gaz uchun aralashtirishning boshqa usullaridan qo'llanilgan metodga o'xshash metod yordamida P, T, P_2 va T_2 larning xisoblash uchun munosabat hosil qilish mumkin,

$$\text{Ideal gaz uchun: } U_1 = C_v T; \quad i_2 = C_p T_2; \quad U = C_v T \quad (5.14)$$

$$T = \frac{T_1 G_1 + k T_2 G_2}{G_1 + G_2} \quad P = \frac{(G_1 + G_2) R T}{V_1}$$

NAZORAT SAVOLLAR.

1. Issiklik – energiya uzatishning qanaqa formasi?
2. Joule tajribasi, tajriba tavsifi.
3. Issiqlik va ishning ekvivalentsligini tushuntiring.
4. Energiyaning saqlanish va aylanish qonunini izoxlang.
5. Ichki energiya nima?
6. Ichki energiyaning tashqi ishga aloqasi.
7. Termodinamikaning 1 qonunini ta'riflang va ifodasini keltiring.
8. Karno siklini tasvirlang.
9. Karnoning qaytar va qaytmas sikllariga izox bering.
10. Karno siklida F.I.K.

7-MAVZU: KOMPRESSORLAR.

Reja:

1. Kompessorlar klassifikatsiyasi va ishlash printsiplari.
2. Izotermik, adiabatik va politropik sikl. Kompessorning tula ishi.
3. Ko'p bosqichli siqish RV va TS diagrammalarda tasvirlash.

Tayanch iboralar.

Bir pagonali; ko'p pagonali; sarflangan; izotermik; adiabatik; politropik siqish; zararli bushatish; markazdan kochma; real kompressor; sarflangan ish; olingan issiqlik.

Gazlarni siqish uchun mo'ljallangan mashina kompressor deb ataladi. Kompessorlar hozirgi zamon texnikasining turli soxalariga ishlatiladi. Ularni kimyo sanoatida aviatsiyada oziq-ovqat sanoatida va x.k. larda uchratish mumkin.

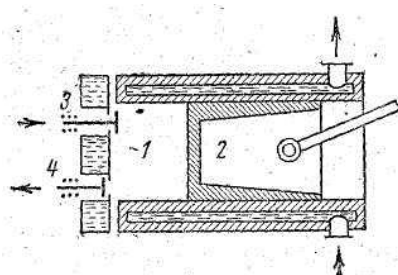
Konstruktiv belgilari, ishlash printsiptiga qarab kompressorlar porshenli va trubinali gruppalariga bo`linadi.

6.1.-rasm. Porshenli kompressor

Lekin turli xildagi kompressorlar, ularning belgilari va ishlatilishi soxalariga qaramay ularning ishlash printsiplari o`xshashdir. Kompressorlarda kechadigan jarayonlarning tenglamalari hammasi uchun taluqli qilib yozish mumkin. Shuning uchun kompressorlar ichidagi porshenli bir pogonali kompressorning ishlash printsiptini ko`rib chiqaylik:

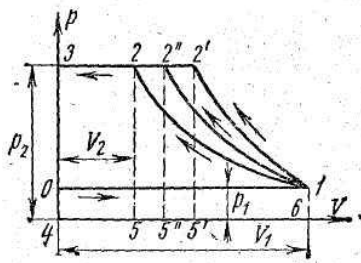
Tsilindr 1 da qaytar ilgarilama xarakat qiluvchi porshen 2 xarakatlanadi.

Porshen chapdan unga xarakatlanganida amaliy jihatdan o`zgarmas bosimda ish jismi suriladi, bunda klapan 3 ochiq bo`ladi.



Porshen ung chekka xoliga etgandan keyin surish jarayoni ishlaydi, klapan 3 yopiladi va porshen teskari yo`nalishlarida xarakatlana olmaydi. Silindrdagi bosim orta boshlaydi. Gaz bosimi gaz yuboriladigan rezervuardagi bosimning kiymatidan ozgina ortishi bilan klapani ochiladi va siqilgan gaz rezervuarga kiradi. Porshen yana ung tomonga xarakat qila boshlaydi va jarayon takrorlanadi.

Termodinamik xisobining asosiy maqsadi 1 kg siqilgan gaz ishi uchun qancha ish sarflanishini aniqlashdan iborat. buning uchun porshenli kompressorda siqish jarayonlarining indikator diagrammasini ko`rib chiqamiz:



6.2.-rasm. Pv- diagrammasi.

1-2 – siqish; 2-3 - gazni rezervuarga chikarish; 3-0 - chikarish klapani yopiladi va P_2 bosim P_1 gacha pasayadi va jarayon takrorlanadi.

1 kg siqilgan gaz olish uchun sarflangan ish quyidagiga teng:

$$l = P_1 \mathcal{V}_1 - P_2 \mathcal{V}_2 = \int_{\mathcal{V}_1}^{\mathcal{V}_2} p d\mathcal{V} \quad (6.1)$$

$p_1 \mathcal{V}_1$ - tashki muxitning silindri havo bilan to'ldirish vaqtidagi ishi.

$p_2 \mathcal{V}_2$ - gazni rezervuarga itarib chiqarishda sarflangan ish.

$\int_{\mathcal{V}_1}^{\mathcal{V}_2} p d\mathcal{V}$ - gazning siqishdagi sarflangan ish.

$$p_1 \mathcal{V}_1 - p_1 \mathcal{V}_2 = \int_3^1 d(p\mathcal{V}) \quad \text{ligidan}$$

$$l = \int_1^2 [-d(p\mathcal{V}) + p d\mathcal{V}] = - \int_1^2 \mathcal{V} dp \quad (6.2)$$

$$l = (p\mathcal{V}) = p d\mathcal{V} + \mathcal{V} dp \quad (6.3)$$

Agar siqishdagi ishqalanish kuchlarini hisobga olib yozadigan olsak:

$$l = - \int_{p_2}^{p_1} \mathcal{V} dp - \eta_{\text{uuk}} \quad (6.4)$$

Bu xolda siqish chizig'i bilan ordinata o'qi orasidagi yuza sarf qilingan ishning bir kismigina xolos.

Agar siqish jarayonida issiqlik olinib turilsa, u xolda TD ning qonuniga asosan:

$$lg = -(i_2 - i_1 - g_g) \quad (6.5)$$

1-2^c - politropik jarayonda siqish;

1-2^b - adiabatik siqish;

1-2^a - izotermik siqish - bunda ish yuzasi, kichik, demak bu oqish oshiriladi. Buning uchun esa kompressorni sovitgich bilan ta'minlashi zarur.

Indikatori diagrammaning nazariy kurinishi uning haqiqiy ko'rinishidan farq qiladi. Bu farq asosan, nazariy diagrammada, klapanlarning ochilib-yopilishidagi yo'qotilgan ishni hisobga olmaydi.

Bundan tashqari real kompressorlarda silindr ishchi hajmining 4-10% zararli bo'shliq egallaydi. Bu bo'shliq porshenni chap devorga jips kelmasligini hisobigadir.

Zararlik bo'shliq V_0 bo'lishi sababli itarib chiqarish jarayonida silindrda gazning hammasi chiqib ketmaydi - silindrda uning zararli bo'shlig'ini to'ldiradigan gaz qoladi. Bu gaz surilishi kerak bo'lgan gazni qisqartiradi va shu orqali kompressorning ish samaradorligini kamaytiradi.

$$V_n - V_i = V$$

V va V_n nisbati foydali ish hajmiy koeffitsientini beradi.

$$\eta_{\text{хажм}} = \frac{V}{V_n} \quad \text{-silindrda siqilgan gaz hajmi.}$$

kompressorning issiqlik va zararli boʻshliq evaziga ish unumining kamayishi toʻldirish koeffitsienti bilan ifodalash mumkin:

$$\eta_{\text{mul}} = \eta_{\text{xajm}} = \frac{T_1'}{T_1} \quad (6.6)$$

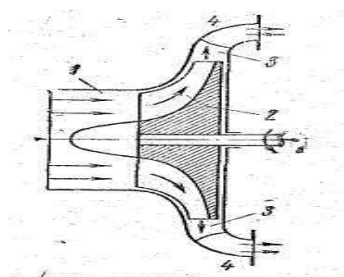
T_t - surilayotgan gaz temperaturasi

T_1 - gazning surilish jarayonida qiligan temperoaturasi.

Bir bosqichli kompressorlarda siqilishgan gazning bosimi, 6-10 bardan oshishi mumkin emas. Chunki bu chegara, silindr devorlariga surilgan moyning oʻz-oʻzidan yonib ketish bosimini hisobga olib belgilangan.

Markazdan kochma kompressorlar porshenli kompressorlardan farqli ish jarayoni doimiy davom etadi. Ish jismning ancha jismning ancha katta tezligi bilan farq qiladi.

6.3.-rasm. Markazdan kochma kompressor.



1- kirish patrubkasi; 2- ishchi gʻildiragi; 3- diffuzor; 4-chiqish patrubkasi.

Gaz kirish patrubkalari orqali ishchi gʻildiragining kuraklari hosil qilgan kanallariga kiradi. Gʻildirak aylanayotgan vaqtda bu gaz markazdan kochma kuchlar taʼsirida diffuzorga otilib chiqadi va shu erda kerakli bosimgacha siqiladi.

Siqilish bu erda asosan, gazlarning oqimining tormozlanish oqibatida hosil boʻladi.

Gaz oqimini hosil qilish uchun lg ish bajariladi va g_g issiqlik olinadi.

Agar oqim xolati kirishda P_1, t_1, ρ_1 va W_1 lar bilan charakterlanса, чи=ишда эса P_2, t_2, ρ_2 lg W_2 lar bilan ifodalanadi.

Oqim uchun asosiy tenglama quyidagi koʻrinishini oladi:

$$lg = (l_2 - l_1) - \left(\frac{W_1^2 - W_2^2}{2} \right) + g_g \quad (6.7)$$

Agar oqimining kirish va chiqishdagi kinetik energiyasi orasidagi farq kichik bo'lsa u xolda:

$$lg = -(l_2 - l_1 - g_g) \quad (6.8)$$

Bu tenglama porshenli kompressorlar uchun chiqarilamagan tenglama bilan bir xil bo'lib qoladi.

Termodinamika 1 qonunning gaz oqimi uchun tenglamasi quyidagi kurinishga ega:

$$g_g + q_{uuuk} = i_2 - i_1 - \int_{P_1}^{P_2} g dp \quad (6.9)$$

Bu kompressorni ishlatish uchun sarflangan ish:

$$lg = - \int_{P_1}^{P_2} g dp - q_{bir} \quad (6.10)$$

Bu tenglama ham porshenli kompressorlar uchun chiqarilgan tenglama bilan bir xil bo'lib qoldi.

Real kompressorlarda siqish protsessi.

Real kompressorlarda gazni siqish ishqalanishdagi ichki yo'qolishlar va tashqi muhit bilan issiqlik almashinishlar (uzatishlar) borligi bilan xarakterlanadi.

Real kompressorlarni hisob-kitob qilayotganda quyidagilar qabul qilinadi: kompressorni ishlatishga sarf bo'lgan xaqiqiy ish, izotermik siqishdagi ishga teng deb olinadi. Sovitilmaydigan kompressorlarda esa - adiabatik siqish jarayonidan ishga teng deb olinadi.

Real kompressorning ish qobiliyati izotermik va adiabatik f.i.k. lari bilan aniqlanadi.

$$\eta_{aou} = \frac{l_{u3o}}{l_{xak}} \quad \eta_{aou} = \frac{l_{adu}}{l_{xak}} \quad (6.11)$$

Kompressorni yurgizishdagi effektiv quvvat quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$N_l = \frac{\ln \cdot m}{\eta_n \cdot \eta_{mek} \cdot \eta_{myld}} Bm \quad (6.12)$$

m - kompressorning 1 sek.dagi ish unumi.

$$m = V_H P_H \frac{\kappa \mathcal{Z}}{ceK} \quad (V_H - \text{normal sharoitdagi hajmiy unumdorlik}) \text{ m}^3 \setminus \text{sek}).$$

-normal sharoitdagi gaz zichligi kg/m³

ln-kompressorning politropik siqishdagi ish, j/kg

η_n -kompressorning politropik siqishdagi f.i.k.

η_{mek} -ishqalanishdagi yukolishlarini xisobga oluvchi mexanik f.i.k.

η_{myld} -to'ldirish foydali ish koeffitsienti.

Ko'p boskichli kompressor.

Yuqori bosimli gaz olish uchun ko'p bosqichli kompressorlardan foydalaniladi. Bunday kompressorlarda siqish bir necha sovitiladigan silindrlarda olib boriladi.

Bunday siqishning muxim xususiyati shuki, bunda bitta silindrda chiqayotgan gaz maxsus sovitigichda sovitilib, so'ng navbatchi silindrga kiradi.

Bu issiqlik almashgich-sovitgichlar gaz temperaturasini kompressor bosqichidan keyin amalga kompressorlarga kirish temperaturasi T_1 Bu esa kompressorning f.i.k. ni oshirib, upmressorda kechadigan ishchi protsessni izotermik jarayondagi siqishga yaqinlashtiradi.

Uch bosqichli kompressorning ideal indikator diagrammasi bilan tanishib chiqaylik:

Xam hamma bosqichda bir xil ekanligini beradi:

$$T_2 = T_4 = T_6$$

Oldingi tenglamalardan ma'lumki:

$$x^3 = \frac{P_2 P_4 P_6}{P_1 P_3 P_5} \quad (6.13)$$

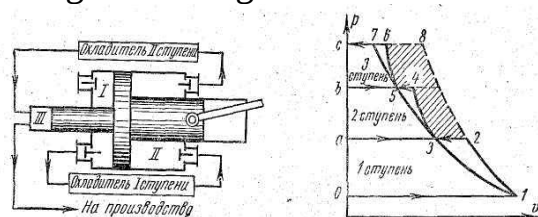
Bu erdan bosim oshish darajasi «X» har bir bosqichda bir xil.

$$X = \sqrt[3]{\frac{P_6}{P_1}} \quad (6.14)$$

Yoki agar bosqichlar soni

$$X = \sqrt[3]{\frac{P_2}{P_1}} \quad (6.15)$$

3 bosqichli kompressorga sarf bo'lgan hamma ish 012345600 yuzaga teng.



6.4.-rasm. a) Ko'p bosqichli kompressor b) Rv-diagrammasi.

Agar siqish jarayoni politropik jarayonda, P_6 bosimgacha bosimda, 1 ta bosqichda olib borilayotgan bo'lsa bunda ish 01800 yuzaga teng.

Bir bosqichli protsessga o'tilganda ma'lum bir mikdorda ish yutilar ekan, ya'ni iqtisod qilinar ekan. Bu iqtisod qilingan ish 2345682 yuzaga teng.

Har bir bosqichga kirayotgan gazning temperaturasi bir xilligidan, silindrlardagi bosimlar nisbati bir xilligidan, har bir bosqichdagi ish bir-biriga teng qabul qila olamiz:

$$l_1 = l_3 = l_5$$

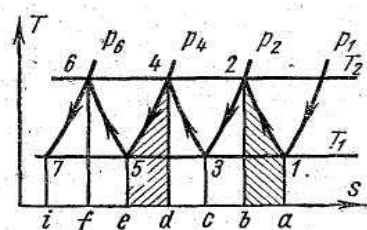
3 гала бос=ичдаги газнинг си=ишдаги сарф былган иш

$$l_k = 3l_1 \text{ дж/кг}$$

gaz uchun:

$$I_K = 3ml_1, \text{ lm}$$

Ko'p bosqichli kompressorlarni ishlatishga sarf bo'lgan ish, bir bosqichli kompressorlarni ishlatishga sarf bo'lgan ishni bosqichlar soni ko'paytmasiga teng.



6.5.-rasm. TS -diagrammasi.

1-2, 3-4, 5-6 -politropik sikish

2-3, 4-5, 6-7 -sovish pr.

Gazni bir xil sharoitda siqishda olinadigan issiqlik miqdori bosqichlarda bir-biriga teng:

$$q = C_p \frac{n-e}{n-1} (t_1 - t_2) \quad (6.16)$$

Izobarik sovish jarayondagi olinadigan issiqlikni quyidagicha topamiz:

Chunki, $T_1 = T_3 = T_5$ va $T_2 = T_4 = T_6$

Shunday ekan shtrixlangan yuzalar teng, demak hamma silindrlarda gaz siqilganda bir xil issiqlik chiqar ekan.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Kompressorning qanday turlari mavjud.
2. Bir bosqichli kompressorlarning ishlash printsipi?
3. Ko'p bosqichli kompressorlarning ishlash printsipini tushuntiring.
4. Bir va ko'p bosqichli kompressorlarda sarflangan ish qanday xisoblanadi?
5. Markazdan kochma kompressorlarning ishlash printsipini tushuntiring.
6. Real kompressorlarda effektiv quvvat qanday aniqlanadi?
7. Ko'p bosqichli kompressorlarni siqishda olinadigan issiqlik miqdori qanday aniqlanadi?

8-MAVZU: ICHKI YONUV DVIGATELLARI SIKLLARI.

Reja:

1. Ichki yonuv dvigatellarining tarixiy rivojlanishi, asosiy parametrlari.
2. Issiqlik izoxorik beriladigan ($\vartheta = \text{const}$) tsikli IYOD, P ϑ va TS diagrammasi F.I.K.
3. Issiqlik izobarik (P = const), beriladigan siklli IYOD, P ϑ va TS diagrammasi F.I.K.

Tayanch iboralar.

Bug` mashinasi; olov kuchi; Karno sikli; siqish darajasi; bosimning ortish darajasi; oldindan kengayish; Otto sikli; dizel sikli; Trinklar sikli; issiqlik berish; issiqlik olish; diagrammalar; F.I.K.

Issiqlik - kuch qurilmalarining bir necha turi mavjud bo`lib, ulardan: IYoD gaz trubinali qurilmalar reaktiv dvigatellar, bug`-kuch qurilmalari, termoelektrik qurilmalar, termoelektron qurilmalar, magnitogidrodinamik (MGD) qurilmalar sikllarini o`rganamiz.

