

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

BUXORO MUHANDISLIK - TEXNOLOGIYA INSTITUTI

«Muhandislik-texnika»
fakul'teti

“Mexanika” kafedrasi

«ISSIQLIK TEXNIKASI»
fanidan

МАЪРУЗАЛАР МАТНИ

BUXORO - 2017

Ma`ruzalar matni «Mexanika» kafedrasining № sonli yig'ilishida
yil tasdiqlangan.

2015

Ta`lim texnologiyasi Bux MTI uslubiy kengashi tomonidan tasdiqlandi. №__ -
sonli majlis bayoni, «__»_____201__ yil.

Tuzuvchi:

Norov S.N.

Taqrizchilar:

Toshkent IMI Buxoro filiali dekani
dots. Murodov N.M.

t.f.d.,

Bux MTI «Muxandis-texnika» fakul'teti dekani
t.f.n. dots. Murodov SH.M.

ANNOTATSIYA

Ushbu «Isqilik texnikasi» fanidan tuzilgan ma`ruzalar matni barcha ta`lim yo`nalishlari talabalari uchun mo`ljallangan bo`lib, o`quv uslubiy boshqarma tomonidan tasdiqlangan namunaviy dastur va Buxoro muhandislik-texnologiya instituti «Mexanika» kafedrasida tuzilgan ishchi dasturlar asosida yozilgan.

Ma`ruzalar matnida termodinamikaning asosiy qonunlari, termodinamik protsesslar, issiqlik va sovitish mashinalari va ularning tsikllari, suv bug'i, ideal gazlar xususiyatlari, issiqlik almashinuvi asoslari va issiqlik almashinuvi apparatlari bayon qilingan.

Ma`ruzalar matni bakalavrlarga mo`ljallangan bo`lib, undan shuningdek boshqa yo`nalish o`quvchilari va o`qituvchilari ham foydalanishi mumkin.

MUNDARIJA

1 – MA`RUZA. KIRISH. ASOSIY TUSHUNCHALAR.....	6
1.1 KIRISH	6
1.2 ASOSIY TERMODINAMIKAVIY HOLAT PARAMETRLARI.....	8
1.3 TERMODINAMIKAVIY PROTSESS	10
1.4 IDEAL GAZNING HOLAT TENGLAMASI.....	11
1.5 IDEAL GAZLAR ARALASHMASI	13
1.6 GAZLARNING ISSIQLIK SIG`IMI	15
2 - MA`RUZA. TEMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI.....	18
ADABIYOTLAR.....	18
2.1 ISSIQLIK VA ISH	18
2.2 ENERGIYANING SAQLANISH VA AYLANISH QONUNI	19
2.3 ICHKI ENERGIYA.....	20
2.4 ISHNING ANALITIK IFODASI.....	21
2.5 QAYTAR VA QAYTMAS PROTSESSLAR.....	24
2.6 TERMODINAMIKA BIRINCHI QONUNING TENGLAMASI	24
2.7 ENTAL`PIYA.....	26
2.8 ENTROPIYA.....	27
3 - MA`RUZA. ASOSIY TERMODINAMIKAVIY PROTSESSLAR.....	31
3.1 IZOXORIK PROTSESS	31
3.2 IZOBARIK PROTSESS.....	32
3.3 IZOTERMIK PROTSESS	34
3.4 ADIABATIK PROTSESS	35
3.5 POLITROPIK PROTSESSLAR	37
4 - MA`RUZA. TERMODINAMIKANING IKKINCHI QONUNI	41
4.1 TERMODINAMIKA IKKINCHI QONUNING MOHIYATI	41
4.2 AYLANMA TERMODINAMIK PROTSESSLAR YOKI TSIKLLAR	42
4.3 KARNO TSIKLI.....	44
4.4 TERMODINAMIKA IKKINCHI QONUNING MATEMATIK IFODASI.....	47
5 - MA`RUZA. SUV BUG`I.....	51
5.1. BUG` HOSIL BO`LISH PROTSESSI.....	51
5.2 BUG` HOSIL BO`LISH PROTSESSINING p - DIAGRAMMADA TASVIRLANISHI.....	52
5.3 SUV BUG`INING TS VA IS –DIAGRAMMASI	54
6 - MA`RUZA. GAZ VA BUG`LARNING OQIB CHIQISHI VA DROSSELLANISHI.....	57
6.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR.....	57
6.2 BAJARILADIGAN ISH. OQIM UCHUN TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI TENGLAMASI	57
6.4 DROCSELLASH	61
7 - MA`RUZA. KOMPRESSORLAR	64
7.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR.....	64
7.2 BIR BOSQICHLI PORSHENLI KOMPRESSORLAR.....	65
7.4 KO`P BOSQICHLI PORSHENLI KOMPRESSOR	68

8 - MA`RUZA. ICHKI YONUV DVIGATELLARI TSIKLLARI	71
8.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR	71
8.2 O`ZGARMAS HAJMDA ISSIQLIK KELTIRILISHI BILAN BORADIGAN TSIKL	72
8.3 O`ZGARMAS BOSIMDA ISSIQLIK KELTIRILISHI BILAN BORADIGAN TSIKL.....	75
8.3 ARALASH YONUV TSIKLI.....	77
9 - MA`RUZA. BUG' - KUCH QURILMALARI TSIKLLARI	80
ADABIYOTLAR.....	80
9.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR.....	80
9.2 KARNO TSIKLI	80
9.3 RENKIN TSIKLI.....	82
9.4 TEPLOFIKATSIYA ASOSLARI.....	85
10 - MA`RUZA. GAZ TURBINA QURILMALARI TSIKLLARI	88
ASOSIY TUSHUNCHALAR.....	88
10.2 YOQILG'I O`ZGARMAS BOSIMDA YONADIGAN GTQ VA	89
UNING TSIKLI	89
10.3 YOQILG'I O`ZGARMAS HAJMDA YONADIGAN GTQ VA UNING TSIKLI	91
11 - MA`RUZA. ISSIQLIK O`TKAZUVCHANLIK.....	95
11.1 ISSIQLIK UZATISH ASOSLARI	95
11.2 ASOSIY TUSHUNCHALAR.....	96
11.3 ISSIQLIK O`TKAZUVCHANLIKNING ASOSIY QONUNI.....	97
11.4 YASSI BIR QATLAMLI DEVORNING ISSIQLIK O`TKAZUVCHANLIGI	100
11.5 YASSI KO`P QATLAMLI DEVORNING ISSIQLIK O`TKAZUVCHANLIGI	101
11.6 BIR QATLAMLI TSILINDRIK DEVORNING ISSIQLIK O`TKAZUVCHANLIGI.....	103
11.7 KO`P QATLAMLI TSILINDRIK DEVORNING ISSIQLIK O`TKAZUVCHANLIGI	104
11.8 SHARSIMON DEVORNING ISSIQLIK O`TKAZUVCHANLIGI.....	106
11.9 IXTIYORIY SHAKLDAGI JISMNING ISSIQLIK O`TKAZUVCHANLIGI.....	107
12 - MA`RUZA. KONVEKTIV ISSIQLIK ALMASHINUVI	109
12.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR	109
12.2 ISSIQLIK BERISH KOEFFITSENTI. KONVEKTIV ISSIQLIK ALMASHINUVI DIFFERANTSIAL TENGLAMASI	112
12.3 O`XSHASHLIK NAZARIYASI	115
12.4 ERKIN VA MAJBURIY HARAKATLANISHDA ISSIQLIK BERILISHI.....	118
13 - MA`RUZA. NURIY ISSIQLIK ALMASHINUVI.....	122
ADABIYOTLAR.....	122
13.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR	122
13.2 ISSIQLIK NURLANISHNING ASOSIY QONUNLARI	125
13.3 JISMLAR ORASIDA NURIY ISSIQLIK ALMASHINUVI	126
13.4 BIRI IKKINCHISINI ICHIDA JOYLASHGAN JISMLAR ORASIDA NURIY ISSIQLIK ALMASHINUVI 128	
13.5 JISMLAR ORASIDA EKRAN BO`LGANDA NURIY ISSIQLIK ALMASHINUVI.....	130
13.6 GAZ VA BUG'LARNING NURLANISHI	132
14 - MA`RUZA. ISSIQLIK UZATISH	134
ADABIYOTLAR.....	134
14.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR	134

14.2	YASSI DEVOR ORQALI ISSIQLIK UZATISH.....	135
14.4	ISSIQLIK IZOLYATSIYASINING KRITIK DIAMETRI	140
14.5	ISSIQLIK UZATISHNI JADALLASHTIRISH	142
	SINOV SAVOLLARI:	144
	TAYANCH IBORALAR.....	144
	ISSIQLIK UZATISH, ISSIQLIK UZATISH KOEFFITSIENTI, TERMIK QARSHILIK, ISSIQLIK IZOLYATSIYASI, KRITIK DIAMETR, KONVEKTSIYA, NURLANISH, ISSIQLIK ŐTKAZUVCHANLIK, ISSIQLIK OQIMI, CHIZIQLI ISSIQLIK UZATISH KOEFFITSIENTI.....	144
15 –	MA`RUZA. ISSIQLIK ALMASHINUV APPARATLARI	145
15.1	ASOSIY TUSHUNCHALAR.....	145
15.2	ISSIQLIK ALMASHINUV APPARATLARINI HISOBLASH METODIKASI	146
15.3	O`RTACHA TEMPERATURALAR FARQI.....	149
XVI -	B O B	151
	YOQILG`I VA YONISH PROTSESSLARI.....	151
16.1.	YOQILG`I HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHALAR.....	151
16.3.	YOQILG`INING YONISH PROTSESSLARI	153
XVII -	BOB.....	158
	QOZON QURILMALARI.....	158
17.1.	ASOSIY TUSHUNCHALAR.....	158
17.2.	QOZON AGREGATINING ISSIQLIK BALANSI	160
	A D A B I Y O T L A R.....	166

1 – MA`RUZA. KIRISH. ASOSIY TUSHUNCHALAR

REJA:

- 1.1 *Kirish.*
- 1.2 *Asosiy termodinamikaviy holat parametrlari.*
- 1.3 *Termodinamikaviy protsess.*
- 1.4 *Ideal gazning holat tenglamasi.*
- 1.5 *Ideal gazlar aralashmasi.*
- 1.6 *Gazlarning issiqlik sig'imi.*

ADABIYOTLAR

1. Asraev R.A., efendiev A.M., Safarov R.T. Issiqlik texnikasi. Buxoro 2001 y. 5-32 b.
2. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 5-19 b.

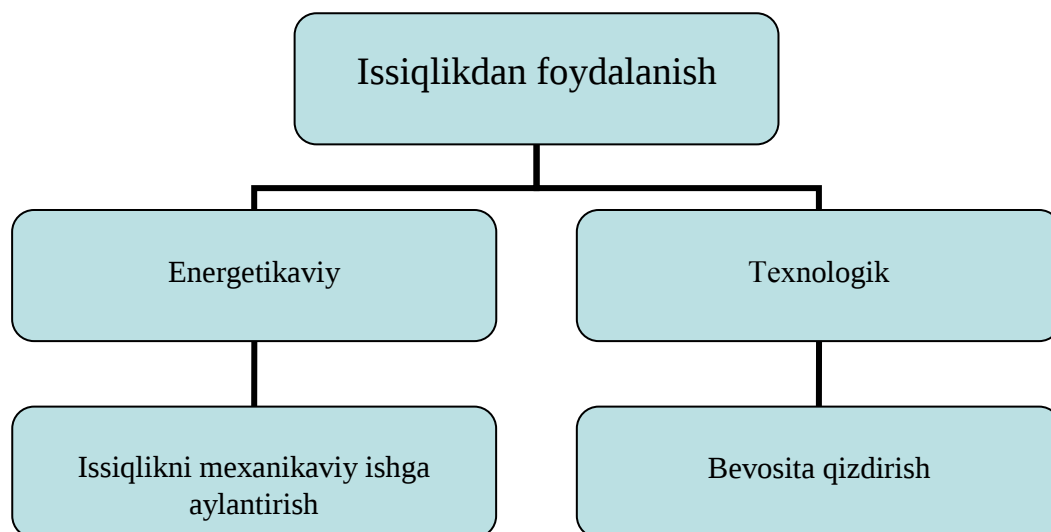
1.1 KIRISH

Issiqlik texnikasi kursi bakalavrlar va kasb-hunar kollejlari uchun umum texnika fanlari jumlasiga kiradi.

Issiqlik texnikasi-issiqlik mashinalari, apparatlari va qurilmalari yordamida issiqlik hosil qilish, uni boshqa turdagi energiyaga aylantirish, taqsimlash, tashish usullarini o`z ichiga oladigan fan sohasi va texnika tarmog'i.

Issiqlik va soviqlikdan foydalanishning energetikaviy va texnologik turi mavjud.

Issiqlikdan energetikaviy foydalanish issiqlikni mexanikaviy ishga aylantirish jarayonlariga asoslangan. Issiqlikni ishga aylantirishda foydalaniladigan issiqlik-texnikaviy qurilmalar issiqlik dvigatellari deyiladi. Ularga ichki yonuv dvigatellari, bug' va gaz turbinalari kiradi.



Xalq xo'jaligining energiya turli xillarini ishlab chiqarish, o'zgartirish, uzatish, taqsimlash va iste'mol qilish bilan shug'ullanadigan tarmog'i energetika deyiladi.

Zamonaviy energetika asosan issiqlikni ishga o'zgartirib, undan generatorlarda elektr energiyasi hosil qilib uzok masofalarga uzatishga mo'ljallangan .

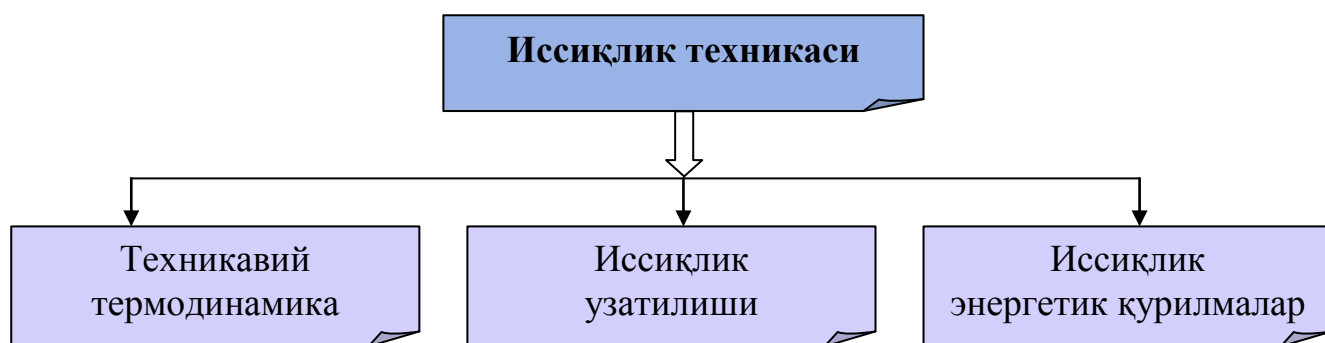
Insoniyat jamiyati va er shari tabiati mavjudligi va faoliyati energiya ta'siri tufaylidir, ya'ni energiya bir turdan boshqa turga o'zgarib turishiga asoslangan. Tabiatning fundamental qonuni bo'lgan energiya saqlanishi va bir turdan ikkinchi turga o'zgarib turishi 18-asrdayoq kashf qilingan.