1970-80 yillarga qadar, mexanik ishning asosiy manbasi bug` mashinasi edi. Uning F.I.K. juda kichik bo`lganligi uchun ham xalq xo`jaligi ehtiyojini qondira olmadi. Ko`plab davlatlarning olimlarini ilmiy izlanishlari natijasida yangi dvigatel paydo bo`ldi. Bu dvigatel ichida yonilgi yondirilib undan hosil bo`lgan gaz bosimi ta'siri ostida porshen xarakatga keladi. Bunday mashina, ya'ni silindr ichidagi porshen ostida yonilgi bevosita yonishidan xarakatlanadigan mashina ichki yonuv dvigateli deb ataladi.

IYoD ning yaratilishida 1824 yilda Sadi Karno tomonidan yaratilgan nazariya asos bulib xizmat kildi. U uzining «Olovning xarakat kuchi tug`risida fikrlar» asarida, jumladan shunday deb yozilgan edi. Biz uylaymizki, agarda havoni nasos bilan siqib, keyin uni yopiq kameraga kiritilsa va unga biror mexanizm yordamida oz miqdorda yonilg`i qo`shib uchqunlatilsa va keyin shu silindrning o`zida yoki boshqa yopiq kengayuvchi qurilmalarda gazning porshenga ta'sir etishiga imkon yaratilib, shundan so`ng uni atmosferaga yoki uning issig`idan foydalanish uchun bug` qozoniga surib chiqarish maqsadga muvofiqdir.

1860 yilda Frantsuz mexanigi Lenuar uchqunlanuvchi gaz bilan ishlaydigan IYoD larini yaratdi. uning f.i.k. kichik bo`lganligidan rivojlanmay qoldi. S Karnoning yuqoridagi fikrlariga mos keladigan xolda qurilgan dvigateliga 1862 yil Frantsuz injeneri Bo-de Rosha patent oldi.

1877 yil Nemis injeneri Otto benzinda ishlaydigan IYoDni kurdi. Uning ishlash printsipti Bo-de Rosha taklif etgan printsipti asosida edi.

1897 yilda Nemis injeneri dizel yuqori siqish darajali dvigatel yaratdi. Unda kerosin ishlatilib, havoni yuqori bosimda siqib, silindrga uzatib beradigan kompressordan foydalanildi. Dizelning bu dvigateli rus injenerlari tomonidan ko`p marta takomillashtirildi va zamonaviylashtirildi.

1893 yilda injener Mamin tomonidan yonilg`i mexanik sachraladigan-kompressorsiz, xul-neftda ishlaydigan yuqori siqish darajasiga ega bo`lgan dvigatel yaratdi.

1898 yil Peterburgdagi «Nobel» zavodida xul-neft bilan ishlaydigan dvigatel ishlab chiqildi.

1903 yilda shu zavodda og`ir yonilg`ida ishlaydigan birinchi dvigatel ishlab chiqarildi.

1904 yilda Rus injeneri G.V. Trinkler tomonidan kopressorsiz dvigatel yaratilgan bo`lib, yonilg`ining yonishi bir qismi o`zgarmas hajmda va qolgan bir qismi o`zgarmas bosimda amalga oshiriladi. Bunday dvigatel xozirgi paytda butun dunyoda keng tarqalgan. Barcha zamonaviy IYoDlari 3 gruppaga bo`linadi.

O`zgarmas hajmda yonilg`i tez yonadigan

1. O`zgarmas bosimda yonilg`i asta-sekin yonadigan.

2. Bir qismi o'zgarmas hajmda va 2-qismi o'zgarmas bosimda ya'ni aralash yonadigan turlarga bo'linadi.

Har qanday IYoDlari sikllarining asosiy xarakteristikasi yoki parametrlariga quyidagi o'lchamsiz kattaliklar kiradi:

a) Siqish darajasi E bilan belgilanadi.

$$E = \frac{g_1}{g_2} \quad (7,1)$$

U ishchi jism boshlang'ich hajmining (g_1) siqishdan keyingi hajmiga nisbatiga teng. (g_2).

b) Bosimning ortish darajasi (λ).

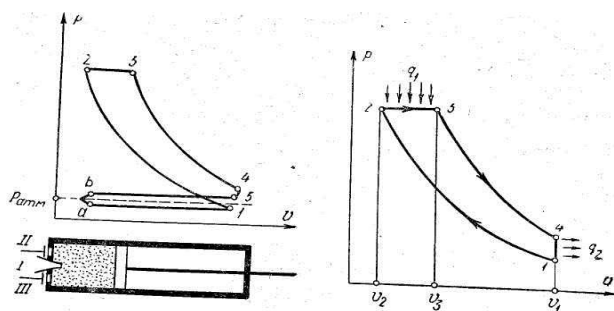
$\lambda = P_3 / P_2$ U izoxarik issiqlik berish jarayonidagi boshlang'ich va oxirgi bosimlar nisbatlarini bildiradi.

v) Oldindan kengayish darajasi yoki izobarik kengayish darajasi.

$P = g_3 / g_2$ Izobarik issiqlik berish jarayonida boshlang'ich va oxirgi hajmlar nisbatlarini bildiradi.

$V = \text{const}$ Issiqlik berilish sikli.

Real porshenli dvigatel



7.1.-rasm. a) indikator diagrammasi; b) Rv-diagrammasi.

Bu diagramma indikamerlik diagrammasi deyiladi.

Ushbu grafikdagi figuraning yuzi 1 sikl davomidagi bajarilgan ishga teng.

Bu grafik o'zgarmas hajmdagi va yonilg'inin tez yondiruvchi dvigatelga tegishli.

Ushbu dvigatellarning yoqilg'isi- benzin, spirt va x.k. bo'lishi mumkin.

1. 0 –chizig'i - surish chizigi, b-b boshqa porshen.

2. Ichki yonuv dvigatellari issiqlik dvigatellarining boshqa tiplariga karaganda ikkita muxim afzalikka ega.

Ichki yonuv dvigatellaridan texnikada ko'p foydalaniladi.

Porshenli ichki yonuv dvigatellari sikllarining uchta asosiy turi bo'ladi: Otto sikli, Dizel sikli, Trinkler sikli.

Otto siklini ko`rib chiqamiz. (bu siklni 1876 yilda amalga oshirgan nemis konstruktori N.A. Otto nomi bilan atalgan).

Otto sikli bo`yicha ishlaydigan dvigatel sxemasi va bu dvigatelning indikatoriy diagrammasi lasmda kursatilgan.

Otto sikli buyicha ishlaydigan dvigatel silindrdagi porshen bir siul davomida turtta yurish bajaradi - surish, siqish, aralashma yonib turgandan keyin kengayish, yonish mahsulotlarini atmosferaga chiqarish. Otto sikli termik f.t.k. ning kattaligini aniqlaymiz.

2-3 izoxorik jarayonda ish jismiga beriladigan issiqlik miqdori tenglama yordamida aniqlanadi:

$$Q_1 = C_g(T_3 - T_2)$$

4-1 izoxorik jarayonda ish jisimidan olinadigan issiqlik miqdori:

$$Q_2 = C_g(T_4 - T_1) \quad (7,2)$$

Bundan quyidagi umumiy ta'rifga binoan Otto siklining termik f.i.k. tenglama:

$$\eta_T = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (7,3)$$

Yordamida ifodalanishi kelib chiqadi.

Bo`lishi sharti bilan bu tenglamani quyidagi ko`rinishga keltirish mumkin:

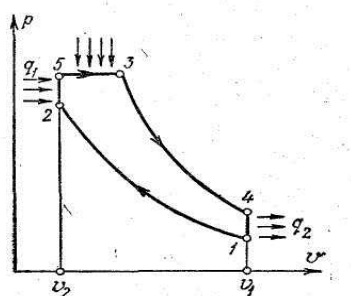
$$\eta_T = 1 - \frac{\frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} \cdot T_1}{T_2} \quad (7,4)$$

Ideal gaz uchun T -T nisbat adiabatik jarayonda munosabat

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{g_2}{g_1} \right)^{k-1} = \frac{1}{E^{k-1}} \quad (7,5)$$

Yordamida aniqlanadi.

Ish jismining siqilishidan oldingi va siqilishidan keyingi solishtirma hajmlari nisbatini bilan belgilaymiz.



7.2.-rasm. Pv- diagrammasi.

$$\varepsilon = \frac{g_1}{g_2} \quad (7,6)$$

Kattalik ε siqish darajasi deb ataladi.

Tenglamani hisobga olib () tenglamani quyidagi ravishda yozish mumkin.

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \quad \text{deb belgilasak.}$$

Yuqoridagi tenglamalarni hisobga olsak, Otto siklining termik f.i.k. uchun tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

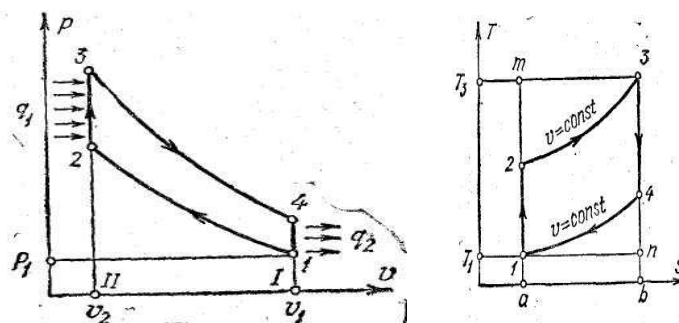
$$\eta_T = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \quad k=1.35 \quad (7,7)$$

Otto sikli bo'yicha ishlaydigan karbyuratorli dvigatellarda texnikada keng ko'lamda tarqalgan: ular engil mashinalarda va ko'pchilik yuk avtomobillarda, samalyotlarda qo'llaniladi.

3. Agar yonuvchi aralashma urniga toza havoni siqib, so'ngra esa chiqish jarayoni tugagandan keyin silindrga yonilg'i purkalsa u xolda siklda siqish darajasi ε ni oshirish mumkin. Dizel sikli (bu sikl bo'yicha ishlaydigan dvigatelni 1897 yilda kurgan nemis injeneri R.Dizel nomi bilan atalgan) ayni shu printsipga asoslangan.

Bu siklning termik f.i.k ni xisoblaymiz. (bu siklda ish jismi sifatida foydalaniladigan havoni avvalgidek o'zgarmas sig'imli ideal gaz deb xisoblaymiz).

Yana bitta belgilash -oldindan kengayish darajasini kiritamiz.



7.3.-rasm. a,6) Pv- diagrammalari.

$$p = \frac{g_3}{g_2}$$

Har qanday sikl termik f.i.k ning umumiy ifodasi.

$$\eta_T = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (7,8)$$

dan , 4-1 izoxorik jarayonda

$$Q_2 = C_v(T_4 - T_1) \quad (7,9)$$

ekanligini, 2-3 izobarik jarayonda esa.

$$Q_1 = C_p(T_3 - T_2) \quad (7,10)$$

Bo'lishini hisobga olib

$$\eta_T = 1 - \frac{C_g(T_4 - T_1)}{C_p(T_3 - T_2)} \quad (7,11)$$

ga yoki tenglamani hisobga olib

$$\eta_T = 1 - \frac{1}{k} \frac{\frac{T_4}{T_1} - 1}{\frac{T_3}{T_2}} \cdot \frac{T_1}{T_2} \quad (7,12)$$

ga ega bo'lamiz

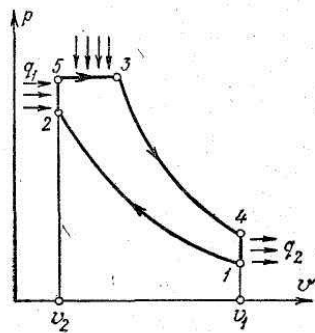
$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{g_2}{g_1} \right)^{k-1} = \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \quad \eta_T = 1 - \frac{1}{k} \cdot \frac{\rho^k - 1}{p - 1} \cdot \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \quad (7,13)$$

Ideal gaz izobarik jarayonida

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{g_3}{g_2} = p \quad \frac{T_4}{T_1} = \rho^k \quad (7,14)$$

havo oqimchasi yordamida changiydi.

Aralash yonuv sikli termik f.i.k. ning kattaligini aniqlaymiz. Umumiy munosabat:



$$\eta_T = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

7.4.-rasm. Pv - diagrammasi.

da kattalik Q_2 4-1 izoxora bo'yicha olinadigan issiqlik avvalgidek munosabat yordamida aniqlanadi:

$$Q_2 = C_g(T_4 - T_1)$$

Kattalik esa 2-5 izoxorik jarayonda beriladigan issiqlik va 5-3 izobarik jarayonda beriladigan issiqlik yig'indisidan iborat:

$$Q_1 = Q'_1 + Q''_1 \quad (7,15)$$

Bu erda:

$$Q'_1 = C_g(T_3 - T_2)$$

va

$$Q'_1 = C_p(T_3 - T_5) \quad (7,16)$$

bo'lishi ma'lum.

Bulardan aralash yonuv sikllarning termik f.i.k. uchun:

$$\eta_T = 1 - \frac{C_g(T_4 - T_1)}{C_g(T_5 - T_2) + C_p(T_3 - T_5)} \quad (7,17)$$

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Ichki yonuv dvigatellari nazariyasining asoschisi kim edi?
2. IYoD qanday turlari mavjud.
3. Sikish darajasi nima?
4. Otto sikli F.I.K. ifodasini keltiring.
5. Dizel siklidan rv va ts diagrammalarni yoddan tasvirlang.
6. Dizel siklining F.I.K. qanday topiladi?
7. Aralash sikl qaysi avtomobillarda qo'llaniladi?

9-MAVZU: GAZ TURBINALI QURULMALAR QURULMALAR SIKLLARI

Reja:

1. Yonilg'i $P = \text{const}$ da yonadigan gazoviy trubinalar.
2. Yonilg'i $V = \text{const}$ yonadigan gazoviy trubinalar.
3. Gaz trubinasi kurulmasining f.i.k.ni aniqlash.

Tayanch iboralar.

Gaz trubinasi; o'zgarmas bosimi; o'zgarmas hajmi; bosimning ortishi; izobarik kengayish; F.I.K.; berilgan issiqlik; olingan issiqlik; bosimning qo'shimcha ortishi.

Gaz trubinali kurilmalarda (GTK) ish jismi bulib, yokilgining yonishi tufayli xosil buladigan modda (gaz) xisoblanadi.

Termik foydali koefitsientning katta bo'lishi, ya'ni katta quvvatlarni kichik gabaritlarda to'plash imkoni borligi tufayli GTK lar boshqa kurinishdagi dvigatellardan keskin farq qilib (jumladan porshenli) juda istiqbolli dvigateldir.

GTK larning xozirgi vaqtda chekli qo'llanishiga sabab shuki, zamonaviy konstruksion materiallarning issiqlikka bardosh berishligi etarli bo'lganidan turbinaga nisbatan past temperaturada ishlaydi. Bu esa trubinalardan to'la foydalanmaslikka olib kelmoqda.

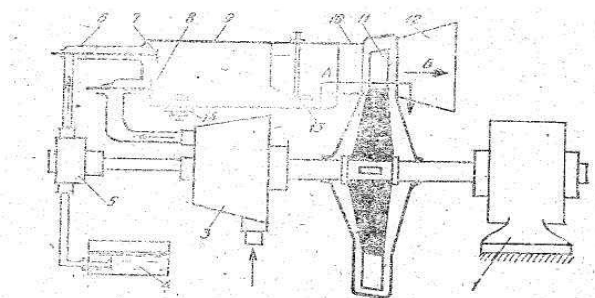
Xozirgi vaqtda yuqori temperaturalarda ishlaydigan o'rnatgichlarning ishonchliligi uncha yuqori emas.

GTK ning quvvatining 75^0 ga yaqin shu ustanovka sxemasiga kiradigan kompressorni ishlatishga sarf bo'lar ekan. Bundan kurinadiki kompressorlarni f.i.k.ni oshirmasdan turib, o'rnatgichlarning f.i.k. xaqida gapirish mumkin emas.

1. Xozirgi vaktida GTK larning 2 xili bor:
2. $P = \text{const}$ da yonadigan.
3. $\rho = \text{const}$ da yonadigan.

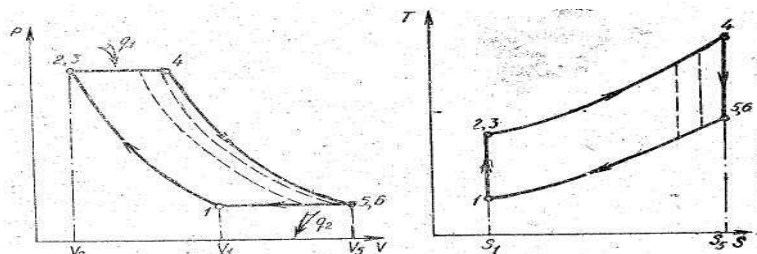
$P = \text{const}$ da yonadigan ideal GTK.

Umumiy valda gazoviy turbina 1, kompressor 2, yonilg'i nasosi 3, va energiya



58-расм. Ёқилғи $P = \text{const}$ бўлганда ёқиладиган ГТҚнинг схемаси: 1 — электр генератор; 2 — газ турбинаси; 3 — ҳаво компрессори; 4 ва 5 — ёқилғи баки ва насоси; 6 — ёқилғи труба; 7 — форсунка; 8 — сиқилган ҳаво труба; 9 — ёnish камераси; 10 — ёnish маҳсули оқимини йўналтирувчи аппарат; 11 — газ турбинаси кураклари; 12 — сопло.

istemolchisi (generator) 4 joylashgan. Kompressor atmosfera havosini suradi, uni kerakli bosimgacha siqadi va yonish kamerasi 5 ga yuboradi. Shu kamera ga yonilg'i nasosi bak 9 dan yonilg'i beradi. Yonilg'i yonish kamerasida $P = \text{const}$ da yonadi. Yonish maxsulotlari gazoviy turbina soplolari 6 da kengayib turbina kuraklari 7 ga kiradi, u shu erda ish bajaradi va so'ngra chiqarish patrubogi 8 orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi. Bu gazlar atmosfera bosimidan bir oz yuqori bo'ladi:



58-расм. Давоми. Иссиқлик $V = \text{const}$ бўлганда узатиладиган ГТ циклидаги термодинамик жараёнларнинг PV ва TS диаграммалари.