Ular orasidagi bog'lanishlar miqdor va sifat ko'rsatkichlari, energiya balansi va turlari orasidagi nisbatlar, ularning hozirgi paytdagi o'zgarib borishi, kelajakda sodir bo'lishi mumkin bo'lgan muammolar va istiqbollarni o'rganish dolzarb vazifalaridan biri.

Kadrlar tayyorlash bo'yicha qabul qilingan Milliy dastur ta'lim tizimini tubdan isloxot qilish, yangi zamonaviy kasb-hunar kollejlari barpo qilish ularda barqaror taraqqiyotga erishish maqsadida o'tkazilayotgan iqtisodiy isloxlarni amalga oshiruvchi etuk mutaxassis kadrlarni tayyorlashni ustivor vazifa qilib qo'ydi.

Ushbu ma'ruzalar matni to'g'risidagi fikr va muloxazalaringizni Buxoro oziq - ovkat texnologiyasi instituti "Transport vositalaridan foydalanish va issiqlik texnikasi" kafedrasiga yuborishingizni so'raymiz va oldindan minnatdorchilik bildiramiz.

Texnikada sun'iy sovitish deganda atrof-muhit temperaturasidan past temperatura olish va uni texnologik jarayonda yoki xonalarda saqlash tushuniladi.



Oziq-ovqat mahsulotlarini konservalash uchun sun'iy sovitishdan 100 yildan ko'proq vaqtdan buyon foydalanilmoqda. Dastlabki sovitish qurilmalari ammiakli bo'lib, 1950 yillarda asosan ulardan foydalanilgan.

Sun'iy sovitish mahsulotlarni -30-4 °S temperaturalarda saqlash imkonini beradi. Oziq-ovqat sanoatida keng tarqalgan bug' sovitish mashinalaridan foydalaniladi. Sovitish mashinasi deganda sovitish ob'ektidan issiqlikni chiqarib yuboruvchi qurilmalar majmuasi tushuniladi. Sovitish qurilmasi tarkibiga texnologik jarayonlarni

past temperaturalarda amalga oshirish uchun zarur bo'lgan avtomatika asboblari, sovitish mashinasi, quvurlar va xonalar kiradi.

Hozirgi paytda sovitish agenti ftor, xlor va uglevodorodlar birlashib, suyuq va gazsimon moddalarni sovitish agrosanoat majmualarida, transportda, savdoda, kimyo, metallurgiya, elektrotexnika, mashinasozlik, qurilish, to'kimachilik sanoatlarida, meditsina, radioelektronika, biologiya va boshqa tarmoqlarda ham qo'llaniladi.

1.2 ASOSIY TERMODINAMIKAVIY HOLAT PARAMETRLARI

Texnikaviy termodinamika issiqlik dvigatellarida ish bilan issiqlikning bir-biriga aylanishini o'rganish asosida fan sifatida tarkib topdi.

Issiqlik dvigatellarida issiqlikni ishga o'zgartirish ishchi jism yordamida amalga oshiriladi. Ichki yonuv dvigatellarida va gaz trubinalarida gaz, bug' trubinalarida esa suv bug'i ishchi jism hisoblanadi.

Sovitish mashinasida aylanayotgan ishchi jismga sovitish agenti deyiladi. eng ko'p ishlatilayotgan sovitish agentlariga: suv, ammiak, karbonat angidrid va freonlar kiradi.

Modda tekshirilayotgandagi aniq fizikaviy sharoitlarni, binobarin tekshirilayotgan modda holatini aniqlovchi kattaliklar holat parametrlari deyiladi.

Holat parametrlariga bir nechta kattaliklar kiradi: solishtirma hajm, absolyut temperatura, absolyut bosim, ichki energiya, ental'piya, entropiya va boshqalar. Holat parametrlaridan eng qulayi va muhimi jismning absolyut bosimi, absolyut temperaturasi va solishtirma hajmi bo'lib, bu parametrlar asosiy termodinamikaviy holat parametrlari deyiladi.

Solishtirma hajm . Moddaning egallagan hajmini uning massasiga nisbati - solishtirma hajm deyiladi:

$$\rho = \frac{V}{m} \quad (1.1)$$

bu erda: V - moddaning egallagan hajmi, m^3 ;

m - shu moddaning massasi, kg

Solishtirma hajmga teskari kattalik, ya'ni modda massasining hajmiga nisbati - zichlik deyiladi:

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

Temperatura. Jismning isiganlik darajasini xarakterlovchi kattalik temperatura deyiladi.

Molekulyar - kinetik nazariyaga ko'ra jismning isiganlik darajasi shu jism molekulalari xaotik harakatining tezligiga bog'liq. Jismga issiqlik berilganda molekulalarining harakatlanish tezligi kattalashadi. Bunda jism qiziydi, ya'ni uning temperaturasi ko'tariladi. SHunday qilib, gazning temperaturasi gaz molekulalari o'rtacha kinetik energiyasining o'lchami sifatida qarash mumkin.

Termodinamikaviy tadqiqotlarda ingliz fizigi Kel'vin shkalasidan foydalaniladi. Kel'vin shkalasining noli sifatida ideal gaz molekulalarining tartibsiz harakati to'xtaydigan temperatura qabul qilingan: bu temperatura absolyut nol' deyiladi. Suvning uchlanma nuqtasini (suvning qattiq , suyuq va gazsimon fazalari o'zaro muvozanatda bo'ladigan temperatura) xarakterlovchi termodinamik temperaturaning $1/273,16$ ulushi 1 kel'vin (K) deb qabul qilingan .

SI da shved fizigi TSel'siy shkalasi (xalqaro temperatura shkalasi) keng qo'llaniladi: normal bosim ostidagi muzning erish temperaturasi va suvning qaynash temperaturasi farqi 100 teng qismga bo'lingan va unga (ya'ni shkalaning 0, 01 qismiga) TSel'siy gradusi (°S) deb nom berilgan .

Absolyut termodinamik shkala (Kel'vin shkalasi) va TSel'siy shkalasi bo'yicha olingan temperaturalar orasidagi bog'lanish quyidagi ifoda bo'yicha aniqlanadi :

$$T=273,15 \text{ } ^\circ\text{K} \quad (1. 3)$$

bu erda: T- absolyut temperatura , K ;

t-TSel'siy temperaturasi, °C

Holat parametri sifatida absolyut temperatura qo'llaniladi. Ba'zi davlatlarda boshqa temperatura shkalalaridan ham foydalaniladi. Masalan, Angliya va AQSHda Farengayt shkalasi (unda suvning muzlash va qaynash temperaturasi 32° F va 212° F deb olinadi), Frantsiyada esa Reomyur shkalasi (0° R va 80° R) qo'llaniladi.

Temperaturani o'lchaydigan asboblarga: kengayish, manometrik, qarshilik, termoelektrik termometrlar va pirometrlar kiradi. Ulardan eng oddiy va ko'p ishlatiladigani shishali kengayish termometrlari bo'lib, ularning ishlashi suyuqliklarning o'z hajmini issiqlik ta'sirida o'zgartirishiga asoslangan

Bosim. Idishdagi gaz molekulalari to'xtovsiz va xaotik harakatda bo'ladi, ular bir-biri bilan to'qnashib, idish devoriga uriladi va devorga gaz molekulalari zarbiy kuchining ta'siri seziladi . Bosim-yuza birligiga normal ravishda ta'sir etuvchi kuch bilan xarakterlanuvchi kattalik.

$$R = \frac{F_n}{S} \quad (1. 4)$$

bu erda: F_n -normal ta'sir etuvchi kuch , N;

S-sirt yuzasi, m²

1N kuchning kuch yoʻnalishiga perpendikulyar boʻlgan 1m^2 yuzaga beradigan bosimi SI da bosim birligi tarzida qabul qilingan va unga Paskal' (Pa) deb nom berilgan. Bosimning bu birligi kichik boʻlganligi sababli hisoblarda kilopaskal' ($1\text{kPa}=10^3\text{ Pa}$), megapaskal' ($1\text{MPa}=10^6\text{ Pa}$) yoki boshqa oʻlchov birligidagi bar ($1\text{bar}=10^5\text{ Pa}$), mm simob ustuni (1mm. sim. ust. =133, 322Pa), mm. suv ustuni (1mm. suv. ust. =9,81Pa) va boshqa birliklardan foydalaniladi.

Barometrlarda oʻlchanadigan atmosfera bosimi barometrik bosim deyiladi va R_{bar} bilan belgilanadi.

Koʻpchilik protsesslar atmosfera bosimidan yuqori bosimlarda oʻtadi (qozondagi bug' bosimi, suyuqlik ustuni hosil qilgan bosim va boshqa). Bu bosimlardan har qaysisi atmosfera bosimiga qoʻshimcha, yaʼni ortiqcha boʻladi.

Ortiqcha bosim manometr bilan oʻlchanadi va R_{ort} yoki R_{man} orqali belgilanadi. Atmosfera va ortiqcha bosimlar yigʻindisi toʻla yoki absolyut bosim deyiladi.

$$R_{\text{abs}} = R_{\text{bar}} + R_{\text{man}} \quad (1.5)$$

Agar protsesslar siyraklanishda (vakuumda) barcha barometrik bosim bilan siyraklanish orasidagi ayirma absolyut bosimni ifodalaydi:

$$R_{\text{abs}} = R_{\text{bar}} - R_{\text{vak}} \quad (1.6)$$

bu erda : R_{vak} -vakuummetr bilan oʻlchanadigan siyraklanish.

1.3 TERMODINAMIKAVIY PROTSESS

Ham oʻzaro, ham atrofdagi muhit bilan taʼsirlashib turuvchi material jismlar toʻplamini **termodinamikaviy sistema** deb, koʻrib chiqilayotgan sistema chegarasidan tashqarida boʻlgan boshqa barcha material jismlarni atrofdagi yoki **tashqi muhit** deb atash qabul qilingan.

Termodinamikaviy sistemaga tsilindrda joylashgan va tashqi muhitdan porshen' bilan ajratilgan ishchi jism misol boʻla oladi.

Agar termodinamikaviy sistema tashqi muhitdan ideal issiqlik izolyatsiyasi bilan ajratilgan boʻlib, ular orasida issiqlik almashinishi sodir boʻlmasa - **adiabatik sistema** deyiladi.

Kimyoviy tarkibi va fizikaviy xossasi sistemaning barcha qismlarida bir xil yoki bitta nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga qarab uzluksiz oʻzgaradigan sistema **gomogen sistema** deb ataladi (masalan, suv, muz, havo, gazlar).

Turli fizikaviy xossalarga ega boʻlgan, bir necha makroskopik qismlardan iborat, bir-biridan koʻrinadigan qismlari sirti ajralib turgan sistema **geterogen sistema** deb ataladi (masalan suv va muz, suv va bug').

Tashqi muhit bilan energiya almashish natijasida termodinamikaviy sistemaning bir muvozanat holatdan boshqasiga o'tishi (holat parametrlaridan birortasi o'zgarsa ham) **termodinamikaviy protsess** deyiladi.

Muvozanat holat deganda jismning barcha nuqtalarida bosim, temperatura, solishtirma hajm va boshqa fizik xususiyatlari bir xil bo'lgan, ya'ni berilgan tashqi sharoitlarda termodinamikaviy sistema intiladigan holat tushuniladi.

Sistema muvozanatdagi holatlarining uzluksiz ketma-ketligidan iborat bo'lgan protsesslar **muvozanatdagi protsess** deyiladi. Protsessning o'tishi jarayonida sistema muvozanat holatida bo'lmaydigan protsess **muvozanatdagimas protsess** deb ataladi.

Har qanday real protsess ma'lum darajada muvozanatdagimas holatda bo'ladi. Protsessning amalga oshirilish tezligini pasaytirish yo'li bilan bu muvozanatlikni kamaytirish mumkin.

Protsessda parametrlarning o'zgarishini tasvirlovchi chiziq protsessning egri chizig'i deb ataladi. Protsess egri chizig'ining har qaysi nuqtasi sistemaning muvozanatdagi holatini xarakterlaydi. Faqat sistema muvozanatdagi holatlarining uzluksiz ketma-ketligidan iborat protsesslar, ya'ni muvozanatdagi protsesslarnigina grafikaviy tasvirlash mumkin.

1.4 IDEAL GAZNING HOLAT TENGLAMASI

Ideal gaz modeli hodisaning sodir bo'lishida ikkinchi darajali ta'sir ko'rsatadigan omillarni hisobga olmasdan, quyidagi soddalashtirishlar asosida vujudga keltirilgan:

1. gaz molekulalari orasida o'zaro ta'sirlashish kuchlari mavjud emas;
2. gaz molekulalarining o'lchamlari hisobga olmasa ham bo'ladigan darajada kichik;
3. gaz molekulalarining o'zaro to'qnashuvlari xuddi elastik sharlarning to'qnashuvidek sodir bo'ladi.

Real gazlarning xossalari yuqori temperatura va past bosimlarda ideal gazga yaqin bo'ladi. Ideal gaz modelining kiritilishi jismning holatini belgilaydigan asosiy termodinamikaviy holat parametrlari orasidagi bog'lanishni, ideal gaz qonunlari asosida matematik ifodalash imkonini beradi.

Sof moddaning har qanday uchta holat parametri (P , ϑ va T) o'zaro bir qiymat bilan bog'langan. Bu qiymatlarni o'zaro bog'laydigan tenglama ayni moddaning holat tenglamasi deyiladi va quyidagicha yoziladi:

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

Ideal gazning absolyut bosimi bilan solishtirma hajmi ko'paytmasini absolyut temperaturaga nisbatan o'zgaras kattalik. 1 kg gaz uchun bu o'zgaras kattalik R harfi bilan belgilanadi va gaz doimiysi deyiladi:

$$\frac{P\vartheta}{T} = R \text{ yoki } P\vartheta = RT \quad (1.8)$$

(1.8) tenglama 1 kg ideal gazning holat tenglamasi yoki Klayperon tenglamasi deyiladi.

(1.8) tenglamaning ikkala qismini m kg ga ko'paytirib gazning ixtiyoriy miqdori uchun holat tenglamasini olamiz

$$PV = mRT \quad (1.9)$$

Gaz doimiysi R ning fizikaviy ma'nosini aniqlaymiz.

$$R = \frac{P\vartheta}{T} = \frac{H}{M^2} \cdot \frac{M^3}{K^2} : K = \frac{H \cdot M}{K^2 \cdot K} = \frac{Ж}{K^2 \cdot K}$$

Demak, gaz doimiysi R 1 kg gazning 1° isitilganda bajargan kengayish solishtirma ishi bo'lib, har qaysi gaz uchun o'zgaras kattalikdir.

(1.8) tenglamaning ikkala qismini molekulyar massa μ ga ko'paytirib bir mol' ideal gaz uchun holat tenglamasini olamiz.

$$PV_{\mu} = \mu RT \quad (1.10)$$

(1.10) tenglamadagi μR ko'paytma R_0 orqali belgilanadi va universal gaz doimiysi deyiladi. R_0 ning qiymati 1 mol' gazning istalgan holati uchun o'zgaras kattalikdir. (1.9) va (1.10) tenglamalar Klayperon-Mendeleev tenglamasi deb ataladi.