1-2 adiabatik siqish, 2-3 izobara bo'yicha ish jismiga issiqlik berish: 3-4 adiabatik kengayig; 4-1 izobara bo'yicha issiqlikni olish.

1. Siklning xarakteristikallari;

2. Bosim ortishi darajali;

$$\beta = \frac{P_2}{P_1}$$

Izobarik kengayish darajasi;

$$P = \frac{g_3}{g_2} \quad (8.1)$$

Berilgan issiqlik miqdori quyidagicha xisoblanadi;

$$q_1 = C_p(T_3 - T_2) \quad \text{Olinadigan issiqlik esa:}$$

$$q_2 = C_p(T_4 - T_1) \quad (8.2)$$

Tsiklning termik f.i.k.

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{C_p(T_4 - T_1)}{C_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} \quad \text{ёки} \quad \eta_t = 1 - \frac{1}{\beta \frac{K-1}{K}} \quad (8.3)$$

GTK larning $P = \text{const}$ da yonishda termik f.i.k. bosim ortishi darajasi β va адиабат кырсаткичи «K» ga bog'liq, ya'ni bu ko'rsatkichlar orqasida η_t ham ortadi.

Turbinalardan chiqqan ishlatilgan gazlarni turbinaga surilayotgan havoni isitish o'rnatgichlarida yoki kommunal xo'jalikda (suv isitish) ishlatish mumkin.

Turbina ish jismining kengayishida nazariy bajarga ish:

$$l_{THUj} = i_3 - i_4 \quad (8.4)$$

Xaqiqiy bajargan ishi esa:

$$l_i^T = i_3 - i_4' \quad (8.5)$$

GTK ning ichki nisbiy f.i.k.

$$\eta_i = \frac{l_i^T}{l_{THUj}} = \frac{i_3 - i_4'}{i_3 - i_4} \quad (8.6)$$

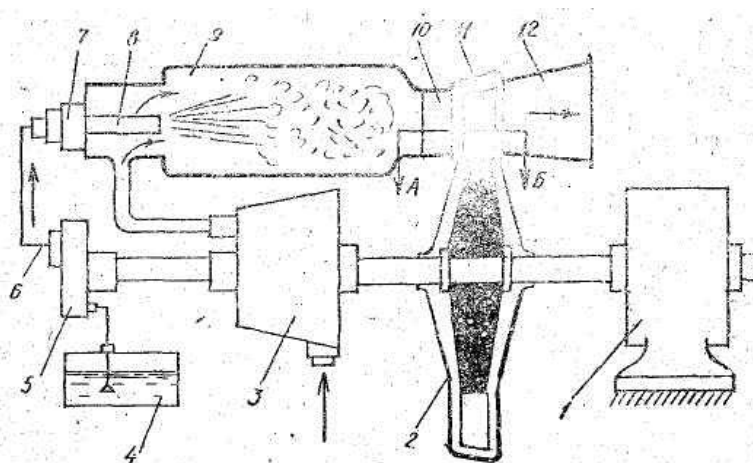
Xozirgi zamonaviy turbinalarda: $\eta_i = 0.1 - 0.4$ ga teng.

$$\text{F.I.K. ning effektivligi: } \eta_i = \frac{lg}{q_1 g} \quad (8.7)$$

lg - foydali ish, $l_1 g$ - sarflangan issiqlik

$$lg = (i_3 - i_4) \eta_{\text{мппб}} \cdot \eta_{\text{mec}} - \frac{i_2 - i_1}{\eta_{\text{ао}}^K} \quad (8.8)$$

V -const da yonishning ideal sikli.



60-расм. Ёқилғини ўзгармас ҳажмда ($V = \text{const}$) ёқадиغان турбина қурилмасининг схемаси: 1 — электр генератор; 2 — газ турбинаси; 3 — компрессор; 4 ва 5 — ёқилғи баки ва насоси; 6 — ёқилғи йўли; 7 ва 8 — ёқилғи ва ҳаво клапанлари; 9 — ёниш камераси; 10 — йўналтирувчи аппарат; 11 — иш кураклари; 12 — сопло; 13 — чиқариш клапани; 14 — ўт олдириш свечаси.

1-yonish kamerasi; 2-soplo klapani; 3-soplo; 4-gaz trubinasasi; 5-yonilg'i nasosi; 6-kompressor; 7-resiver (bosimni bir xil qilib beradi); 8-9 havo va yonilg'i berish klapanlari.

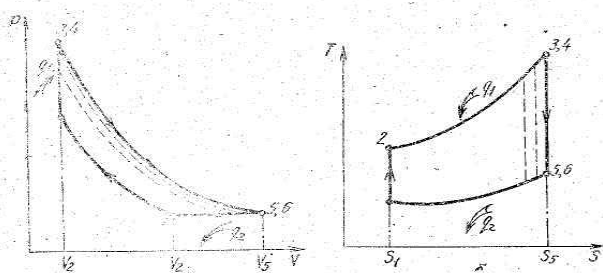
Trubinada yonish davriy bo'lishi uchun havo va yonilg'i boshqariladigan 8-9 klapanlar orqali beriladi. Yonish protsessi 2-8 klapanlar yopiq xolida o'tadi. Kamerada yonishni amalga oshirish uchun elektr ut oldirg'ichdan chiqadigan uchkundand foydalaniladi.

Yonish natijasida kameradagi bosim ortishi bilan soplo klapani yoqiladi va yonish mahsulotlari soplo 3 tomon yo'naladi. Soplodan issiqlik olib chiqayotgan gazlar gaz trubinasini aylanishga majbur qiladi va shu erda ish bajaradi.

1-2 -adiabatik siqish; 2-3 —issiqlikni izoxorik berish; 3-4 adiabatik kengayish; 4-1 izobarik issiqlik olish.

Tsikl xarakteristiklari:

1.Bosim ortishi darajasi:



61-расм. Ёқилғи $P = \text{const}$ бўлганда ёнадиغان ГТҚ циклидаги термодинамик жараёнларнинг PV ва TS диаграммалари.

$$\beta = \frac{P_2}{P_1} \quad (8.9)$$

2.Bosimning qo'shimcha ortish darajasi: $\lambda = \frac{P_3}{P_2} \quad (8.10)$

berilgan issiqlik miqdori: $q_1 = C_g(T_3 - T_2) \quad (8.11)$

$$\text{oling an issiqlik miqdori: } q_2 = C_p(T_4 - T_1) \quad (8.12)$$

$$\text{tsikl termik F.I.K. } \eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{C_p(T_4 - T_1)}{C_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{K(T_4 - T_1)}{T_3 - T_2} \quad (8.13)$$

$$\eta_t = 1 - \frac{K \left(\lambda^{\frac{1}{K}} - 1 \right)}{\beta^{\frac{K-1}{K}} (\lambda - 1)} \quad (8.14)$$

GTK ning termik f.i.k. η_t $\vartheta = \text{const}$ da yonishda K , β va λ ga bog`liq, ya'ni bu ko`rsatkichlar ortsa η_t ham oshadi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Gaz trubinali qurilmalarning (GTK) qanday turlar mavjud.
2. Uzgarmas bosimda yonadigan GTK ning ishlash printspini tushuntiring.
3. GTK ning $p\vartheta$ va τs diagrammasini tuza olasizmi?
4. GTK siklining F.I.K. qanday ifodalanadi?
5. O`zgarmas hajmda yonadigan GTK larning ishlash printsipini bilasizmi?
6. Tsiklning F.I.K. qanday ifodalanadi?

10-MAVZU: BUG- KUCH QURILMALARI SIKLLARI

R e j a:

1. Bug` kuch qurilmalarning ishlash printsipti.
2. Karno sikli. Prentsiptial sxemasi.
3. Renkin sikli. F.I.K. ga boshlang`ich va oxirgi параметрлар.

Tayanch iboralar.

Ishlash printsipti; suvdan foydalanish; Renkin sikli; Karno sikli; nam bug`; kompressor; uchlanma nuqta; F.I.K.;  $p\vartheta$  va  $\tau s$  diagrammalar; qizdirg`ich; kondensator.

Zamonaviy statsionar issiqlik energetikasida asosan issiqlik kuch bug` o`rnatgichlaridan foydalaniladi. Ish jism sifatida Bug` ishlatiladigan issiqlik-kuch o`rnatgichlari ularni gazsimon ish jism ishlatiladigan issiqlik-kuch o`rnatgichlaridan juda farq qildiradigan bir qator xususiyatlarga va afzalliklarga ega.

Issiqlik-kuch o`rnatgichlaridan eng ko`p ishlatiladigan ish jismi juda ko`p va arzon bo`lgan suvdur. Bug`-kuch o`rnatgichlarining ish jismlariga nisbatan quyiladigan o`ziga xos talablar bu o`rnatgichlar sikllarini effektivligini oshirish usullarini analiz qilish asosida 9.1. da ta'riflangan. Xozircha ish jismi atmosfera bosimi va temperaturasida suyuq xolatda bo`lsa yaxshi bo`lishini qayd qilib o`tamiz xolos.

Sikl davomida o`zining agregat xolatini o`zgartiradigan ish jismidan foydalanish Karno siklini amalda oshirishga imkon beradi.

Karno sikli ikkita adiabat va ikkita izotermadan iboratligini eslatib o`tamiz. Adiabatik jarayonlarni amalga oshirish amaliy jihatdan uncha qiyin emas. Siqish

jarayonlarining qaytmovchanligini sabab bo'ladigan real adiabatik kengayish va siqilish jarayonlarning izoenotropadan chetlashishi albatta sikl termik f.i.k. ning kamayishiga olib keladi, lekin bu kamayish uncha katta emas.

Bug` - kuch sikllarida ish butunlay boshqacha bo'ladi.

Modda okimi bo'ladigan xolda texnikaviy jihatdan eng oson amalga oshiriladigan issiqlik berish yoki olish jarayoni izobarik jarayonidir.

Karno sikli nam bug`da amalga oshiriladigan issiqlik - kuch o'rnatgichning sxemasi 9.1 -rasmida ko'rsatilgan.

Kandensatorda bug`dan issiqlik olish jarayoni o'zgarmas bosimda amalga oshiriladi.

Nam bug` kondensatordan keyin kompressor 5 ga keladi, unda bug` bosimigacha adiabatik siqiladi. Sungra nam bu yana qozonga keladi va sikl tutashadi.

Suv sikilmaydi.

K - kritik nuqta.

AK - pastki chegara chizig'i

KR - yukori chegara chizig'i: AA - qaynash.

Kritiki nuqtadan yukorida modda 2 fazali xolatda bulishi mumkin.

P V

AS- sublimatsiya chizigi.

AK - uyinish chizig'i.

AV- ergish chizig'i.

Uchta xolat muvozanatda bo'ladigan nuqtaga o'lchamli nuqta deyiladi.

A- o'lchamli nuqta.

X q const - qUruqlik darajasi doimiy chizig'i.

Nam bug`da amalga oshiriladigan Karno qaytar siklining termik F.I.K. istalgan boshqa jism vositasida amalga oshiriladigan Karno sikli kabi tenglama bilan aniqlanadi.

Nam bugda Karno sikli amalga oshiriladigan bug`-kuch ustanovkasiga xos bo'lgan, yuqorida aytib o'tilgan kamchiliklar, agar bug`ning hammasi to'la kondensatsiyalanmaguncha kondensatorda nam bug`dan issiqlik olinsa, qisman bartaraf qilinadi.

$$\eta_T = 0,52$$

Bunday siklni o'tgan asrning 50 yillarida Shotlandiyalik injener va fizik U. Renkin hamda R. Klauzislari karyib bir vaqtda taklif etdilar.

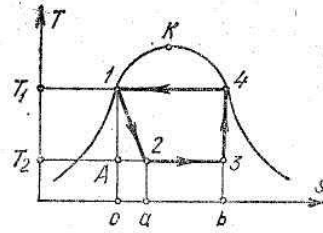
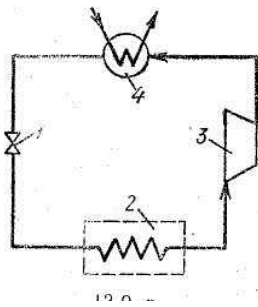
Termik f.i.k. nuqtai nazaridan Renkin sikli Karno sikliga qaraganda kam foydaliroq kurinadi, chunki siklni to'ldirish darajasi Renkin sikli uchun Karno sikliga nisbatan kichik bo'ladi.

Qayd qilib o'tilgan xolatlar tufayli taqqoslanayotgan sikllarning ichki absalyut F.I.K. lari taxminan bir xil bo'ladi.

Renkin siklining termik F.I.K. ni oshirish uchun qozonning maxsus elementi – bug` o'tkazdirgichda bugni o'tkazdirish deb ataladigan usul qullaniladi.

Bug` o'tkazdiriladigan Renkin sikli zamonaviy issiqlik energetikasida qullaniladigan issiqlik kuch o'rnatgichlarining asosiy siklidir.

9.2-rasm. a) Printsipial sxema; b) TS diagramma.



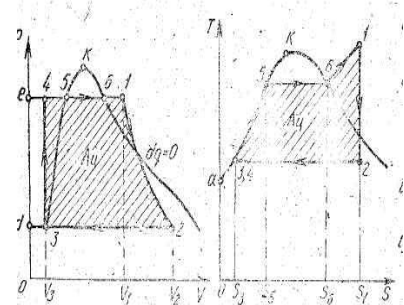
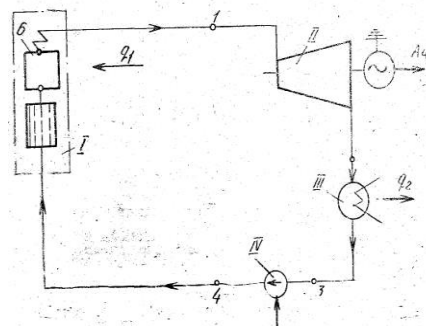
Renkin siklida issiqlik berish va olish jarayonlari izobaralar bo'yicha amalga oshirilishi, izobarik jarayonda esa berilgan issiqlik miqdori jismning jarayon boshi va oxiridagi entalpiyalari ayirmasiga teng bo'lishi tufayli, Renkin sikliga tatbiqan quyidagilarni yozish mumkin.

Bu munosabatlarni hisobga olib siklning termik F.I.K uchun umumiy tenglama:

$$\eta_T = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad (9.1)$$

RENKIN SIKLI.

$$\eta_t = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_2'} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_2'} \quad (9.2)$$



9.3-rasm. a) Printsipial sxema; 6) Pv va TS diagramma.

t_1 - o'tkir bug' entalpiyasi

t - ishlatilgan bug' entalpiyasi.

t_k - kondensat entalpiyasi.

1-2 - bugning turbinada adiabatik kengayishi; 2-3 - bug'ning kondensatorda kondensatlanishi; 3-4-5- suvni qaynashgacha qizdirish; 6-1 - bug'ni o'ta qizdirgichlarda o'ta qizdirish.

Misol: $P_1 = 42\text{bar}$; $X_1 = 0,96$

$P_2 = 0,04 \text{ bar}$:

$\eta_t = ?$

$i_1 = i_2 = 50$

$i_1 = 2720 \text{ kJ/kg}$

$i_2 = 1800 \text{ kJ/kg}$

$$\eta_t = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_2'} = \frac{2720 - 1800}{2720 - 50} \approx 0,3$$

Agar nasos bajargan ish $i_5 - i_3$ ning ega bo'lingan entalpiyalar ayirmasi $i_1 - i_2$ ga nisbatan juda kichik bo'lishi tufayli uni nazarga olinmasa, ya'ni $i_3 = i_5$ bo'ladi desak, u xolda tenglamani quyidagi kurinishda yozish mumkin.

$$\eta_r = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_3} \quad (9.3)$$

Bu munosabatdan past bosimli bug` kuch ustanovkalari siklini taxminan xisoblashda foydalanish mumkin. Yuqori bosimli ustaneovkalarida nasos ishi kattaligini nazarga olmasdan bo'lmaydi.

Renkin sikli termik F.I.K. ning kattaligi suv bugi parametrlariga kanday bog'liqligini aniqlaymiz.

Renkin siklining termik F.I.K birinchi navbatda bug`ning boshlang'ich parametrlariga bog'liq bo'ladi.

Agar bug`ning boshlang'ich temperaturasi  $T$  siklida o'zgarmasa bug` bosimi R ning ortishi ham sikl termik F.I.K ning ortishiga olib keladi. shunday qilib Renkin siklining F.I.K. ni oshirish uchun printsipl jihatdan olganda, bugning boshlang'ich parametrlarini oshirishga intilishi kerak.

$$\eta_t = \frac{T_{H1} - T_{H2}}{T_{H1}} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{(i_1 - i_0) - (i_2 - i_3)}{i_1 - i_0} \quad (9.4)$$

Bug`-kuch ustanovkalari Karno sikli bo'yicha ishlaganda anchagina kamchiliklari bor:

2-3 jarayonda bug` kondensatsiyalash to'la bo'lmaydi;

tsilindr hajmlari boshlang'ich parametrlardan oshib ketadi;

kompressorni ishlatishga sarf bo'lgan xaqiqiy ish nazariy ishdan ko'p; bu xaqiqiy ishning ko'pchiligi- ichki yo'qotishlar evazigadir.

Shu yo'qotishlar xaqiqiy ishni 50%ga oshirish mumkin.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Issiqlik bug`-kuch qurilmalarining foydalanish soxalarini aniqlang.
2. Issiqlik bug`-kuch qurilmalarining qanday turlari mavjud.
3. Uchlanma nuqta nima?
4. Renkin siklida ishlaydigan qurilmaning sxemasini tuzing.
5. Renkin siklining p va ts diagrammalarini tuzishni bilasizmi?
6. Renkin siklining F.I.K. qanday ifodalanadi?
7. Karno siklida ishlaydigan bug`-kuch qurilmasi p va ts diagrammalarini tuzing.
8. Karno siklining F.I.K. qanday ifodalanadi?