Qulaylik maqsadida R_0 ning qiymatini normal fizik sharoitlarda hisoblaymiz. Normal sharoitda, ya'ni $T_0 = 273,15$ K temperatura va $R_0 = 101325$ Pa atmosfera bosimiga teng bosimda har qanday gazning 1 kmoli 22,414 m³ ga teng hajmni egallaydi.

$$V_{\mu} = 22,414 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}' \text{ bo'ladi.}$$

Bu miqdorlarni (1.10) ga qo'yib universal gaz doimiysining son qiymatini topamiz.

$$R_0 = \frac{P_0 V_{\mu}}{T_0} = \frac{101325 \cdot 22,414 \cdot 10^{-3}}{273,15} = 8,314 \frac{Ж}{\text{моль} \cdot К} = 8314 \frac{Ж}{\text{кмоль} \cdot К}$$

$\mu R = R_0$ bo'lgani uchun, gaz doimiysi R ning qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

$$R = \frac{R_0}{\mu} = \frac{8314}{\mu} \quad (1.11)$$

Masalan, kislorod uchun ($\mu_{O_2} = 32$) gaz doimiysi:

$$R_{O_2} = \frac{8314}{32} = 259,8 \frac{\text{Ж}}{\text{К}^2 \cdot \text{К}};$$

azot uchun ($\mu_{N_2} = 28,02$):

$$R_{N_2} = \frac{8314}{28,02} = 296,8 \frac{\text{Ж}}{\text{К}^2 \cdot \text{К}}$$

1.5 IDEAL GAZLAR ARALASHMASI

Ishchi jism ko'pincha xususiyatlari ideal gaz holatiga yaqin bo'lgan bir necha gazlar aralashmasidan iborat bo'ladi.

Masalan, qozon qurilmalaridan chiqib ketayotgan yoki ichki yonuv dvigatellarida ishchi jism bo'lgan yonish mahsulotlari, havo, tabiiy gaz va shu kabilar.

Har qanday alohida gaz o'zini gazlar aralashmasida shunday tutadiki, guyo uning bir o'zi aralashmaning butun hajmini egallagandek bo'ladi. Aralashmada har bir gaz o'zining fizik xususiyatlarini to'liq saqlab qoladi va o'zaro kimyoviy reaksiyaga kirishmaydi.

Ideal gazlar aralashmasi Dal'ton qonuniga bo'ysunadi: bu qonunga ko'ra gazlar aralashmasining bosimi ayrim komponentlar partsial bosimlarining yig'indisiga teng:

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i \quad (1.12)$$

bu erda: $R_1, R_2, \dots, R_n$ - aralashma komponentlarining partsial bosimlari.

Gazlar aralashmasidagi biror komponent aralashma temperaturasida bo'lib, bir o'zi shu aralashma egallagan hajmni to'ldirganda ko'rsatadigan bosimi ayni komponentning partsial bosimi deyiladi.

Gazlar aralashmasining tarkibi massaviy yoki hajmiy ulushlar bilan aniqlanadi.

Agar massasi m bo'lgan aralashma n komponentdan tarkib topgan bo'lsa, aralashmadagi ayrim komponentlarning massaviy ulushlari quyidagiga teng bo'ladi:

$$g_1 = \frac{m_1}{m}; g_2 = \frac{m_2}{m}; \dots; g_n = \frac{m_n}{m}; \quad (1.13)$$

bu erda: m_1, m_2, m_n - aralashmani hosil qiluvchi ayrim komponentlarning massalari.

Aralashmaning massasi ayrim komponentlar massalarining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$m = m_1 + m_2 + \dots + m_n \quad (1.14)$$

Gazlar aralashmasidagi ayrim komponentlar massaviy ulushlarining yig'indisi birga teng:

$$g_1 + g_2 + \dots + g_n = \sum_{i=1}^n g_i = 1 \quad (1.15)$$

Agar n komponentdan tarkib topgan aralashmaning hajmi V bo'lsa, u holda aralashmadagi komponentlarning hajmiy ulushlari quyidagi tengliklar bilan aniqlanadi:

$$r_1 = \frac{V_1}{V}; r_2 = \frac{V_2}{V}; \dots; r_n = \frac{V_n}{V}; \quad (1.16)$$

Gazlar aralashmasidagi komponentlar partsial hajmlarning yig'indisi aralashmaning to'la hajmiga teng:

$$V_1 + V_2 + \dots + V_n = V \quad (1.17)$$

Gazlar aralashmasidagi komponentlar hajmiy ulushlarining yig'indisi birga teng:

$$r_1 + r_2 + \dots + r_n = \sum_{i=1}^n r_i = 1 \quad (1.18)$$

Massaviy va hajmiy ulushlar orasida quyidagi bog'lanishlar mavjud:

$$g_i = \frac{m_i \cdot r_i}{m} = \frac{R \cdot r_i}{R_i} \quad (1.19)$$

$$r_i = \frac{R_i \cdot g_i}{R} = \frac{m \cdot g_i}{m_i} \quad (1.20)$$

Gazlar aralashmasi holat tenglamalariga bo'ysunadi:

$$PV = mRT \quad \text{yoki} \quad PV_\mu = \mu RT$$

Aralashmaning gaz doimiysini massaviy ulushlar orqali quyidagi tenglikdan topish mumkin:

$$R = g_1 R_1 + g_2 R_2 + \dots + g_n R_n = \sum_{i=1}^n g_i R_i \quad (1.21)$$

Aralashmaning o'rtacha molekulyar massasi:

$$\mu = \frac{R_0}{R} = \frac{8314}{\sum_{i=1}^n g_i \cdot R_i} \quad (1.22)$$

Gazlar aralashmasining tarkibi hajmiy ulushlarda berilgan bo'lsa, aralashmaning o'rtacha molekulyar massasi:

$$\mu = r_1 \mu_1 + r_2 \mu_2 + \dots + r_n \mu_n = \sum_{i=1}^n r_i \mu_i \quad (1.23)$$

Aralashmaning gaz doimiysi:

$$R = \frac{R_0}{\mu} = \frac{8314}{\sum_{i=1}^n r_i \cdot \mu_i} \quad (1.24)$$

1.6 GAZLARNING ISSIQLIK SIG'IMI

Massalari bir xil bo'lgan ikkita turli moddani bir xil temperaturagacha qizdirish uchun turli miqdorda issiqlik sarflash kerak bo'ladi. Demak, har qanday moddaning faqat shu jismga xos issiqlik sig'imi bo'ladi.

Jismning temperaturasini bir gradusga o'zgartirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori jismning issiqlik sig'imi deyiladi:

$$C_x = \frac{\delta q}{\delta t} \quad (1.25)$$

Bu nisbat jismning t - temperaturadagi haqiqiy issiqlik sig'imini ifodalaydi.

Tanlangan birliklarga ko'ra, texnikaviy hisoblashlarda quyidagi issiqlik sig'implari qo'llaniladi:

1 kg modda massasiga nisbatan olingan issiqlik sig'imi-massaviy issiqlik sig'imi deb ataladi. $C_{x, \text{Ж}} / (\text{кг} \cdot \text{К})$;

Jismning issiqlik sig'imini, normal fizik sharoitdagi hajmga nisbati-hajmiy issiqlik sig'imi deyiladi: $C_{x, \text{Ж}} / (\text{м}^3 \cdot \text{К})$;

1 molga nisbatan olinadigan issiqlik sig'imi molyar issiqlik sig'imi deb ataladi: $C_{m, \text{Ж}} / (\text{моль} \cdot \text{К})$;

Issiqlik sig'implarining uchala turi o'zaro quyidagicha boglangan:

$$C_x = C_{x, \text{Ж}}^i \cdot \vartheta_0 = C_m / \mu;$$

bu erda: ϑ_0 - solishtirma hajm; μ - molekulyar massa.