11-MAVZU: SOVITISH QURILMALARI SIKLLARI

R e j a:

1. Teskari issiqlik sikllari va jarayonlari.
2. Sovitish qurilmalari. (havoli va bug` kompression sovitish qurilmalari sikllari).

Tayanch iboralar.

Teskari sikl; sovitish koefitsienti; xladoagenit; havoni sovitish; detander; sovitish hajmi; kompressor; sovitgich; bo`g` kompression; reduksion vintel; ammiak; frionlar.

Jismlarni atrofdagi muhit xaroratidan past xaroratgacha sovitish teskari issiqlik sikli bo`yicha ishlaydigan sovitish qurilmalari yordamida amalga oshiriladi.

Teskari sikl xaqidagi tushuncha oldin 2 va 3 mavzularda kiritilgan edi. Siqish ishi kengayish ishidan ortiq bo`lgan va keltirilgan ish hisobiga issiqlik past xaroratli manbaidan yuqori xaroratli manbaga uzatiladigan sikl teskari sikl deb atalishini eslatib o`tamiz.

Bundan keyin sovitish sikllarini analiz qilishda issiqlik dvigatellari uchun qabul qilingan belgilashlardan foydalanishni shartlashib olamiz: sovuq manbadan olinadigan issiqlikni Q_2 bilan, siklda keltiriladigan ishni esa L_u bilan tegishlicha 1 kg ish jismiga q_1, q_2 ba L_u bilan belgilaymiz.

Ma'lumki:

$$Q_1 = Q_2 + L_u \quad (11.1)$$

Ya'ni teskari jarayonda qizigan manbaga sovuq manbadan olinadigan issiqlik q_2 va siklda keltiriladigan ish L_u ga ekvivalent bo`lgan issiqlik yig`indisiga teng bo`lgan issiqlik q_1 beriladi.

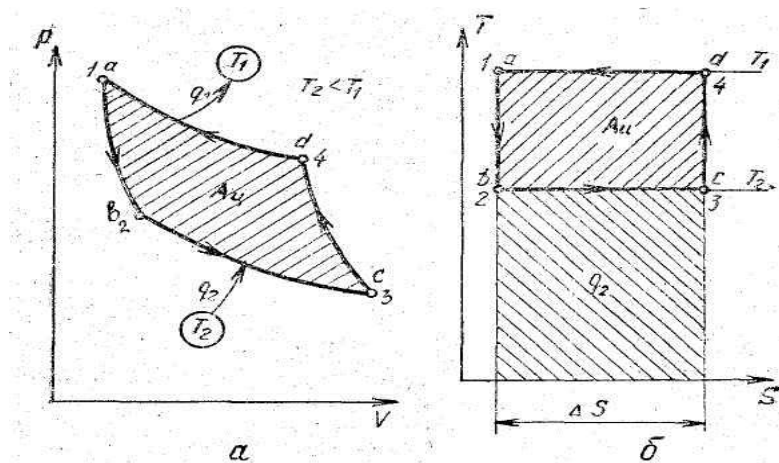
Sovitish qurilmasida issiqlik - kuch qurilmasidagi kabi ish jismini siquvchi qurilma (kompressor yoki nasos) va jism (sovitish qurilmalarining ish jismlari xladoagentlar deb ataladi) kengayadigan qurilma bo`ladi: ish jismi foydali ish bajarib (porshenli mashinada yoki turbomashinalarda) kengayishi va foydali ish bajarmasdan kengayishi, ya'ni printsiptial qaytmas (drossellash yo`li bilan) bo`lishi mumkin. Sovitish qurilmalarida ish jismi (xladoagent) ning ish bajarib kengayishi jarayonida uni sovitish uchun ishlatiladigan mashinalar detanderlar deb ataladi.

Sovitish ustanovkasi siklining effektivligini xarakterlash uchun sovitish koefitsienti deb ataladigan koefitsient ε qo`llaniladi: u quyidagicha aniqlanadi:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{L_u} \quad (11.2)$$

Yoki (11.1) ni hisobga olsak:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \quad (11.2a)$$



87-расм. Карно совитиш циклининг PV ва TS диаграммалари.

bo`ladi.

Agar 9-mavzuda kiritilgan siklda beriladigan va olinadigan o`rtacha issiqlik xarorat tushunchasidan foydalanilsa, u xolda quyidagicha yozish mumkin:

$$Q_2 = T_{\text{сер}}^{\text{ypm}} \Delta S; \quad Q_1 = T_{\text{олиш}}^{\text{ypm}} \Delta S;$$

Bu erda: $T_{\text{сер}}^{\text{ypm}}$ – sovuq manbadan xlodoagentga beriladigan o`rtacha issiqlik xarorati;

$T_{\text{олиш}}^{\text{ypm}}$ -xlodoagentdan qizigan manbaga olinadigan o`rtacha issiqlik xarorati;

ΔS -tsiklning chekkka nuqtalari orasida entropiyaning o`zgarishi;

bu munosabatlarni hisobga olgan xodda yuqoridagi tenglamani quyidagi ko`rinishda yozish mumkin:

12.1-расм.

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{сер}}^{\text{ypm}}}{T_{\text{олиш}}^{\text{ypm}} - T_{\text{сер}}^{\text{ypm}}} \quad (11.3)$$

Kattalik ε qiymati qanchalik yuqori bo`lsa, sovitilayotgan jismni shunchalik kam sarflash kerak. Sovitish koeffitsienti tushunchasidan termik f.i.k ga o`xshash faqat qaytar sovitish sikllarini analiz qilishda foydalanamiz.

(11.2) tenglamadan $l_{\text{ини}}$ munosabat: $l_y = Q_1 \eta_T$

yordamida q_1/q_2 ni esa munosabat

$$\eta_T = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

yordamida almashtirib

$$\varepsilon = \frac{1}{\eta_T} - 1 \quad (11.4) \quad \text{ga ega bo`lamiz.}$$

Issiqlik - kuch qurilmalarining asosiy xarakteristikalaridan biri qurilma quvvatining kattaligidir. Sovitish qurilmalariga kelsak, ular sovuqlik ishlab chiqaruvchanligi - sovitilayotgan ob'ektidan birlik vaqt ichida olinadigan issiqlik miqdori bilan xarakterlanadi. Sovuqlik ishlab chiqaruvchanlik, odatda kJ\soat larda ulchanadi.

3-mavzuda Karno qaytar sikli amalga oshiriladigan ideal sovitish qurilmasi sikli ko'rib chiqilgan edi. $T_{\text{KH3.MAH.}}$ xaroratli qizigan manba bilan $T_{\text{COB.MAH.}}$ xaroratli sovuq manba orasida amalga oshiriladigan bu siklda xolati T,S - diagrammada nuqta 1 bilan tasvirlanadigan siqilgan xladoagent (gaz yoki bo'g') 1-2 adiabat bo'yicha qaytar kengayib ish bajaradi (masalan, porshenni ko'chirib). Adiabatik kengayishi protsessida xladoagent xarorati T_1 va T_2 gacha pasayadi. Xladoagentning xarorati to kattalik T_2 ga teng bo'lmagunga qadar uni adiabatik kengayishi davom etadi.

$$T_1 \text{ ba } T_2 = T_{\text{COB.MAH.}} - dT$$

So'ngra xladoagent 2-3 izoterma bo'yicha kengaytiriladi ($T_2 = \text{const}$) izoterma bo'yicha), kengayish jarayonida xladoagentga quyidagi issiqlik beriladi:

$$Q_2 = T_2 (S_3 - S_2) \quad (11.5)$$

Nuqta 3 ga erishilgandan keyin xladoagent T_2 xaroratdan T_1 xaroratgacha adiabatik siqiladi. Xarorat T_1 quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$T_1 = T_{\text{HCC.MAH.}} + dT$$

So'ngra xladoagentdan qizigan issiqlik manbaiga quyidagi izotermik ($T_1 = \text{const}$) issiqlik olib berish jarayoni amalga oshiriladi.

$$Q_1 = T_1 (S_4 - S_1) \quad (11.6)$$

Issiqlik olish hisobiga xladoagentning solishtirma hajmi kamayadi va xladoagent boshlang'ich xolati 1 ga qaytadi. Sikl tutashadi. $S_1 = S_2$ ba $S_3 = S_4$ ekanligini hisobga olib (13,5) va (13,6) tenglamalardan:

$$l_{II} = Q_1 - Q_2 = (T_1 - T_2)(S_3 - S_2) \quad (11.7)$$

ga ega bo'lamiz. So'ngra bu tenglamalar munosabatlarni hisobga olib Karno qaytar sovitish sikli uchun yuqoridagi tenglamadan:

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad (11.8)$$

ga ega bo'lamiz.

Berilgan o'zgarmas xaroratlar intervalida amalga oshiriladigan barcha sovitish sikllaridan eng effektiv Karno qaytar sovitish sikli ekanligini ko'rsatish qiyin emas.

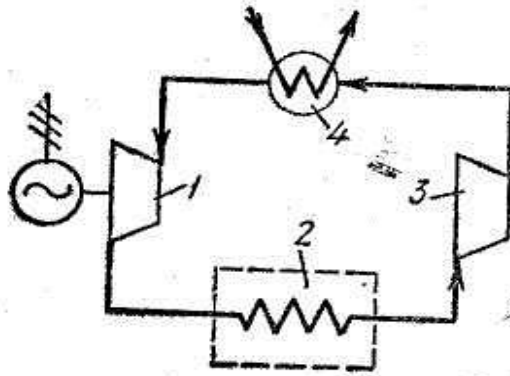
Issiqlik kuch sikllaridagidek real sovitish qurilmalari siklining Karno siklidan farq qilishi tabiiydir. Sovitish qurilmalarining turli sxemalari bo'yicha amalga oshiriladigan qaytar sikllari quyida ko'rib chiqiladi.

Sovitish ustanovkalari xladoagent turi bo'yicha ikkita asosiy gruppaga bo'linadi.

1. Gazli (jumladan havoli) sovitish qurilmalari: havoli sovitish qurilmasida havo to'yinish chizig'idan uzoq bo'lgan xolatda bo'ladi;
2. Bo'g'li sovitish qurilmalari, ularda xladoagent sifatida turli moddalarning bo'g'laridan foydalaniladi.

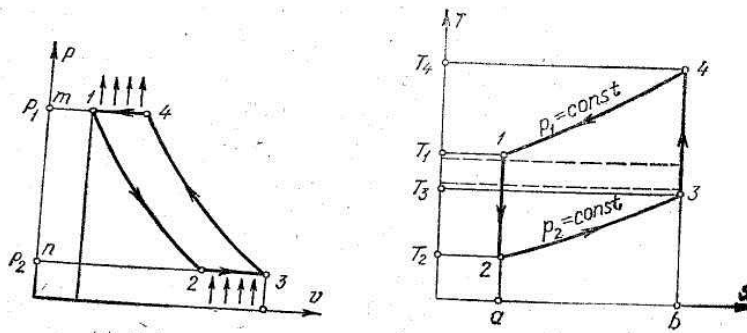
Havoli sovitish ustanovkalari sikli.

Havoli sovitish ustanaovkasi amalda ishlatiladigan sovitish ustanovkasi



tiplaridan eng birinchisi bo`lgan.

Havoli sovitish ustanovkasining sxemasi quyidagi rasmda ko`rsatilgan.



11.2.-rasm. a) Printsipial sxema; b) Pv va TS diagramma.

Xladogent (xavo) detander 1 da p_1 bosimdan p_2 bosimgacha kengayib ish bajaradi; bu ishni detander tashqi iste'molchiga (masalan, detander bilan birlashtirilgan elektrik generator yordamida elektr energiyasi ishlab chiqarib) beradi. Detanderda adiabatik kengayish natijasida T_1 xaroratdan T_2 xaroratgacha sovitilgan havo sovitiladigan hajm 2 ga kirib, undan issiqlik oladi. Sovitiladigan hajmda havoga issiqlik berish protsessi o`zgarmas havo bosimida ( $p_2 = \text{const}$ ) sodir bo`ladi. Havo xarorati butun izobarik issiqlik olish protsessi davomida sovitilgan hajm xaroratidan kam bo`lgandagina sovitiladigan hajmda issiqlik olish imkoni bo`ladi. Printsip jihatdan olganda hvoning sovitilgan hajmdan chiqishdagi xarorati T_3 sovitilayotgan jismlar xaroratiga tenglashishi mumkin; amalda esa bu xarorat bir oz past bo`ladi. Havo sovitilgan hajmdan chiqqanidan keyin proses 3 ga yuboriladi, bu erda havo bosimi  $p_2$  dan  $p_1$  gacha oshiriladi (bunda havo xarorati  $T_3$  dan  $T_4$  gacha ortadi). Kompressorda siqilgan havo sovitgich 4 ga kiradi. Sovitgich sirtiy tipdagi issiqlik almashtirgichdan iborat bo`lib, undan sovitgich orqali sirkulyatsiya qilinadigan sovituvchi suvga issiqlik berilishi natijasida havo xarorati pasayadi. Printsip jihatdan olgan havoli sovitgichdan chiqqandagi xarorat

T_1 ni sovutuvchi suv xaroratiga istalgancha yaqinlashtirish mumkin, lekin amalda havo xarorati sovitiluvchi suv xaroratidan har doim bir oz yuqori bo'ladi. Sovitgichda protsess o'zgarmas havo bosimida ($p_1 = \text{const}$) sodir bo'ladi.

Havoli sovitish ustanovkasi siklining p - T -diagrammada tasvirlangan quyidagi rasmda keltirilgan.

pacm

Bu erda: 1-2-havoning detanderda adiabatik kengayish protsessi; 2-3-sovitilgan hajmda izobarik issiqlik olish protsessi; 3-4-kompressorda siqish protsessi; 4-1-havoni sovitgichda izobarik sovitish protsessi. Bu diagrammada 3-4-1-havoning siqish chizig'i, 1-2-3-kengayish chizigi. Kompresorni yuritish uchun sarflanadigan ish $m \cdot 4-3-n-m$ yuza bilan, detanderda havo bajaradigan ish $m \cdot 1-2-n-m$ yuza bilan tasvirlanadi. Binobarin, havo sovuqlik ustanovka siklida sarflanadigan l_{u} ish 1-2-3-4-1 yuza bilan tasvirlanadi.

Bu sovitish ustanovka siklining T - s -diagrammada tasvirlanishi quyidagi rasmda ko'rsatilgan.

Bu diagrammada 1-2-havoning detanderda adiabatik kengayishi; 2-3-sovitilgan hajmdagi izobarik protsess; 3-4-havoning kompressorda adiabatik siqish protsessi va 4-1-sovitgichdagi izobarik protsess.

Havoni o'zgarmas issiqlik sig'imli idial gaz deb hisoblab quyidagiga ega bo'lamiz:

$$q_2 = c_p(T_3 - T_2) \quad \text{ba} \quad q_1 = c_p(T_4 - T_1) \quad (11.9)$$

q_2 va q_1 larning bu qiymatlarini 11.2a tenglamaga quyib, havoni sovitish ustanovkasining sovitish koefitsienti uchun quyidagi ifodani olamiz:

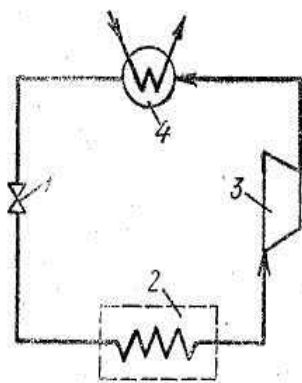
$$\varepsilon = \frac{T_3 - T_2}{(T_4 - T_1) - (T_3 - T_2)} \quad (11.10)$$

Yuqoridagi tenglamalar T_1/T_2 ni almashtirib havoli sovitish ustanovkasi siklining sovitish koefitsienti uchun quyidagi ko'rinishdagi ifodaga ega bo'lamiz:

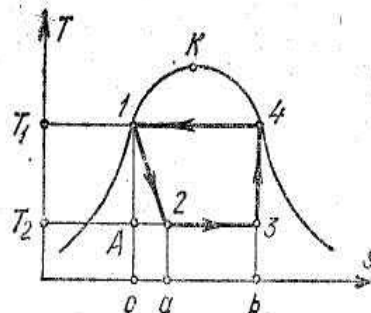
$$\varepsilon = \frac{1}{\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1} \quad (11.10)$$

Bo'g' kompression sovitish ustanovkasining sikli

Sovitish muhiti sifatida oson qaynovchi biror suyuqlikning, ya'ni atmosfera bosimida qaynash xarorati $t_s \leq 0^\circ\text{C}$ bo'lgan suyuqlikning nam bo'g'idan foydalanilsa, sovitish ustanovkasida isilik berish va olishni izotermalar bo'yicha amalga oshirish mumkin.



11.3-rasm. a) Printsipial sxema;



6) TS diagramma.

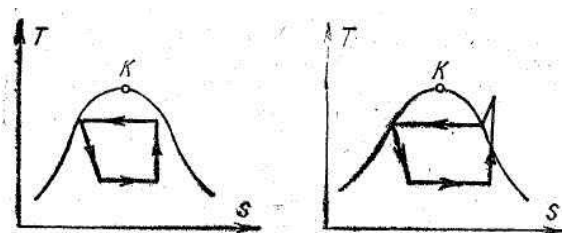
Kompressor 3 da p_1 bosimgacha siqilgan nam bo'g' sovitgich (kondensator) 4 ga kiradi, u erda sovituvchi suvga issiqlik berish hisobiga bo'g' kondensatlanadi. Kondensatlanish protsessi 4-1 izobara-izoterma bo'yicha sodir bo'ladi va kondensatordan T,s-diagrammada nuqta 1 ga mos keladigan tuyinish xolatidagi suyuqlik chiqadi.

Bosim p_1 va xarorat T_1 da (T, s- diagrammadagi nuqta, 11.5-rasm) suyuqlik drossel ventili (yoki, ba'zan aytishlaricha, reduksion ventill 1 ga yo'naltiriladi 11.6 rasm), bu erda suyuqlik p_2 bosimgacha drossellanadi. Reduksion ventildan nam bo'g' chiqadi, uning xarorati T_2 va quruqlik darajasi kichik bo'ladi. Reduksion ventilda qaytmas drossellash protsessi T, s-diagrammada 1-2chiziq bilan tasvirlangan.

Nam bo'g' reduksion ventildan chiqqandan keyin sovitilib turadigan hajmga joylashtirilgan bo'g'latkich 2 ga keladi (11.6-rasm), bu nam bo'g' tarkibidagi suyuqlik sovitilayotgan jismlardan olinadigan issiqlik hisobiga bo'g'lanadi: bunda nam bo'g'ning quruqlik darajasi ortadi. Sovitilayotgan jismdan sovitish muhitiga issiqlik berishning izobarik-izotermik protsessi 11.5-rasmdagi T, s-diagrammada 2-3 chiziq bilan tasvirlangan. Bosim p_2 ni shunday tashlash kerakki, bu bosim mos bo'lgan tuyinish xarorati sovitilayotgan hajm xaroratidan bir oz past bo'lsin. Reduksion ventill, detandardan farqli ularoq, sovitilayotgan hajmdagi xaroratni reduksion ventillning ochilish darajasiga bog'liq bo'ladi.

Buglatgichdan kuruklik darajasi yuqori bo'lgan bo'g' kompressorga yuboriladi, bo'g' bu erda p_2 bosimdan p_1 bosimgacha adiabatik siqiladi. Adiabatik siqilish protsessi (T, s-diagrammadagi 3-4 chiziq 11.5-rasm) bo'g'ning quruqlik darajasi ortadi va, shunday kilib, kompressordan tuyingan quruq bo'g' chiqadi; eslatib o'tish kerakki, ustanovkaning turli ish rejimlari kompressordan chiqayotgan bo'g'ning xolati tuyinish soxasida ham, uzatish xolatida ham bo'ladigan xollar uchrashi mumkin (11.7-rasm). So'ngra bo'g' kondensator 4 ga yuboriladi va shu bilan sikl tutashadi.

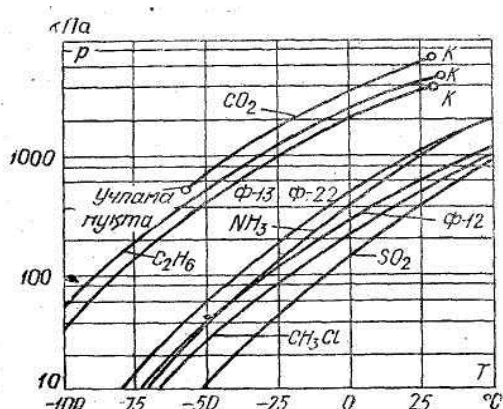
Bunday ustanovka bo'g'-kompression ustanovka deb ataladi.



11.4-rasm. a, б) TS diagramma.

Ammiak NH_3 yaxshi sovitish muhitlari jumlasiga kiradi. $T_1=20^\circ \text{C}$ da ammiakning tuyingan bo'g'i bosimi 857 kPa ($8,74 \text{ kgk/sm}^2$) ni tashkil etadi.

11.8-rasmdagi garvikdan ko'rinishicha, metil xlorid CH_3Cl ham yaxshi sovitish muhitidir. Ayrim xollarda sovitish muhiti sifatida etan (C_2H_6) dan foydalaniladi; sulfat angidrid (SO_2) juda zaxarli bo'lgani uchun ishlatilmaydi.



11.5-rasm. Sovitish muhiti jadvali.

Sovitish muhitlari sifatida freonlar-eng oddiy tuyingan uglevodorodlarning (asosan, metannig) ftor-xlorli xosilalari borgan mari ko'p ishlatilmoqda. Freonlarning boshqa sovitish, muhitlaridan farqi shuki, ular ximiyaviy turgin, zaharli bo'lib ($T < 200^\circ \text{C}$ da), konstruksion materiallar bilan o'zaro ta'sir etmaydi. Turli xil freonlarning atmosfera bosimida qaynash xarorati xaroratlarning keng intervalida o'garadi. Masalan, atmofera bosimida freon-14 (CF_4) $T=-128^\circ \text{C}$ da qaynaydi.

Freonlar ichida eng ko'p tarqalgan freon-12 bo'lib, uy-ro'zg'or xolodilniklarida foydalaniladi. freon-12 o'zining texnikaviy xossalari jihatidan ammiakka o'xshaydi, lekin uning bo'g' hosil qilish issiqligi ammiaknikidan kichik bo'ladi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Sovitish qurilmalarining foydalanish soxalarini keltiring.
2. Sovitish sikli qanday amalga oshiriladi?

3. Sovitish koeffitsienti nima?
4. Xlodoagenitning vazifasi nima?
5. Sikl ishi qanday ifoda bilan topiladi?
6. Gazli sovitish qurilmalarining ishlash printsipi?
7. Bo`g`li sovitish qurilmalarining ishlash printsipi
8. Sovitish moddalaridan qaysilari hozirda keng foydalaniladi?

12-MAVZU: ISSIQLIK ALMASHISH

R e j a:

1. Issiqlik uzatish turlari. Fure qonuni.
2. Bir va ko`p qavatli tekis devorlarning issiqlik o`tkazuvchanligi.
3. Bir qavatli silindrik va sharsimon devorning issiqlik o`tkazuvchanligi.
4. Issiqlik o`tkazuvchanlikning asosiy qonunlari.

Tayanch iboralar.

Issiqlik uzatish; issiklik o`zgaruvchanlik; konvektsiya; nurlanish; issiqlik almashish; bir qavatli devor; ko`p qavatli devor; silindrik devor; Fure qonuni; sharsimon devor; xarorat farqi; xarorat gradienti; elementar maydon; issiqlik oqimi.

Issiqlik uzatish turlari. Fure qonuni.

Jismlar va jism qismlari orasida issiqlikni bir-biriga uzatish xodisasi issiqlik almashinuv deyiladi. Issiqlik almashish jarayoni qattiq, suyuq va gaz xolatdagi jismlarda sodir bo`lishi mumkin. U fizika-mexanik sharoitida turli-tuman va juda murakkab jarayondir. Issiqlik almashish tabiatda quyidagi usullar bilan amalga oshadi. Issiqlik o`tkazuvchanlik, konvektsiya va nurlanish yoki reaksiya yo`llari bilan issiqlik almashishning bunday formalari o`z yo`nalishi bo`yicha turli xil va turlicha qonunlar orqali tavsiflanadi.

Issiqlik o`tkazuvchanlik jarayoni turli xaroratli jismlar yoki jismlar kislmlarning bir-biriga bevosita tegib turishi o`tkazuvchanlik, zamonaviy fizika qarashlariga asosan, issiqlik uzatishning mazkur jarayoni hisoblanadi. Metallarda bunday issiqlik uzatish uchun erkin elektronlar katta rol uynaydi. Biror metall tayoqchaning bir uchidan ushlab turib, ikkinchi uchidan alangada qizdirsak, bir oz vaqt o`tgandan so`ng ushlab turilgan birinchi uchini ham isiy boshlashini sezamiz. Suv olingan kastyulkani plita ustiga quysak, avval kastyulka devorlari isib, undan so`ng suv isiy boshlaydi. Shunga o`xshagan ko`pgina issiqlik uzatish xodisalarini misol tariqasida keltirish mumkin. Bu misollar quyidagicha tushuntiriladi. Issiqlik berilayoigan jismini tashkil qilgan molekulalarning xarakat tezligini ortib xaroratsi ko`tariladi. Bu molekulalarning tartibsiz xarakatlari tufayli qo`shni jism yoki jismlarini tashkil qiluvchi molekulalar bilan tuqnashib, ularga o`z energiyalarining bir qismini beradi, ikkinchi jism molekulalarining energiyasi ortadi. Bu xolda issiqlik jismning qatlamidan-qatlamigacha erkin elektronlar orkali uzatiladi. Bunday issiqlik uzatilishi issiqlik o`tkazuvchanlik deb ataladi. Issiqlik o`tkazuvchanlik yo`li bilan issiqlik almashish jismning fizik xususiyatiga, geometrik ulchamlariga va turli qismlar orasidagi xaroratlar farqiga ham bog`liq bo`ladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik real jismlarda uzatilishida bir qator qiyinchiliklar sodir bo'ladi. Bulardan birinchi issiqlikning faqat jism yoki sistemaning o'zidan tarqalmasligi, ya'ni atrof-muhitga ham anchagina qismning sarflanishi bo'lsa, ikkinchi sistema yoki jismlarning konfiguratsiyasining ham turli xilda bo'lishidir.

Issiqlik almashishning ikkinchi ko'rinishi, konvektsiya deb atalib, u faqatgina gaz va suyuqliklarda sodir bo'ladi. Bunday issiqlik almashish jarayoni isitilgan gaz va suyuqliklar to'la masalalarning bir xilda isitilmaganligidan ularning aralashish natijasida sodir bo'ladi.

Issiqlikni konvektsiya yo'li bilan uzatish intensivligi, suyuqlik va gaz molekulalarining xarakat tezligi qancha yuqori bo'lsa, vaqt birligi ichida shuncha tez aralashadi. Ularda issiqlik uzatish doimo issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan amalga oshadi, chunki molekulalar tez xarakatlanib qo'shni molekulalarga urilishi natijasida o'z issiqligining bir qismini beradi va bu butun hajm buylab tarqaladi.

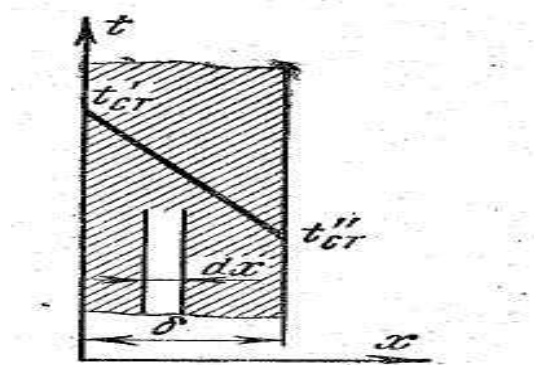
Suyuqlik va gazlar isitilganda avval issiqlik manbai yaqin bo'lgan qatlam tez qazib kengayadi, uning zichligi kamayadi, natijada yuqoriga qalqib chiqib boshlaydi, uning zichligi yuqoriroq qatlam egallaydi va o'z navbatida isitish molekulalar o'z issiqligidan boshqa molekulalarga urilishi natijasida o'tkazuvchanlik yo'li bilan o'z issiqlikligidan beradi. Bir vaqtning o'zida konvektsiya va o'tkazuvchanlik yo'li bilan issiqlik almashish konvektiv issiqlik almashish deyiladi. u erkin va majburiy bo'lishi mumkin. Agar uning tezligi sun'iy yo'l bilan (ventilyator, kompressor, aralashtirgichlar yordamida) amalga oshirilsa, bunday konvektiv almashishni majburiy deb ataladi. Agar molekulalarning xarakati yoki qismlar almashish ketma-ketligi bilan amalga oshsa bunday konvektiv almashish erkin yoki tabiiy issiqlik almashishning keyingi ko'rinishi nurlanish yo'li bilan issiqlik almashish bo'lib, bunda ikki jism ya'ni alohida-alohida ko'rinishga va xarakatga ega bo'lgan jismlar orasida sodir bo'ladi. Bunda biror bir jismning ichki energiyasidan bir qismi elektromagnit tulqiniga aylanadi. Bu tulqin muhitga tarqaladi va ikkinchi bir jism tomonidan yutiladi. Taqqoslaganda uncha qattiq bo'lmagan xaroratli issiqlik almashish asosan infrakizil nurlar yordamida amalga oshiriladi.

Biz yuqorida ko'rib chiqqan issiqlik, almashishning uchala ko'rinishining yig'indisi murakkab issiqlik almashish deyiladi. uning qonuniyatlari o'rganish ancha qiyinchiliklar to'g'iradi. Shuning uchun alohida-alohida bo'lim sifatida o'rganilib, keyin umumlashtirilsa ancha tushunarli bo'ladi.

Bir va ko'p qavatli tekis devorlarning issiqlik o'tkazuvchanligi.

Bir qavatli devorning issiqlik o'tkazuvchanligini ko'rib chiqaylik, bu erda devorning uzunligi va kengligi « δ »qalinlikdan cheksiz katta.

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F(t_g' - t_g'')\tau, [cek] \quad (12.1)$$



12.1.-rasm Bir qavatli devor

Q –issiqlikning umumiy miqdori.

λ –issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti;

τ -vaqt oralig'i; δ -devor qalinligi;

F - бир =аватли девор юзаси: $(t_g'-t_g'')$ - хароратлар фар=и.

Issiklik apparatlarda devorlar bir kavatli emas, balki turli materiallardan tuzilgan kup kavatli devorlar buladi. Shu xol uchun, devorlar bir-biriga jips yopishib turibdi deb faraz qilib, tenglama tuzamiz: murakkab devorning issiqlik o'tkazuvchanligining tenglamasini aloxida bir qavatli devorning issiqlik o'tkazuvchanligi tenglamasidan keltirib chiqarish mumkin. Lekin bu xolda istalgan bir jinsli bo'lmagan izotermik yuzalar orqali o'tuvchi issiqlik oqimi bir xil deb qabul qilishimiz kerak bo'ladi.

Bu masalani echish uchun 3 qavatli devorni kurib chiqaylik. Har bir qavat kalinligi $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ larga teng. Ularning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti esa $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ Tashki qavatlardagi temperaturalar t_g', t_g'' . Har bir qavat uchun issiqlik oqimi:

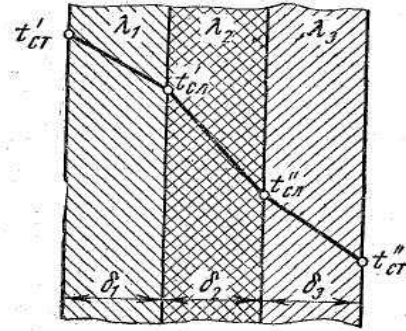
$$Q_1 = \frac{\lambda_1}{\delta_1} F(t_g' - t_{k'}) \quad (12.2)$$

$$Q_2 = \frac{\lambda_2}{\delta_2} F(t_{k'} - t_{k''}) \quad (12.3)$$

$$Q_3 = \frac{\lambda_3}{\delta_3} F(t_{k''} - t_g'') \quad (12.4)$$

$t_{k'} - t_{k''}$ -qavatlar orasidagi t lar

12.2-rasm. Uch qavatli devor



O'zgartirishlardan keyin:

$$Q = \frac{F(tg'' - tg')}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}}; [Bm] \quad (12.5)$$

Yoki istalgan sondagi qavatlar uchun:

$$Q = \frac{F(tg' - tg'')}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}; [Bm] \quad (12.6)$$

$\frac{\delta}{\lambda}$ -nisbatni termik qarshilik deyiladi. (bir qavat uchun)

$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ -esa ko'p qavatli tekis devorning to'la termik qarshilishi deyiladi.

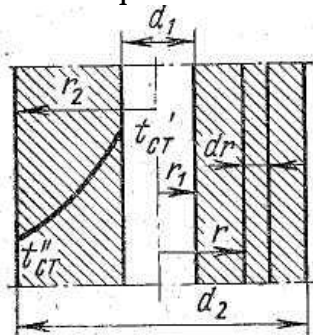
Ko'p xollarda ko'p qavatli ko'p jinsli devorlarni bir jinsli bir qavat devor deb xisoblab, keltirib chiqadigan tenglikka ekvivalent koeffitsientni quyib xisoblaganda $\lambda_{\text{эК}}$

$$Q = \frac{\lambda_{\text{эК}} F(tg' - tg'')}{\sum_{i=1}^n \delta_i}; [Bm] \quad (12.7)$$

Bir qavatli o'zgarmas issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlik devorning temperatura o'zgarishi to'g'ri chiziq bo'ylab o'zgaradi, ko'p qavatlida esa temperatura grafigi siniq chiziqlardan iborat.

Bir qavatli silindrik devorning issiqlik o'tkazuvchanligi.

12.3-rasm. Bir qavatli silindrik devor.



t_g' va t_g'' temperaturalari o'zgarishsiz silindrik truba olamiz. Temperatura o'zgarishi radius yo'nalishidadir. Shuning uchun issiqlik oqimi ham radialdir.

"r" – silindr koordinatasi. O'qdan "r" masofadagi F yuzasi $2\pi r l$ ga teng bo'ladi. Devor ichida "r" radiusli qalinlikdagi devor ajratamiz.

Shunday xolda issiqlik oqimi o'tayotgan bu yuzalarni bir xil deb qabul qilib bu (elementlar) sodd qavatni tekis devor deb qabul qilish mumkin. Yuzalar temperaturalari farqi cheksiz kichik va dt ga teng.

$$\text{Fure qonuniga asosan: } Q = -\lambda F l \frac{dt}{dr} \quad (12.8)$$

$$\text{Yoki aylana qavat uchun: } Q = -\lambda 2\pi r l \frac{dt}{dr} \quad (12.9)$$

O'zgartirishlarni amalga oshirib quyidagini hosil qilamiz:

$$Q = \frac{l(t_g' - t_g'')}{\frac{1}{2\pi\lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}}; [Bm] \quad (12.10)$$

Truba birlik uzunligidagi issiqlik oqimi:

$$dl = \frac{Q}{l} = \frac{2\pi\lambda(t_g' - t_g'')}{\ln \frac{d_2}{d_1}}; [Bm] \quad (12.11)$$

Ko'p qavatli silindrik devor uchun:

$$Q = \frac{2\pi l(t_g' - t_g'')}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \dots + \frac{1}{\lambda_n} \ln \frac{d_{n+1}}{d_n}} = \frac{2\pi l(t_g' - t_g'')}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (12.12)$$

Sharsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanligi.