Gazsimon jismlarda issiqlik sig'imi suyuq va qattiq jismlardagidan farq qilib, jismga issiqlik keltirilayotgandagi yoki undan olib ketilayotgandagi jarayon xususiyatiga bog'liq.

Issiqlik texnikasida o'zgarmas hajmda va o'zgarmas bosimda boradigan protsesslar katta ahamiyatga ega. Protsess o'zgarmas hajmda borganda issiqlik sig'imi izoxorik deyiladi va S_g bilan belgilanadi, o'zgarmas bosimda borganda esa izobarik deyiladi va S_p bilan belgilanadi.

Izoxorik protsessda berilgan barcha issiqlik temperatura va bosimni o'rnatishga sarflanadi. Izobarik protsessda esa gazga berilgan issiqlikning bir qismi gaz temperaturasining ko'tarilishiga, ikkinchi qismi tashqi ish bajarishga sarflanadi. Demak, bir gazning o'zini bir xil sharoitda bir xil temperaturagacha qizdirilganda izobarik

protsessda, izoxorik protsessdagiga qaraganda ko'proq issiqlik sarflash kerak bo'ladi. SHuning uchun $S_p > S_v$ bo'ladi. ular orasidagi miqdoriy bog'liqlik Mayer tenglamasiga ko'ra aniqlanadi:

$$C_p - S_v = R \quad (1.26)$$

Amaliy hisoblashlarda o'rtacha issiqlik sig'imidan foydalaniladi. Jismga berilayotgan issiqlik miqdori q_{1-2} ni temperaturalar farqi $t_2 - t_1$ ga nisbati shu jismning $t_1 - t_2$ temperaturalar oralig'idagi o'rtacha issiqlik sig'imi deyiladi:

$$C_x \int_{t_1}^{t_2} = \frac{q_{1-2}}{t_2 - t_1} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} C_x dt \quad (1.27)$$

Agar O dan t, °C gacha oraliqdagi issiqlik sig'imi jadvallarda berilgan bo'lsa, o'rtacha issiqlik sig'imi quyidagi tenglikdan topilishi mumkin:

$$C_x \int_{t_1}^{t_2} = \frac{C_x \int_0^{t_2} - C_x \int_0^{t_1}}{t_2 - t_1} \quad (1.28)$$

Termodinamikada izoborik va izoxorik issiqlik sig'imlarining nisbati keng qo'llaniladi, K harfi bilan belgilanib-adiabata ko'rsatgichi deyiladi:

$$K = C_p / C_v \quad (1.29)$$

Klassik-kinetik nazariyaga ko'ra K-ni molekula erkinlik darajalari sonidan foydalanib topishimiz mumkin:

$$K = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_v + R}{C_v} = \frac{i + 2}{i} \quad (1.30)$$

Agar $C_x = \text{const}$ deb qabul kilsak, (1.30) ifodaga asosan: $i=3$ bo'lganda bir atomli gaz uchun $K=1.66$; $i=5$ bo'lganda ikki atomli gaz uchun $K=1.4$; $i=6$ bo'lganda uch va ko'p atomli gaz uchun $K=1.33$ bo'ladi.

Issiqlik qurilmalarini hisoblashlarda gazlar aralashmasining issiqlik sig'imini aniqlashga to'g'ri keladi. Aralashmaning issiqlik sig'imi aralashmani tashkil etuvchi komponentlarning issiqlik sig'imlari bilan ularning massaviy yoki hajmiy ulushlari ko'paytmasining yig'indisiga teng.

Agar aralashmaning tarkibi gazning massasi bo'yicha berilgan bo'lsa:

$$C_{ap} = C_{x_1} \cdot g_1 + C_{x_2} \cdot g_2 + \dots + C_{x_n} \cdot g_n = \sum_{i=1}^n C_{x_i} \cdot g_i \quad (1.31)$$

Agar aralashmaning tarkibi hajmiy ulushlarda berilgan bo'lsa:

$$C_{ap} = C_{x_1} \cdot r_1 + C_{x_2} \cdot r_2 + \dots + C_{x_n} \cdot r_n = \sum_{i=1}^n C_{x_i} \cdot r_i \quad (1.32)$$

bu erda:

- C_i -aralashma komponentining massaviy issiqlik sig'imi;
- g_i -aralashma komponentning massaviy ulushi;
- r_i - aralashma komponentning hajmiy ulushi.

SINOV SAVOLLARI:

1. Issiqlik texnikasi fanining vazifasi.
2. Temperatura shkalalari orasidagi bog'lanishlar.
3. Absolyut bosim qanday aniqlanadi.
4. Termodinamikaviy protsess.
5. Ideal gaz.
6. Holat tenglamasi.
7. Gazlar aralashmasi.
8. Issiqlik sig'imi.
9. Cun'iy sovitish.
10. Termodinamikaviy sistema.
11. Gaz doimiysining ma'nosi.
12. Òrtacha issiqlik sig'imi.

TAYANCH IBORALAR

Issiqlik texnikasi, energetika, texnikaviy termodinamika, òolat parametrlari, temperatura, bosim, termodinamikaviy sistema, termodinamikaviy protsess, ideal gaz, òolat tenglamasi, gaz doimiysi, gazlar aralashmasi, Dal'ton qonuni, issiqlik sig'imi.

2 - MA`RUZA. TEMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI

REJA:

- 2.1 *Issiqlik va ish.*
- 2.2 *Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni.*
- 2.3 *Ichki energiya.*
- 2.4 *Ishning analitik ifodasi.*
- 2.5 *Qaytar va qaytmaz protsesslar.*
- 2.6 *Termodinamika birinchi qonunining tenglamasi.*
- 2.7 *Ental'piya.*
- 2.8 *Entropiya.*

ADABIYOTLAR

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 45-59 b.
2. CHernyak O.V. Teplotexnika va gidravlika asoslari. Toshkent, 1997 y. 91-102 b.
3. Efendiev A.M., Asraev R.A. Issiqlik texnikasidan qisqacha lektsiya kursi. Buxoro. 1992 y. 18-31 b.

2.1 ISSIQLIK VA ISH

Issiqlik va ish termodinamikaning eng muhim tushunchalaridan biridir. Issiqlik tushunchasi mohiyatan ish tushunchasiga yaqin. Issiqlik ham, ish ham energiya uzatish shakllaridandir. SHuning uchun ham jismning biror issiqlik yoki ish zaxirasi bor deb aytishning xech qanday ma`nosi yo`q. Faqat jismga ma`lum miqdorda issiqlik yoki ish berilgan deb ta`kidlash o`rinli bo`ladi.

Issiqlik energiya uzatishning shunday shakli, u jismlarning bevosita o`zaro kontaklashishi (issiqlik o`tkazuvchanlik, konvektsiya), yoki energiyani nur holida uzatish bilan ifodalanadi. energiya uzatishning bu shakli issiqlik uzatish deb, uzatilgan energiya miqdori esa issiqlik miqdori deb ataladi. Binobarin, issiqlik miqdori ham energiya birliklarida o`lchanishi lozim. SHuning uchun SI da issiqlik miqdori joul' (J) hisobida o`lchanadi. Ixtiyoriy issiqlik miqdori $Q(J)$, solishtirma issiqlik miqdori $q (J/kg)$ bilan belgilanadi. Jism olgan issiqlik miqdorini musbat, jism bergan issiqlik miqdorini esa manfiy deb atash qabul qilingan.