Issiqlik manbai shar ichiga joylashgan bo'lib, issiqlik o'zgarishi faqat radius yo'nalishida bo'ladi:

$$Q = -\lambda F \left(\frac{dt}{dr} \right) = -\lambda 4\pi r^2 \left(\frac{dt}{dr} \right), \text{ integrallasak}$$

$$Q = \frac{4\pi\lambda(t_g' - t_g'')}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)} = \frac{2\pi\lambda(t_g' - t_g'')}{\left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right)} \quad (12.13)$$

Бу ерда : r_1 –sharning ichki radiusi:

r_2 -sharning tashqi radiusi:

t_g' -sharning ichki yuzasi temperaturasi:

t_g'' -sharning tashqi yuzasi temperaturasi.

Issiqlik o'tkazuvchanlikning qonuni.

Har qanday jism yoki sistemada issiqlik tarqalishi uchun jism yoki sistemaning xar xil qismlarida temperaturalar farqi bo'lishi lozim.

Issiqlikni o'tkazuvchanlik bilan issiqlik o'tkazishda shunday sharoit bo'lishi kerak, chunki jismning har xil nuqtalardagi temperaturaga gradusi nolga teng bo'lmasligi kerak.

Issiqlik miqdori (dQ), elementar maydon (dF) dan utuvchi izotermik tekislikda joylashgan, ma'lum vaqt ($d\tau$) va temperatura gradienti orasidagi bog'liqlikni Fure va temperatura gradienti orasidagi bog'liqlikni Fure qonuni orqali topiladi.

$$dQ = -\lambda dF \text{grad} t d\tau = -\lambda dF d\tau \left(\frac{dt}{dr} \right) \quad (12.14)$$

(-)-ishora temperatura gradienti kattaligi kamayuvchi ekanligini bildiradi.

λ -issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti deyiladi.

bir izotermik tekislikdan bir vaqtda o'tayotgan issiqlik miqdori, issiqlik okimining mustaxkamligi deyiladi va Bm^2 larda o'lchanadi.

Issiqlik oqimi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$Q = \int_F Q dF = - \int_F \lambda dF \left(\frac{dt}{dr} \right) \quad (12.15)$$

Vaqt birligi ichida ixtiyoriy o'lchamli tekislikdan o'tgan issiqlik miqdori quyida formuladan topiladi.

$$Q = \int_0^\tau \int_F \lambda dF d\tau \left(\frac{dt}{dr} \right).$$

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Issiqlik o'zatishning qanday turlari mavjud.
2. Gaz va suyuqliklar isitilganda, issiqlik tarqalish qonunini bilasizmi?
3. Bir qavatli devorning issiqlik o'tkazuvchanlik ifodasini keltiring.
4. Ko'p qavatli devorning issiqlik o'tkazuvchanlik ifodasini keltiring.
5. Fure qonuni ma'nosi nima?
6. Sharsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanlik ifodasini tushuntiring.
7. Issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonunlari nimalardan iborat

13-MAVZU: ISSIQKQLIK O'TKAZUVCHSNIK. KONVEKTSIYA.

R e j a:

1. Konvektiv usulda issiqlik almashish nazariyasi.
2. Suyuqliklarning issiqlik uzatish xususiyatlari.

Tayanch iboralar.

Konveksiya; issiqlik o'tkazuvchanlik; konvektiv issiqlik uzatish; Rentalds soni; tortishish kattaligi; Fure qonuni; Nyuton-Rixman tenglamasi.

Konveksiya usulida issiqlik almashish gaz va suyuqliklardagina sodir bo'ladi va butun hajm bo'yicha issiqlikni aralashib ketishi natijasida issiqlik uzatiladi. Issiqlik uzatishning konveksiya usuli doimo o'tkazuvchanlik bilan bog'liq. Konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlikning xamkorlik jarayoni konvektiv issiqlik almashish deb ataladi.

Konveksiya usulida issiqlik almashish majburiy yoki erkin bo'lishi mumkin.

Majburiy issiqlik almashishida suyuqlik yoki gazning xarakat tezligi sun'iy amalga oshiriladi. Erkin issiqlik almashish usulida esa suyuqlik yoki gazning xarakati, uning isishi natijasida amalga oshadi va zichligi o'zgaradi.

1884 yilda S. Reynolds tajribalar natijasida suyuq oqimining har xil qonunlarga buysunuvchi, ikki xil kurinishi aniqlandi. Birinchi kurinishda suyuqlik qismlarining bir-biriga nisbatan faqat paralel trazitoriy bilan butun oqim davomida to'g'ri kelishini aniqladi. Bunday teskari xarakatni laminar xarakat deyiladi. Suyuqlik xarakatning ikkinchi kurinishi turbulent xarakat deb ataladi, bunday suyuqlik katlamida doimiy aralashish sodir bo'ladi. Suyuqlik xarakatining laminardan turbulentga o'tishida kanalda qarshilik ortib boradi.

Suyuqlik xarakatining aylanish trubada xarakatlanishini S.Reynolds soni deb ataladi, quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$R_e = \frac{wd}{\nu} \quad (13.1)$$

Bunda: R_e –Reynolds soni

w – suyuqlikning o'rtacha tezligi: (m/s)

d -truba diametri (m):

ν -suyuqlikligi kinematik qovushqoqlik koeffitsienti (m²/s)

Suyuqlik xarakatining xarakteri, issiqlik uzatish intensivligiga ta'sir qiladi. Laminar rejimda issiqlik faqat o'tkazuvchanlik yo'l bilan ko'rsatiladi. Issiklikni bunday uzatilishining suyuqlikning fizik xususiyatlariga, geometrik o'lchamlarida kanalning tuzilishiga bog'liq bo'ladi.

Suyuqlikning turbulent xarakatiga issiqlik uzatish qatlamlar aralashish natijasida truba devorlariga perpendikulyar urilib o'tkazuvchanlik yo'li bilan uzatiladi.

Suyuqlik va gaz issiqlik tashuvchilar sifatida texnikada turli xildagi vositalardan foydalaniladi. Havo, suv, gaz, moy, neft, spirt, simob, eritilgan metallar va boshqalar. Ularning fizik xususiyatlari har xilligidan uzatish jarayoni ham turli xildadir.

Issiqlik uzatish jarayoni ham quyidagi parametrlar katta ta'sir ko'rsatadi: issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti- λ solishtirma issiqlik sig'imi – S , zichlik- P , temperatura uzatish koeffitsienti – d , va dinamik qovushkoklik koeffitsienti μ .

Issiklik uzatishda issiklikning qovushqoqligi katta o'rin tutadi, chunki katlamlar orasida doimiy ichki tortishish kuchi mavjud bo'lib, suyuqlikka ko'rsatilayotgan qarshilik qancha katta bo'lsa, yoki suyuqlik qancha sekin xarakatlansa, issiqlik uzatish shuncha katta bo'ladi.

Devor birligiga nisbatan qatlamlar orasidagi tortishish kattaligi, Nyuton qonuniga asosan quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$S = \mu \left(\frac{dw}{dn} \right) \quad (13.2)$$

μ -proportsianallik koeffitsienti, (m/s²)

dw/dn –suyuqlik xarakat tezligi gradienti.

μ -dinamik qovushqoqlik qancha katta bo'lsa, suyuqlik oqimi shuncha kichik bo'ladi. Suyuqlik qovushqoqligi xarorat ko'tarilish bilan kamayib boradi. Gazlarda bo'lsa xarorat ortishi bilan qovushqoqlik ortib boradi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Konvektsiya nima?
2. Issiqlik o'zgaruvchanlik qanday xolatda gaz boradi?
3. Rentolds soni qanday jarayonga tadbiiq etiladi?
4. Issiqlik uzatish qovushqoqligi deganda nimani tushunasiz.
5. Nyuton-Rixman tenglamasining mazmuni nimadan iborat.

14-MAVZU: NURLANISH ORQALI ISSIQLIK ALMASHISH

R e j a:

1. Issiqlik nurlanishining umumiy ma'lumotlari.
2. Issiqlik nurlanishining asosiy qonunlari.

Tayanch iboralar.

Uzatish koefitsienti; nurlanish zichligi; absalyut qora; Plank qonuni; Stefan-Boltsman; Kirxgof qonuni; Lambert qonuni.

Nurlanish energiyasi molekulalar va atomlarning ichki murakkab jarayonlarida sodir bo'ladi. Barcha nurlar bir xil usulda elektromagnit to'lqinlar vositasida atrof-muhitga tarqaladi. Issiqlik nurlanishining manbasi isitilgan jismning ichki energiyasi hisoblanadi. Elektromagnit to'lqinlar bir-biri bilan yoki to'lqinlar uzunligi yoki bir sekundda chastotasi bilan farq qiladi.

Agar to'lqin uzunligi(λ) o'zgarishi chastotasi (N) bilan belgilasak, unda turli xildagi nurlar tezligi (w) absalyut vakuumida $w=\lambda N=300000 \text{ km.sek.}$ Issiqlik nuri $\lambda=0,8\div 40\text{mkm.}$

0°K dan yuqori bo'lgan barcha jismlar o'zidan doimiy nurlanish orqali energiya chiqarib yoki yutib turadi, demak tashqi muhit bilan doimiy issiqlik almashib turadi. Jismlar temperaturasi muvozanatlashgan xolatda nurlanish yo'li bilan boradigan energiyasi, oladigan energiyasiga teng bo'ladi.

Spektral nurlanish ko'pchilik qattiq va suyuq jismlarda sodir bo'ladi. Nurlar turli xildagi to'lqin uzunliklariga ega bo'ladi. Spektral gazlarda chiziqli xarakterga ega bo'lib, ular turli xildagi uzunliklariga ega bo'lmaydi. Bunday nurlanish reaktiv nurlanish deb ataladi. Gazlarning nurlanishi hajmi xarakterga ega. Meloni tajribasiga asosan, turli tulkin uzunlikda jism sirtidan tarqalayotgan nurlanish yig'indisi integral nurlanish deb ataladi. (Q)

Birlik yuzadan tarqalayotgan integral nurlanish oqimi jism entegral nurlanishning zichligi deb ataladi. U Bt/m^2 larda o'lchanadi.

$$E = d Q/dF \quad (14.1)$$

Q –jismning (dF) yuzasidan chikarilayotgan elementlar nurlanish okimi.

Barcha jismlar faqatgina nurlanmasdan balki boshqa jismlar tomonidan tarqalayotgan nurlarni yutish va o'tkazib yuborish mumkin. Agar jismlar tushayotgan nurlanish energiyasi kattaligining (Q) aniqlaydigan bo'lsak, bunday

energiyaning bir qism (R) jism tomonidan yutiladi, bir qismi (A) qaytadi, bir qismi esa o'tkazib yuboriladi (D).

Bunda $Q = Q_a + Q_r + Q_d$ ekanligi kelib chiqadi.

$$A + R + D = 1 \quad (14.2)$$

Ko'pchilik qattiq jismlar tushayotgan nurni o'zidan o'tkazmaydi. Bunda tenglik quyidagi ko'rinishga esa bo'ladi.

$$A + R = 1, \quad D = 0$$

Agar sirtga tushayotgan barcha nur yutilsa $A=1$, $R=0$, $D=0$ bo'lsa, bunday yuza ayusalyut qora deb ataladi.

Agar tushayotgan barcha nur yuza tolmonidan kaytarilsa $A=0$, $R=1$, $D=0$ bo'lsa, bunday yuza absalyut oq deb ataladi. Tabiatda absalyut qora va oq yuzalar bo'lmaydi, lekin o'rganish real yuzalar bilan taqqoslashda katta yordam beradi.

Plank qonuni - absalyut qora ($I_s \lambda$) va ixtiyoriy real jism (I_λ) nurlanish intensivligi xaroratga va to'lqin uzunligiga bog'liq bo'ladi. Berilgan xaroratda absalyut qora jism, barcha to'lqin uzunligidan ($\lambda=0$ dan $\lambda=\infty$ gacha) nur tarqatadi, lekin spektraldagi energiya taqsimoti turli xil bo'ladi.

Plank nazariy jihatdan nurlanishning elektromagnit tabiatdan va kvant energiyasidan foydalanib absalyut qora jismning temperatura va to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lgan, nurlanish intensivligi qonunini yaratdi. U quyidagi formula bilan ifodalanadi.

$$I_s \lambda = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1} \quad (14.3)$$

Bunda: e-natural logarifm asosi: $C_1 = 3,74 \cdot 10^{-16}$ Bt/m² Plankning birligi doimiysi grad

$$C_2 = 1,44 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{град.} - \text{Plankning ikkinchi doimiysi,}$$

λ -to'lqin uzunligi, m

T-nurlanayotgan jism temperaturasi, °K

Stefan-Boltsman qonuni 1879 yilda Stefan absalyut qora jism nurlanish energiyasini absalyut temperaturani to'rtinchi darajasiga to'g'ri proportsional ekanligini aniqladi.

$$U = d T^4 \quad (14.4)$$

1884 yilda Boltsman termodinamikani ikkinchi qonunida foydalanib bu qonunni nazariy yo'l bilan tasdiqlanadi va bu tenglik Stefan Boltsman qonuni deb ataladi.

$$\text{Bundan: } d = 7,64 \cdot 10^{-16} \text{ Ж/(m}^3 \text{ (}^0\text{K)}^4$$

Muvozanatdagi nurlanish xajmiy zichlik (U) va integral nurlanish zichligi (E) orasida quyidagi bog'liqlik mavjud.

$$U = 4 \cdot E / C \quad (14.5)$$

Bunda S-fotonlarning xarakat tezligi, vakuumdagi yorug'lik tezligiga teng. Ikkala tenglikdan quyidagi kelib chiqadi.

$$E = (a \cdot c / 4) T^4 \text{ yoki } E = \sigma T^4$$

$$\sigma = a \cdot c / 4 = 5,77 \cdot 10^{-8} \text{ Bt / [m}^2 \text{ (}^0\text{K)}^4] \quad (14.6)$$

σ –absalyut kora jism uchun S-B ning nurlanish doimiysi.

«Texnika» adabiyotlarida Stefan-Boltsman qonuni quyidagicha yoziladi:

$$E_s = C_s (T/100)^4 \quad (14.7)$$

Bunda S_s -absalyut qora jismning nurlanish koefitsienti amaliy xisoblashlardagina qulayroq bo'lishi uchun B_T/M^2 , $\kappa B_T M^2$ ga aylantirib olinadi.

$$E_s = 5,77 (T/1000)^4 \kappa B_T / M^2$$

Kirxgof qonuni - turli jismlar uchun nurlanish energiyasi va energiya yutilishi, temperatura va to'liq uzunligiga bog'liq bo'ladi.

Turli jismlarni nur chiqarish va nur yutish orasidagi bog'liqlikni Kirxgof qonuni orqali topiladi (E va A) ya'ni qora va sariq jismlarning nurlanish va nur yutish qobiliyatlari orasidagi bog'liqlikni aniqlaydi.

$$Q = E - E_s A \quad (14.8)$$

E –qora jism tomonidan yutilgan energiya

$E_s A$ –sariq jism tomonidan yutilgan energiya

Temperaturalar tenglashganda ($T_{\pi} = T_s$) issiqlik oqimi bo'ladi.

$$\text{Bundan: } E = E_s A \text{ yoki } E/A = E_s = E_s/A_s = C_s (T/100)^4$$

Bu tenglik ixtiyoriy jism uchun foydalanish mumkin bo'lgan Kirxgof qonunining matematik ifodasidir.

Lambert qonuni jismdan nurlanayotgan energiyaning atrofga tarqalish intensivligi turlichadir. Nurlanish energiyasining yo'nalishiga bog'liqlikni ifodalaydigan qonun. Lambert qonuni deb ataladi.

Bu formula chegarali gazlar orasida nurlanish yo'li bilan issiqlik almashishni hisoblash uchun asosiy formulada hisoblanadi:

$$d^2 Q_{\phi} = \frac{\varepsilon}{\pi} C_o (T/100)^4 dw \cos \phi dF_1 \quad (14.9)$$

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Nurlanish zichligi deganda nimani tushunasiz.
2. Nurlanish intensivlash ifodasini keltiring (Plank konuni).
3. Stefan-Bolsman qonunining mazmuni nimadan iborat.
4. Kirxgof ifodasini tushuntiring.
5. Lambart qonunining mazmunini ifodalang.

15-MAVZU: ISSIQLIK ALMASHISH APPARATLARI.

R e j a:

1. Issiqlik almashish qurilmalarining vazifasi, klassifikatsiyasi va sxemalari.
2. Issiqlik almashish qurilmalarining hisoblash usullari, (konstruktsiya va issiqlik hisobini tekshirish).
3. Issiqlik almashish qurilmalarining asosiy gidrodinamik hisobi.
4. Issiqlik almashish qurilmalarini xisoblash, optimallashtirish va modellashtirish jarayonlarida EVM ning qo'llanishi.

Tayanch iboralar.

Bug` qozonlari; kondensatorlar; ichki yonuv dvigatellari; radiatorlar; suyuqlik yo'nalishi; termik qarshilik; uzatish koefitsienti; balans tenglama; yuza o'lchami; o'rtacha temperatura; izotermik jarayon.

Amaliyotda-pechlarning yoqish qismida, ichki yonuv dvigatellarida va boshqa turli xildagi issiqlik almashish qurilmalarida, bir vaqtda ikkita yoki ba'zi xollarda uch ko'rinishda xam issiqlik uzatiladi (konvektiv, issiqlik o'tkazuvchanlik va nurlanish).

Kattik devorli qurilmalarda issiqlik uzatishning usuliy termik qarshiligi quyidagi formula bilan topiladi:

$$R = \frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (15.1)$$

Bunda: $\sum(\delta/\lambda)$ -ko'p qavatli devorlarda, qavatlar qarshiliklarining yig'indisini bildiradi.

α_1 va α_2 -issiqlik berish ko'effitsienti

R-issiqlik uzatish ko'effitsinenti deyiladi va

K [Bt/m²K] ga teng.

$$k = \frac{1}{R} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum \left(\frac{\delta}{\lambda} \right) + \left(\frac{1}{\alpha_2} \right) \right)} \quad (15.2)$$

Silindrik devorlar uchun ancha murakkab ko'rinishiga ega bo'ladi. 1 m uzunlikdagi trubalar uchun:

$$k = \left(\frac{1}{\alpha_1 \alpha_2} + \sum \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2} \right) \quad (15.3)$$

qattiq kovurgali devorlar uchun:

$$k = \left[\left(\frac{1}{\alpha_1} \right) + \left(\frac{\delta}{\lambda} \right) + \frac{1}{m \alpha_2} \right]^{-1} \quad (15.4)$$

Bunda: $m = F_2/F_1$ —qovurgali yuzaning qovurgasiz yuzaga nisbati.

Yupqa devorli metallarning M: trubaning issiqlik o'tkazuvchanlikka qarshiligi (δ/λ) kichik bo'lganligi (yuqoridagilarga nisbatan) hisobga olmasa ham bo'ladi.

U xolda

$$k = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1} = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad (15.5)$$

R ni bilan xolda, solishtirma issiqlik oqimini xisoblash osonlashadi.

Bunda kurinib turibdiki, bir suyuqlikdan devor orqali ikkinchisiga 1 m² yuzaga C da xaroratlar farqi 1 K da uzatiladigan issiqlik miqdorini anglatuvchi issiqlik berish ko'effitsienti- k ga teng. k, Q va t_1 va t_2 ni bilgan xolda, ixtiyoriy ko'p qavatli devor yuzasidagi xaroratni topish mumkin.

$$t_{cm,1} = t_1 - Q \left(\frac{1}{\alpha_1} \right) \quad (15.6)$$

$$t_{cm,2} = t_1 - Q \left(\frac{1}{\alpha_1} \right) - Q \left(\frac{\delta}{\lambda} \right) = t_{cm,1} - Q \left(\frac{\delta}{\lambda} \right) \quad (15.7)$$

Issiqlik almashish qurilmalariga bug`-qozonlari, pechlari, gaz va bug` kizdirgichlar, kondentsatorlar, yadro reaktorlari, generatorlari va boshqalar kiradi.

Issqlik almashish qurilmalarini xisoblashda to`g`ri oquvchi va qarama-qarshi oquvchi turlariga e'tibor beriladi. Issiklik uzatish va issiqlik balansi tenglamalari asosiy xisoblash tenglamasi bo`lib xizmat qiladi.

$$\text{Улап } Q = K (t_1 - t_2) F \quad (15.8)$$

$$Q = M^r Cp^r (t_1^r - t_2^r) = M^x Cp^x (t_2^x - t_1^x) \quad (15.9)$$

Bunda: M^r ba M^x Cp^x va Cp^r - devor orqali issiqlik almashish jarayoniga qatnashuvchi, issiqlik va sovuq issiqlik utkazuvchilarining sarf massasi va izotarik issiqlik sig`imi.

F_1^r va F_2^r , t_1^x va t_2^x -kirish va chiqishdagi issiqlik uzatuvchilarning mos xaroratlari yuqoridagi tenglikdan hosil qilish mumkin.

$$\left(\frac{(M^r Cp^r)_{\min}}{(M^x Cp^x)_{\max}^2} \right) \left(\frac{t_2^x - t_1^x}{t_1^r - t_2^r} \right)$$

yoki

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{\Delta t^x}{\Delta t} \frac{\text{чикши}}{\Delta \text{кируши}} \quad (15.10)$$

Bunda: $W = MCp$ (Bt/C) –issiqlik sig`imi yoki suv ekvivalentining to`la sarfi deb ataladi.

Yuqoridagi tenglikdan ko`rinadiki, bir fazani issiqlik uzatgichlarda xarorat o`zgarishi, suv ekvivalentiga teskari proporsional ravishda o`zgarar ekan.

Агрегат xolati $\Delta t = 0$ va $W = \infty$ ga o`zgarganda, qurilma hisobi berilgan xaroratlardan bittasi aniq bo`lganda, qurilma hisobi uning yuzalar o`lchamlariga qarab olib boriladi.

Аgar boshqa ko`rsatkichlar ham aniq bo`lsa !1) va (2) ga binoan quyidagi formula keltiriladi:

$$F = \frac{Q}{k\Delta t} = \frac{M^r (Cp_1^r t_1^r - Cp_2^r t_2^r)}{k\Delta t} \quad (15.11)$$

Bunda: k - ko`pchilik xollarda issiqlik uzatuvchilarni o`rtacha xarorat qarab olinadi. Suyuqliklar uchun xaroratlar farqi katta bo`lganda, ыртача arifmetik xarorat olinadi.  $M$ :  $t_1 = 0.5(t_1^r - t_2^r)$  бунда boshqa suyuqliklarning o`rtacha xarorat quyidagi tenglikdan topiladi:

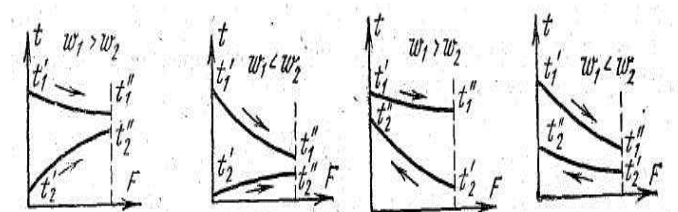
$$t_2 \pm k t_1 = \Delta t_{\text{я}} \quad (15.12)$$

Бунда: $\Delta t_{\text{я}}$ –o`rtacha logarifmik issiqlik bosimi ( - ) ishora  $t_2^r$ - taluqli bo`lgan issiqlik uzatuvchining Xarorat (Q).

Ishora esa sovuq issiqlik uzatuvchining (t_2^r) xarorat.

Ba'zi xisoblarda $k = 0.5(k' + k'')$ deb olinadi. Ikki suyuqlikdan birontasi qaynagan yoki kondensatsiyalanayotgan xolatda bo`lsa, issiqlik bosimni o`zgarmasi deb olinadi. Chunki bu jarayon izotermik jarayon bo`ladi. Qolgan xolatlarda har xil qonunlar asosida o`zgaradi.

Xaroratning birinchi ikki o'zgarishini ko'rib chiqamiz



15.1.-rasm. Xarorat uzgarishlari.

Grafikdan kurinadiki, txaroratning katta o'zgarishi $\Delta t = t_1 - t_2$ shunday issiqlik uzatuvchida sodir bo'ladiki, bunda W kichik bo'ladi. To'g'ri oqimlarda isitiladigan issiqlik uzatkichlarning oxirgi xarorat t_2^x map doim isitilayotgan issiqlik uzatgichlarning oxirgi xaroratdan (t_2^r) past bo'ladi. Shuning uchun ham qarama-qarshi yo'nalgan issiqlik uzatgichlari boshlang'ich xaroratdan eng yuqorim xarorat kutarish mumkin.

Buning uchun natijasida issiqlik bosimi Δt to'g'ri oqimlarda kuchli o'zgaradi va o'rtacha ko'rsatkich past bo'ladi.

Issiqlik almashish qurilmalarini FIK deganda xaqiqatda foydalanilgan issiqlik miqdorining berilgan issiqlik miqdoriga nisbati tushuniladi.

$$\eta_T = \frac{Q_{X_1}}{Q_B} \quad (15.13)$$

$$Q_{X_1} = M^r C_p^r (t_1^r - t_2^r) = M^x C_p^x (t_1^x - t_2^x) \quad (15.14)$$

$$Q_B = (MCp) \min(t_1^r - t_1^x) \quad (15.15)$$

$$(MCp)_{\min} = M^r C_p^r \text{ az ap } M^r C_p^r < M^x C_p^x \quad (15.16)$$

$$(MCp)_{\min} = M^x C_p^x \text{ az ap } M^x C_p^x < M^r C_p^r \quad (15.17)$$

Hozirgi vaqtda issiqlik qurilmalari hisobini chiqarish va olib borishda EVM lardan keng miqyosda foydalanilmoqda.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Issiqlik almashish qurilmalariga misol keltiring.
2. Issiqlik almashish qurilmalarida suyuqlik xarakati bo'yicha qanday turlarga bo'linadi?
3. Termik qarshilik qanday xisoblanadi?
4. Uzatish koefitsientining qiymatini hisoblash usulini keltiring.
5. Ko'p qavatli devorla yuzasidagi xarorat xisoblash usulini keltiring.
6. Issiqlik balans tenglamasini yozing va tushuntiring.
7. Issiqlik hisobini yuzalar o'lchamiga qarab olib borish usulini keltiring.

16-MAVZU ISSIQLIKDAN FOYDALANISHNING ENERGETIK VA EKOLOGIK ASOSLARI.

R e j a :

1. Aholining energiyaga to'lgan talabi;
2. Energiyadan foydalanish asoslari;
3. Issiqlik texnikasi va uning ekologik asoslari.

Tayanch iboralar

Energiya, resurs, yoqilg'i, gidroenergiya, issiqlik elektr stantsiyalari, atmosfera qatlami, transport, yadro energiyasi.

Atrof-muhit himoyasi hozirgi vaqtdagi asosiy muammolardan biri hisoblanadi. Respublika barcha sanoat-xo'jalik kompleksi sohalari uchun tayyorlanayotgan bakalavrlar atrof-muhit himoyasi bo'yicha etarli bilimga ega bo'lishlari zarur. Fanni o'qib o'rganish jarayonida ekologik dunyoqarash, tabiatdagi jonli va jonsiz mavjudotning o'zaro aloqadorligi hamda o'zaro bog'liqligi to'g'risidagi tushuncha va ko'nikmalar paydo bo'lishi lozim. Bo'lg'usi muxandis energiya manbalaridan to'g'ri foydalanib ishlab chiqarish jarayoni atrof-muhit ekologiyasiga ta'sirini o'rganish (inson va atrof-muhit tabiati). Tabiat resurslaridan to'g'ri foydalanish, faoliyat turli ko'rinishlarida ekologiyaga oid bilimlardan to'g'ri foydalanish.

Energiyaga bo'lgan talab yildan-yilga ortmoqda. Masalan:

1990 y.	4,600 mln aholisi	1,70 mlrd. t.u.t. energiya toki	3700 t/ (odam.yil)
2000	5200	25,0	4800

Iqtisodiy rivojlangan davlatlarda energetik resurslar talabi yiliga 6-3 % ni tashkil etadi. Oxirgi 100 yillikni analiz qiladigan bo'lsak, yonilg'i balansi neft, gaz va gidroenergiya ulushi hisobiga oshgan bo'lsa, so'nggi o'n yillik ichida esa ko'mir va yadro energiyasi ulushi hisobiga o'zgardi. Buni quyidagi A jadvaldan ko'rish mumkin.

Energiya resurslaridan foydalanish energiya manbalari samaradorligi ishini, ishlab chiqarish, tashish, qayta ishlash orqali amalga oshirilmoqda. Energiyadan foydalanish ko'effitsienti sezilarli oshmoqda. Ba'zi mamlakatlarda energiya manbalari (resurslar) sarfi kamaytirib, foydali energiya sarfini oshirish isitishni samaradorligi oshirishi hisobiga va sanoat talablari uchun issiqlikdan foydalanish, maishiy chiqindilarni, sanoat va qishloq xo'jalik chiqindilari ratsional foydalanish. Energoresurslar sarfi oshirmasdan, ichki resurslardan foydalanish hisobiga energiyaga bo'lgan talabni ta'minlash mumkin. 3.4-3.5-3.6.-3.7.

- 1) Turli foydali energiya jahon talabi mld. MVt.ch.
- 2) Xo'jalik sektorlari bo'yicha foydali energiya. Jahon talabi mld. MVt.ch.
- 3) Mamlakatlarda issiqlik-energetika resurslari ishlab chiqarish.
- 4) Mamlakatda xo'jalik sektorlarida % da yoqilg'i energetika resurslari sarfi.

Organik yoqilg'ining (ko'mir, neft, gaz) jahonda ishlatilishi taqsimlanishi:

- 5) Issiqlik elektrostantsiyalar 30-35 %
- Sanoatda (mashinasozlik, metallurgiya kombinattsiya, qurilish materiallari) 35 %
 - Transport 25-30 %
 - Maishiy ehtiyojlar uchun 5-10 %

Tablitsalardan ko`rinadiki, har yili energoresurslar talabi 4-5 % ga ortar ekan. Agar energoresurslar sarfi o`rtacha 3 %deb olinsa, 2025 yilga borib organik yoqilg'i 120 yilga etadigan qoladi.

Hom-ashyoning markalarga aylantirilishi, ulardan turli iste'mol yoki maishiy tovarlar shshlab chiqarish, transport ishlashi, umuman erdagi hayot ma'lum miqdordagi energiya sarflanishi orqali amalga oshmoqda.

Atrof-muhit ifloslanishiga, gigant ishlab chiqarish korxona ishi, ulardagi tozalash filtlarining yaxshi ishlamasligi, qayta ishlash, boyitish korxonalari atmosferaga turli zararli chiqindi gazlarning chiqarishi, teploenergetik texnikaning ta'siri kuzatilmoqda.

Avtomobil transporti, isitish tarmoqlaridan va sanoat korxonalaridan chiqayotgan oltingugurt angidridi, is gazi, azot oksidi va boshqa zaharli gazlar. AQSh 50 % er yuzidagi zaharli chiqindilarni chiqaradi. AQSh da avtomobil dvigatellari yiliga 66 mln.t. CO₂, 12 mln.t. uglevodorod, 6 mln.t.NO₂, 1 mln.t. SO shuningdek 0,1 t. kimyoviy birikma inson sog`lig`i uchun zararli bo`lgan.

Er yuzidagi okeanlarning ham turli kattalikdagi teploxodlar, tankerlar qatnovi hisobiga ifloslanishi global muammoga aylandi.

Ma'lumki, atmosferada CO₂ oshishi va chang, qumlar normadan oshishi urning issiqlik balansi o`zgarishiga olib keladi, infroqizil nurlarni yutib issiqlik almashishi buziladi, atmosferaning quyi qatlamlarida temperaturaning oshishiga olib keladi ("parnik effekti") turli to`fonlar, ofatlar natijasida hosil bo`lgan. Chang, aksincha Quyosh nurlarini qisman yutib, Erning harorati pasayishiga sabab bo`ladi. Havo haroratining 2-3 ga oshishi muzliklarning erishiga olib keladi, turli ko`rinishdagi tabiiy ofatlar ro`y berishiga sababchi bo`ladi. Er yuzasiga tushayotgan issiqlik oqimining o`r.1-2 % ga kamayishi muzlik davrining boshlanishiga olib keladi.

Transport chiqarayotgan chiqindilarni, issiqlik elektrostantsiyasi va isitish sistemalaridagi hosil bo`layotgan oksidlarni, zaharli mahsulotlarni maxsus reagentlar va filtrlar yordamida neytrallash orqali zararsizlantiradi. Statsionar qurilmalardan chiqayotgan zaharli gazlarni neytrallash transportlarnikiga qaraganda birmuncha engil. Sanoat obe'ktlarini aholi yashash joyidan uzoqda yoki aholisi kam bo`lgan regionlarda qurish mumkin, lekin transport asosan aholi ko`p yashaydigan joylarda ishlashi kerak.

Energetik qurilmalar ekologik jihatdan, kimyoviy qurilmalarga nisbatan yaxshi himoyalangan. Shunga qaramasdan radiaktiv chiqindilardan (Ru-239) plutoniyni salbiy ta'sirini yo`qotish ko`p yillarni tashkil etadi. Foydali energiya generatorlarining qo`llanishi, yangilanuvchi energiya manbalaridan foydalanuvchi (quyosh nuri, suv harakati, shamol, er issiqligi va boshqalar). Erda nisbiy stabil balansni va tabiiy muhit tozaligini ta'minlaydi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Energiya manbalariga nimalar kiradi?
2. Aholi sonining o'sishi bilan energoresurs orasidagi bog'lanishni tushuntiring.
3. Yoqilg'i balansi tarkibini o'zgarishi qanday bo'ladi?
4. Energiyadan foydalanish koeffitsientini tushuntiring.
5. Suyuq organik yoqilg'iga nimalar kiradi?
6. Atmosferaga sanoat korxonalaridan chiqadigan zaharli chiqindilarga nimalar kiradi?

17-MAVZU: ENERGETIK RESURLARNI TEJADHNING ASOSIY YO'NALISHLARI.

R e j a :

1. Energiya resurslarining sarf me'yorini takomillashtirish;
2. Ikkilamchi energetik resurs (IER) lardan foydalanish imkoni;
3. Sovuqlik ishlab chiqarishda IER dan foydalanish;
4. Qayta tiklanadigan energiya manbalari.

Tayanch iboralar

Energiya; resurs; ikkilamchi energetika resursi; iqtisodiy samaradorlik; sanoat tarmoqlari; giotermal; biomassa.

Insoniyat foydalanishi mumkin bo'lgan birlamchi energiya resurslari: qayta tiklanmaydigan va qayta tiklanadigan energiya resurslariga bo'linadi. Bulardan hozircha keng foydalanib kelayotgan yonilg'i, bu kimyoviy yonilg'ilardir.

Ular umumiy holda quyidagi foizlarni tashkil etadi. Ko'mir-87,4 %, neft-5,8 %, tabiiy gaz-4,9 % va boshqalar-1,9 % ni tashkil etadi. Kimyoviy yonilg'i yonuvchi va oksidlantiruvchilardan tashkil topadi.

Yonilg'ining asosiy energetik tavsifi bo'lib, bizga oldindan aniq bo'lgan kattalik yonish issiqligi hisoblanadi.

Real sharoitlarda issiqlik mashinalarning ekspluatatsiyasi davomida atrof-muhitga temperaturasi 120-400°C bo'lgan yonish mahsulotlari ajralib chiqadi. Shuning uchun ham bunday mashinalarda organik yonilg'ilarning past temperaturasi chiqindi gazlar chiqaradigani ishlatiladi.

Barcha organik yonilg'ilar asosan uglevodorodlar birlashmasidan va kichik qiymatda boshqa mahsulotlardan tashkil topadi.

Qattiq yonilg'ilar: ko'mir, torf, o'tin, o'simlik qoldiqlari.

Suyuq yonilg'ilar: neft-benzin, kerosin, solyar moyi, dizel va motor yonilg'ilari, mazut. Qattiq yonilg'ilardan haydash yo'li bilan olinadigan yonilg'ilar benzol, sintetik yonilg'ilar.

Gazsimon yonilg'ilar-tabiiy va neft gazlari.

Sun'iy gazlar-turli xil mahsulotlarga ishlov berish jarayonida ajraladigan gazlar.

Qayta tiklanadigan energiya manbalariga er qatlamining issiqligi va dengiz suvi to'liqini; erning har 33 m chuqurligida bor yo'g'i 1oS temperatura ortib boradi.

10 km chuqurlikdan 300°C gacha temperatura ko'tariladi va unda mexanik yoki elektr energiyasiga aylantirish mumkin. Faqat uni olish va undan foydalanish ancha qiyinchilik tug'diradi. Bundan ko'ra engilroq bo'lgan, isitilgan havo bilan sovuq suv qatlami o'rtasidagi yoki sovuq havo bilan issiq suv o'rtasida hosil bo'ladigan temperaturalar farqidan foydalanish mumkin. Bu er qatlamiga nisbatan ancha yaqin masofadan issiqlik manbai hosil qilish mumkinligini ko'rsatadi va (30°-40°C) da rentabelligi yuqori bo'lgan energiya manbai hosil qilish mumkin.

Quyosh nuri-atmosferaning yuqorigi qatlamiga perpendikulyar $\text{тyшaётган} = \text{yёш нури тахминан } 1,35 \text{ кВт/м}^2$ tashkil etadi. Ushbu energiyaning 10 % i erga etib keladi. Aholi zichligi 200 kishi/ км^2 bo'lganda ham, har bir kishiga 700 кВт/soat quyosh energiyasi nurlanish oladi. Quyosh nurlanishining xarakterli xususiyati zararsizligi va atrof-muhitga foydali energiya bo'lib xizmat qilishidir.

Atmosferadagi havoning harakati-shamol birinchi energiya manbalaridan hisoblanib, uning energiya manbai (zapasi) daryolar oqim energiyasidan 100 baravar yuqori hisoblanadi. Keyingi paytlarda ko'pchilik davlatlarda energiya krezisi munosabati bilan ushbu energiya manbadan foydalanishni talab qilmoqda va hozircha butun dunyoda foydalangan energiya salmog'ining 0,001 qismini tashkil etadi. Takomillashtirilgan qurilmalarda $2,6 - 10^6 \text{ м}^2$ shamol fronti quvvati 150мВт bo'lgan energiya olish mumkin. 6-8 km/soat tezlikdan yuqori bo'lgan havoning har qanday tezligida.

Daryo va dengizlarda suvning harakati daryo suv energiyasidan juda uzoq vaqtlardan buyon foydalanib kelinadi, iqtisodiy hisoblarga ko'ra barcha energiya zapasining 4-25 % ni tashkil etadi.

Ikkilamchi energiya manbalari

Yadroviy va kimyoviy yonilg'ilar.

Juda yuqori energiya sig'imiga ega bo'lgan yonilg'ilar hisoblanib taxminan 10^{11} кДж/kg yoki 25 mln кВт·soat/t.

Annigilyatsiyalangan energiya quvvatining 10Vt ni olish uchun hozircha 1 кВт energiya sarflanmoqda. 2 muammo uni topish va saqlash hisoblanadi.

Ikkilamchi yadroviy yonilg'ilarga yuqorida keltirilgan Ri-239, I-233 va sun'iy radiaktiv izatoplar kiradi.

Ikkilamchi energiya manbalari turli tuman bo'lib, ulardan eng effektiv vodorod hisoblanadi. Birinchidan u eng toza kimyoviy yonilg'i hisoblanadi va uning yonishidan suv hosil bo'ladi. U suvni elektroliz qilish va termokimyoviy yo'llar bilan olinadi. Suyuq vodorodni joylashtirish qulay, lekin uni saqlash uchun -170°C temperaturada bo'lishi kerak.

Ikkilamchi kimyoviy yonilg'ilarga turli xildagi ishlab chiqarish chiqindilari, metallurgiyadan ajraladigan yonuvchi gazlar. Yog'ochsozlik ishlab chiqarishdan va qishloq xo'jaligi mahsulotlari chiqindilari, katta shaharlar chiqindilari va boshqalar bundan tashqari elektrokimyoviy, issiqlik, mexanik, gravitatsion akkumulyatorlar batareyalari va elektrik kondensatorlar hamda magnitlardan foydalanish mumkin.

$$l_{1-2} = \frac{P_1 v_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^{n-1} \right]$$

3.3-jadval. Jahonda energoresurslar iste'molining o`shishi, mlrd. MVt.ch.

Resurs nomi	Y illar			
	1960	1970	1980	2000
Ko`mir	17,80	18,20	19-22	28-37
Neft	10,80	24,00	28-37	49-61
Tabiiy gaz	4,65	11,80	20-25	32-49
Gidroenergiya	2,45	4,60	4,9	9-8,2
Yadro energiyasi	-	0,33	5-6	41-53
Boshqalar	5,72	5,30	4,90	3,25
Jami:	41,42	63,29		163-204
Bir odamga to`g`ri kelishi MV.ch.	13,85	17,40	19-21	27-31

3.4-jadval. Har xil ko`rinishdagi foydali energiyaning jahonda talabi, mlrd. MVt.ch.

Foydali energiya ko`rinishi	1975	2000
-Statsionar qurilmalar uchun mexanik va elektr energiya	5,0 (18,5 %)	19,0 (23,6 %)
-Issiqlik (kimyoviy energiya, metallurgiya koksi)	19,0 (70,4 %)	56,0 (66,7 %)
-Transport uchun mexanik va elektr energiya.	3,0 (11,1 %)	9,0 (10,7 %)
J A M I:	27,0 (100 %)	84,0 (100 %)
O`r.e.f.k.	37	40

3.5-jadval. Jahonda foydali energiyaning xo`jalik sektorlari bo`yicha talabi, mlrd. MVt.ch.

Xo`jalik sektori	1975	2000
Sanoat	18	60
Transport	2,5	8
Qishloq xo`jaligi	0,5	1
Maishiy xizmat	6	15
J A M I :	27	84

NAZORAT SAVOLLARI

1. Energiya nima?
2. Energiya resurslarini tejashning asosiy yo`nalishlarini keltiring.
3. Energiyadan foydalanuvchi jixozlar samaradorligini oshirishga misollar keltiring.
4. IER tasnifi va ahamiyati.
5. Past potentsialli IER ga nimalar kiradi?
6. Qayta tiklanadigan energiya manbalarini keltiring.
7. Qayta tiklanmaydigan energiya manbalarini keltiring.

18-MAVZU: YONISH MAHSULOTLARIDAN ATROF-MUHITNI HIMOYA QILISH MUAMMOLARI.

R e j a :

1. Quyosh energiyasidan foydalanish;
2. Termoelektrik generatorlar;
3. Magnitogidrodinamik generatorlar.

Tayanch iboralar

Energiya turlari; quyosh energiyasi; isituvchi-yashchik (quti); quvvurli isitgich; geleo qurilmalar; quyosh pechlari; termo elektrik zanjir; termo elektrik effekt; MGD generatori; issiqlik kuch qurilmalari; tutash sikl.

So`nggi yillarda xorijiy mamlakatlarda magnitogidrodinamikaviy (MGD) generatorlari issiqlik-kuch kurilmalarini yaratish bo`yicha intensiv ish olib borilmokda. MGD generatorlari issiqlikni bevosita elektr energiyaga aylantiruvchi qurilmalar qatoriga kiritish ma`lum darajada shartlidir. Xaqiqatan ham, bu generatorlarda yoqilg`i yonganida ajralib chiqadigan issiqlik ish jismini isitishga sarflanadi, ish jismi soploda kengayib ancha kinetik energiyaga ega bo`ladi va bundan keyingina bu kinetik energiya MGD generator kanalida elektr energiyaga aylanadi, termoelektrik ustanovka va termoelektron o`zgartirgichlarda esa ish jismni isitish va tezlatish oraliq bosqichlari bo`lmaydi. Shu sababli MGD generatorlarni issiqlikni elektr energiyaga mashinasiz aylantirib beruvchi qurilmalar deb atash mumkin: bu bilan MGD generatorlar odatdagi turbogeneratorlardan farq qilib, ularda xarakatlanuvchi qismlar yo`qligi qayd qilib o`tiladi. Bu farq MGD generatorining printsiptial afzalligi bo`lib, uning juda effektivligini ta'minlaydi: bular quyida ko`rsatiladi.

1-rasmda MGD generatorining sxemasi tasvirlangan bo`lib, uning ishlash printsipti quyidagilardan iborat. Ish jismi bo`lib xizmat qiladigan gaz oson ionlashadigan qo`shimchaning (ishqoriy metallar, masalan, kaliy yoki seziy kamroq miqdori bilan birgalikda qizigan manbadan beriladigan issiqlik xisobiga shunchalik yuqori temperaturagacha qizitiladiki, natijada u qisman ionlashadi, ya'ni plazma holatiga o`tadi. Bunday holatda ish jismi erkin elektronlar bilan elektr jihatidan neytral bo`lgan atom va ionlar aralashmasidan, ya'ni elektr o`tkazuvchi muhitdan iborat bo`ladi.

So`ngra bu gaz soplo 1 da kengayib juda katta tezlikka (1000 mG`sek atrofida) ega bo`ladi va MGD generator kanali 2 ga kiradi.

MGD generatori kanali kuch chiziqlari kanal o'qiga tik bo'lgan magnitaviy maydonda bo'ladi (bu magnitaviy maydon maxsus magnit sistemasi yordamida hosil qiladi). Elektrodinamikadan ma'lumki, o'tkazgich magnitaviy maydonning kuch chiziqlarini kesib o'tganida bu o'tkazgichda elektr yurutuvchi kuch vujudga keladi (jumladan, oddiy elektrik generatorlarda rotor cho'lg'amiga E.Yu.K. rotor cho'lg'aming o'tkazgichlari stator elektromagnitni tashkil etadi magnitaviy maydonning kuch chiziqlarini kesib o'tganda vujudga keladi). Qisman ionlashgan gaz elektr o'tkazuvchi muhit bo'lishi tufayli, bu gaz magnitaviy maydonda xarakatlanganda ham e.yu.k. va elektr toki hosil bo'ladi. Bu tok gaz tezligi magnitaviy maydon induktsiyasi vektorlari orqali o'tadigan tekislikka tik yo'nalishda oqadi. Shunday qilib, MGD generatorning ish xajmida elektr energiya iste'molchilariga ulanadigan elektrod 3 larda olib ketiladigan elektr energiya generatsiyalanadi.

MGD generator ishlab chiqaradigan solishtirma quvvat kattalik ga proporsional bo'ladi, bu erda -ish jismining solishtirma elektr o'tkazuvchanligi; -ish jismining MGD generatoridagi tezligi.

MGD generatorlarda generator kanalida harakatlanadigan plazma oqimining energiyasi elektr energiyaga aylanadi (turbogeneratorlarda rotorning aylanish kinetik energiyasi elektr energiyaga aylanishiga o'xshash). Masalan, eng oddiy tipdagi MGD generatorlarda ish jismi holat 1 dan holat 2 ga adiabatik kengayib generator elektrodlaridan olib ketiladigan elektr energiyani ishlab chiqaradi: bu elektor energiya miqdori odatdagidek ish jismi entalpiyalarining ayirmasiga teng:

$$L_r = i_1 - i_2,$$

bu erda L_r -MGD generatorlarda bajarilgan ish.

MGD generatorlardan foydalanishning asosiy afzalligi quyidagilardan iborat: MGD generator gaz turbina va bug'-turbina ustanovkalariga nisbatan yoqilg'i (ximiyaviy yoki yadroviy yoqilg'i) yonganda ajralib chiqadigan yuqori temperaturaviy potentsialli issiqlikda deyarli effektiv foydalanishga imkon beradi. Haqiqatdan ham, MGD generatorlarda turbinaning termik zo'riqishdan tashqari juda katta mexanikaviy zo'riqishlar sezadigan kuraklariga o'xshash harakatlanuvchi qismlarning bo'lmasligi MGD generatorlarda ishlatiladigan ish jismi temperaturasi keskin oshirishga imkon beradi. Organik yoqilg'ilarning yonish mahsulotlarida ishlaydigan MGD generatorga kirishdagi gaz temperaturasi 2500-2600° C bo'lishi (bug' turbinalarida maksimal temperatura 650 ° C ga, gaz turbinalarida esa 770-800° C ga teng bo'ladi) mumkin. Shunday qilib, MGD generatorlarda ish jismining baland temperaturasi qizigan issiqlik manbaining temperaturasi mos keladi. Shu tufayli issiqlikning qizigan manbadan ish jismiga berish protsessining qaytmovchiligi natijasida bo'ladigan yo'qotishlar keskin kamayadi va issiqlik kuch ustanovkasining termik f.i.k. deyarli ortadi. Agar bunda MGD generator bitta agregatda katta quvvatlar to'plash bo'yicha kam chetlashishi (shu bilan birga sinchiklab o'tkazilgan analizning ko'rsatishicha, quvvatning ortishi bilan generator f.i.k. ham ortadi) hisobga olinsa, MGD generator issiqlik-kuch kurilmalarining katta energetika uchun istiqboli zo'rliqi yaqqol ko'rinadi.

MGD generatorli energetikaviy issiqlik-kuch kurilmalari ikkita sxema-ochiq sikl sxemasi bo'yicha yoki tutash sikl sxemasi bo'yicha bajarilishi mumkin.

Ochiq sikl bo'yicha ishlaydigan MGD ustanovka sxemasi 2-rasmda ko'rsatilgan.

Atmosfera havosi kompressor 1 yordamida p_1 bosimgacha siqilib, yonish kamerasi 2 ga yuboriladi. Bu yonish kamerasiga yonilg'i ham beriladi. Yoqilg'i kamerada o'zgarmas bosim $p_1 = \text{const}$ da yonadi. Qizigan yonish maxsulotlari yonish kamerasidan MGD generator 3 ga kiradi. MGD generatorga kirish oldidan ish jismi oqimiga yuqorida eslatib o'tilgan ionlashtiruvchi qo'shimcha kiritiladi. MGD generatorda ish jismi-ionlashtirilgan yoqilg'i mahsuloti-kirishidagi bosimi p_1 va temperaturasi T_1 bo'lgan holatdan chiqishdagi p_2 bosimli va T_2 temperaturali holatgacha adiabatik kengayib texnikaviy ish (elektr energiya ishlab chiqarish) bajaradi. MGD generatordan chiqayotgan va juda yuqori, 2000°C temperaturadan ortiq temperaturaga ega bo'lgan yonish mahsulotlari regenerativ issiqlik almashgich-havo isitgich 4 ga kiradi, ular bu erda yonish kamerasiga yuboriladigan havoni isitib o'zi soviydi. Havo sovitkichdan chiqayotgan yonish mahsulotlarining temperaturasi hali ham ancha yuqori bo'ladi. Yuqori temperaturaviy potentsialli issiqlikdan effektiv foydalanish zarurligi tabiiydir. Bunday masalani hal qilish choralaridan biri ikkinchi, pastki issiqlik kuch sikli-bug'-suv siklidan foydalanishdir. Yonish mahsulotlari havo isitkichdan so'ng bug' generatori 5 ga kiradi, bu erda ular o'z issiqligini ustanovkaning bug'-suv konturida sirkulyatsiya qiladigan suvga beradi. Bu bug' generatorida olingan bug' turbinasi 6 ga kiradi, bu erda bug' kengayib ish bajaradi, so'ngra bug' kondensator 7 da kondensatsiyalanadi va suv nasos 8 yordamida qaytadan bug' generatori 5 ga yuboriladi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Energiya uzatishning qanday usullarini bilasiz?
2. Past temperaturali isitgichlarga nimalar kiradi?
3. Yuqori temperaturali isitgichlarga nimalar kiradi?
4. Quyosh energiyasi yordamida ishlatiladigan bug' qozonlarining ish printsipini tushuntiring.
5. Termoelektrik zanjir deb nimaga aytiladi?
6. Termoelektrodlar nima?
7. Zeevek effektini tushuntiring.
8. MGD qurilma vazifasi nimadan iborat?
9. Ochiq sikl bo'yicha ishlaydigan MGD qurilmasini tushuntiring.
10. Tutash sikl bo'yicha ishlaydigan MGD qurilma sxemasini chizing.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

Асосий адабиётлар:

1. Луканин В.Н. и др. Теплотехника. М.: Высшая школа, 2000, - 671 с.
2. Карминский В.Д. Техническая термодинамика и теплопередача - М.: Маршрут, 2005, -224 с.
3. Лабораторный практикум по термодинамике и теплопередаче. Под.ред. Крутова В.И, Шишова Е.В. – М.: Высшая школа, 1988, -240 с.
4. Нурматов Ж., Халилов Н.А., Толипов У.К. Иссиқлик техникаси. – Т.: Ўқитувчи, 1998, - 256 б.
5. Musabekov Z.E., Isomuxamedov A.B. Issiqlik texnikasi fanidan ma'ruzalar matni. –Т.: 2007, -119 б.

Қўшимча адабиётлар

1. «Теплотехника». Под..ред. В.Н. Луканина – М.: Высшая школа, 1999, - 671с.
2. Нащокин. В. В. Техническая термодинамика и теплопередача -М.: Высшая школа, 1980, - 452 с.
3. Кириллин В.А., Сичев В.В., Шейдлин А.Е. Техникавий термодинамика - Т.: Ўқитувчи, 1980, - 670 б.

Электрон ресурслар

1. www.ziynet.uz
2. www.referat.uz