Ish energiya uzatishning boshqacha mexanizmidan iborat, ya`ni ish doimo jismlar yoki jism qismlarining makroskopik siljishlari bilan bog`liq.

Mexanikaviy ish bajarilgan holda jismning hajmi albatta o'zgaradi. Bu usul energiya shaklida uzatilishi, protsessda uzatilgan energiya miqdori esa ish deb ataladi. Jismning ish shaklida qabul qilgan energiya miqdori jismning sarflangan ishi deyiladi.

Jismning sarflangan ishi manfiy, bajargan ishi musbat deb qabul qilingan. Ixtiyoriy miqdordagi ish shaklida uzatilgan energiya $L_{(J)}$, solishtirma ish miqdori $l_{(J)}$ bilan belgilanadi.

Issiqlik miqdori va bajarilgan ish holat funktsiyasi bo'lmagan, balki protsess funktsiyasidir. U faqat jismning boshlang'ich va oxirgi holatlari bilan emas, balki jism holatining o'zgarishi amalga oshgan yo'l bilan ham aniqlanadi.

Jismning holati 1 dan 2 ga o'zgarganda uzatilgan issiqlik miqdori va bajarilgan ish termodinamik protsessga bog'liq bo'lganligi uchun quyidagicha belgilanadi.

$$\int_1^2 \delta Q = Q_{1-2}; \int_1^2 \delta L = L_{1-2}; \quad (2.1)$$

Demak, jismning holatini termodinamik protsessda o'zgarishida, bir jismdan ikkinchi jismga energiya uzatilishi faqat ish va issiqlik shaklida bo'ladi.

2.2 ENERGIYANING SAQLANISH VA AYLANISH QONUNI

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni tabiatning umumiy xarakterga ega bo'lgan fundamental qonunidir.

Bu qonunga ko'ra energiya yo'qdan bor bo'lmaydi, bordan yo'q bo'lib ketmaydi, bir turdan ikkinchi turga o'tib turishi mumkin, bunday o'tishda energiya bir turining muayyan miqdori ikkinchi tur energiya shunga teng miqdoriga aylanadi. YA'ni, izolyatsiyalangan har qanday sistema ichidagi energiya miqdori o'zgarasdan saqlanib turadi.

Energiyaning saqlanishi va aylanishi qonunining umumiy ta'rifini M. V Lomonosov tomonidan XVIII asrning birinchi yarmida berilgan.

R. Mayer 1842 yilda tajribalar natijasida sarflangan ish L va hosil qilingan issiqlik miqdori Q orasida to'g'ri proportsionallik borligini aniqladi:

$$Q = A \cdot L \quad (2.2)$$

bu erda: A -ishning issiqlik ekvivalenti bo'lib, u issiqlik hosil qilish usuli, ish turi, jism temperaturasi va xokazolarga qaramasdan doimo bir xil qiymatga ega:

$$A = \frac{1}{427}, \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{К} \cdot \text{М}}$$

Agar ish va issiqlik bir xil birliklarda o'lichansa, u holda ekvivalent A birga teng bo'lib (2. 2) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$Q = L \quad (2. 3)$$

SHunday qilib, hosil qilingan issiqlik miqdorining sarflangan ish miqdoriga ekvivalentligi ko'rsatildi; issiqlik sarflash hisobiga ish bajarilganda ham bu munosabat to'g'ri bo'ladi.

2.3 ICHKI eNERGIYA

Jism ichki energiyasi - jism molekulalarining xaotik harakati kinetik energiyalari, molekulalarining o'zaro ta'sirlashishi potentsial energiyalari, molekulalarni tashkil etuvchi atomlarning tebranma harakat energiyalari, molekulalar tarkibidagi atomlarning bog'lanishi energiyalari va atom yadrolarining energiyalari yig'indisi tarzida aniqlanishi mumkin:

$$U = U_{kin} + U_{nom} + U_o \quad (2. 4)$$

bu erda: U_{kin} - molekulalarning ichki kinetik energiyasi;

U_{pot} - molekulalarning ichki potentsial energiyasi;

U_o - integrallash doimiysi.

Jismning to'liq ichki energiyasi U (J), solishtirma ichki energiyasi $u = \frac{U}{m}$ (J/kg) bilan belgilanadi.

Ichki energiya qiymati jismning massasiga bog'liq. SHuning uchun sistema ichki energiyasi sistema har qaysi qismlarining ichki energiyalari yig'indisiga teng bo'ladi:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n = \sum_{i=1}^n U_i \quad (2. 5)$$

Jism ichki energiyasining biror protsessda o'zgarishi protsessning xarakteriga bog'liq bo'lmasdan uning boshlang'ich va oxirgi holatlari bilan aniqlanadi:

$$\Delta U = U_1 - U_2 = \oint (P_2, \mathcal{G}_2, T_2) - \oint (P_1, \mathcal{G}_1, T_1) \quad (2. 6)$$

Aylanma protsesslarda solishtirma ichki energiyaning o'zgarishi nolga teng bo'ladi:

$$U_2 - U_1 = \oint du = 0 \quad (2. 7)$$

Joul' qonuniga ko'ra ideal gaz solishtirma ichki energiyasi bosimga va hajmga bog'liq bo'lmasdan faqat uning temperaturasiga bog'liq bo'ladi:

$$U = \oint (T) \quad (2. 8)$$

Agar sistemaning hajmi o'zgarmasdan saqlansa, ya'ni izoxorik protsess amalga oshirilayotgan bo'lsa, u holda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$C_g = \frac{du}{dt} \quad \text{yoki} \quad du = C_g dt \quad (2.9)$$

Agar real gazga kelsak, ichki energiyasi temperaturagagina emas, balki hajmiga ham bog'liq bo'ladi.

2.4 ISHNING ANALITIK IFODASI

Termodinamikaviy sistema bajargan mexanikaviy ishni hisoblab topish uchun tsilindrda porshen' ostidagi 1 kg gazdan iborat sistemani ko'rib chiqamiz. Uning holati P_1, ϑ_1, T_1 parametrlar bilan aniqlanadi, bu diagrammada (2.1-rasm) nuqta 1 ga to'g'ri keladi.

Sistemaga issiqlik keltirilganda gaz issiqlik ta'sirida o'zgarmas bosimda kengayib, porshenga R kuch bilan bosim berib uni o'ng tomonga S masofaga siljitadi, bunda gaz ish bajaradi.

Porshenga gaz tomonidan ta'sir etuvchi kuch miqdoriy jihatdan $R=PF$ ga teng, bunda R - gazning bosimi; F - porshenning yuzi.

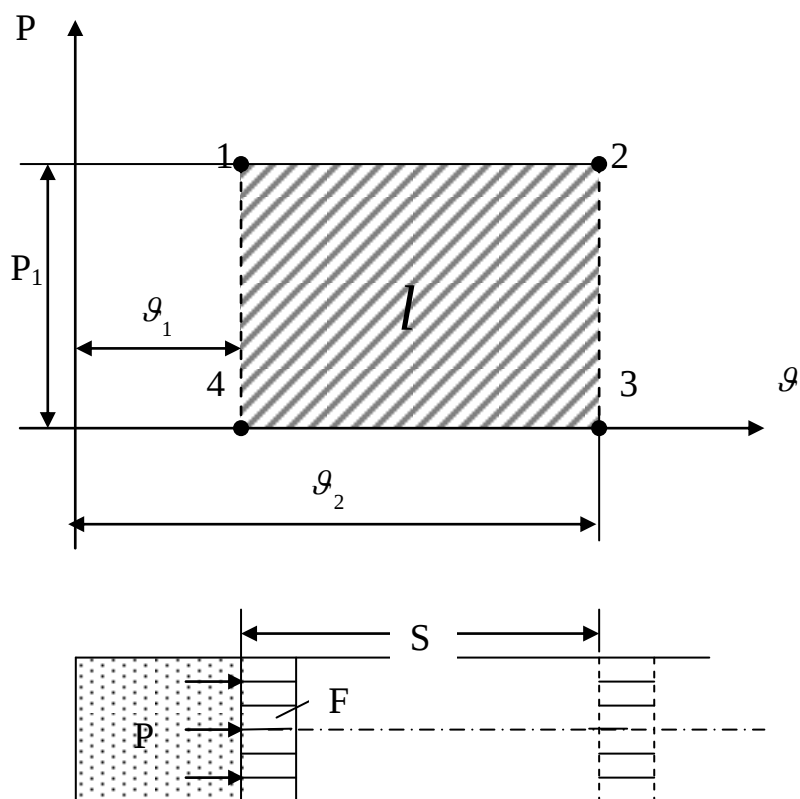
Mexanikadan ma'lumki, ish kuchning yo'lga ko'paytmasiga teng:

$$l = RS = PFS$$

Lekin porshen' yuzasi F ning S ga ko'paytmasi tsilindrning porshen' boshlang'ich va oxirgi holatlari orasidagi hajmidir:

$$FS = (\vartheta_2 - \vartheta_1) \quad \text{va} \quad l = P(\vartheta_2 - \vartheta_1) = p\Delta\vartheta \quad (2.10)$$

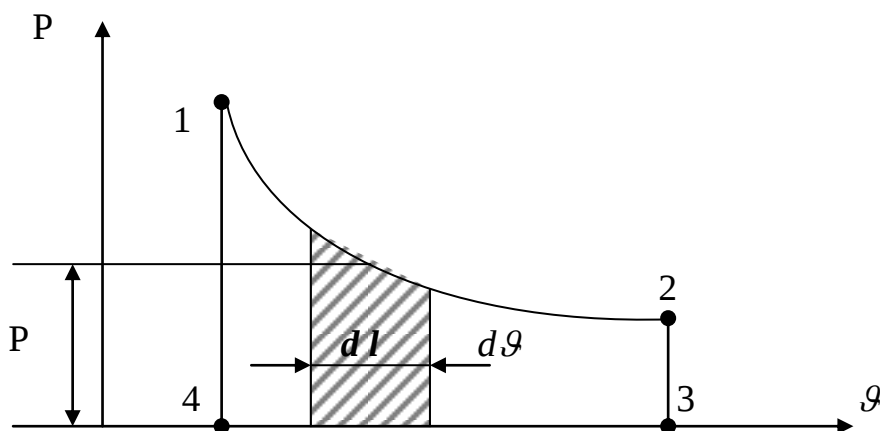
Demak solishtirma ish l P ϑ - diagrammada (2.1-rasm) protsess 1-2 ostidagi yuzaga, ya'ni 1-2-3-4-1 yopiq konto'ning yuzasiga teng.



2.1- расм .

Hajm o'zgarishi bilan bosim ham o'zgaradigan termodinamikaviy protsessda (2.2-rasm) 1-2 egri chiziq ostidagi yuza solishtirma ish miqdorini ifodalaydi.

1-2 egri chiziqda gazning kengayishida hajmi cheksiz kichik $d\gamma$ ga o'zgaradigan elementar protsess ajratamiz. U holda hajm $\Delta\gamma = d\gamma$ qiymatga



2.2 - расм.

o'zgarganda gazning kengayishida bajarilgan ish dl (2.10) ifodaga ko'ra quyidagiga teng bo'ladi:

$$dl = p dv \quad (2.11)$$

$P \vartheta$ - diagrammada elementar ish dl cheksiz kichik shtrixlangan trapetsiya yuzasi ko'rinishida tasvirlanadi, bu yuzaning kattaligi asos $d\vartheta$ ni P balandlikka ko'paytirish yo'li bilan aniqlanadi.

Gazning 1-2 protsessda bajargan solishtirma ishi boshlang'ich hajm ϑ_1 dan oxirgi hajm ϑ_2 gacha chegarada olingan muayyan integralga teng:

$$l_{1-2} = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} p d\vartheta \quad (2.12)$$

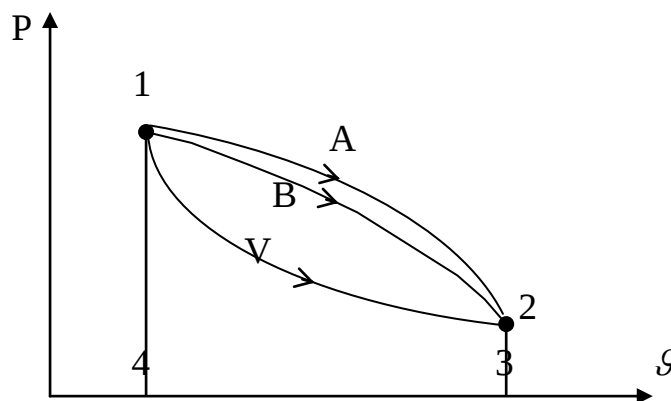
Kengayish ishini gazning m kg massasiga taallukli desak,

$$\delta L = P dV \quad \text{ëku} \quad L = m \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} P d\vartheta = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} P dV \quad (2.13)$$

Sistema V_1 hajmga ega bo'lgan holatdan V_2 hajmli holatgacha kengayganida sistema bajaradigan ishning kattaligi bu holatlarning parametrlarigagina emas, balki kengayish protsessining qanday yo'l bilan amalga oshirilayotganligiga ham bog'liq. 2.3-rasmda tasvirlangan $P \vartheta$ - diagrammadan ko'rinib turibdiki, kengayish protsessi qaysi yo'ldan borishiga qarab integral

$$l = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} p d\vartheta$$

ning kattaligi turlicha bo'ladi.



2. 3 - расм.

1-A-2 protsessda gazning kengayish ishi 1-A-2-3-4-1 yuza bilan, 1-B-2 protsessda 1-B-2-3-4-1 yuza bilan, 1-V-2 protsessda esa 1-V-2-3-4-1 yuza bilan tasvirlanadi.

Demak kengayish ishi protsessning funktsiyasidir.

2.5 QAYTAR VA QAYTMAS PROTSESSLAR

Termodinamikaviy protsess termodinamikaviy sistemaning uzluksiz o'zgarib turadigan holatlari to'plamidan iborat.

To'g'ri va teskari yo'nalishlarda sodir bo'lishi natijasida termodinamikaviy sistema dastlabki holatiga qaytadigan protsesslar qaytar protsesslar deb ataladi. To'g'ri va teskari protsesslarning birgalikda sodir bo'lishi natijasida atrofdagi muhitda xech qanday o'zgarish bo'lmaydi.

To'g'ri va teskari yo'nalishlarda o'tkazilganda sistema dastlabki holatiga qaytmaydigan protsesslar qaytmas protsess deb ataladi. Amaliyotdan ma'lumki o'z-o'zidan sodir bo'ladigan barcha tabiiy protsesslar qaytmas bo'ladi.

Masalan, ishqalanish bilan sodir bo'ladigan protsesslarda ishqalanishni engishga sarflanadigan ish ishqalanishda ajralib chiqadigan issiqlikka aylanadi, bu issiqlik esa qaytib kelmaydi.

Amalda eng ko'p uchraydigan qaytmas protsesslardan biri issiqlikning ancha yuqori temperaturali jismdan pastrok temperaturali jismga o'tishidir.

Sistemada o'z-o'zidan sodir bo'ladigan har qanday protsess va binobarin, qaytmas protsess sistemada muvozanat qaror topmaguncha davom etadi.

Gazning kengayish ishi qaytar protsessda qaytmas protsessdagiga nisbatan ko'proq, gazning siqilishida esa teskari bo'ladi.

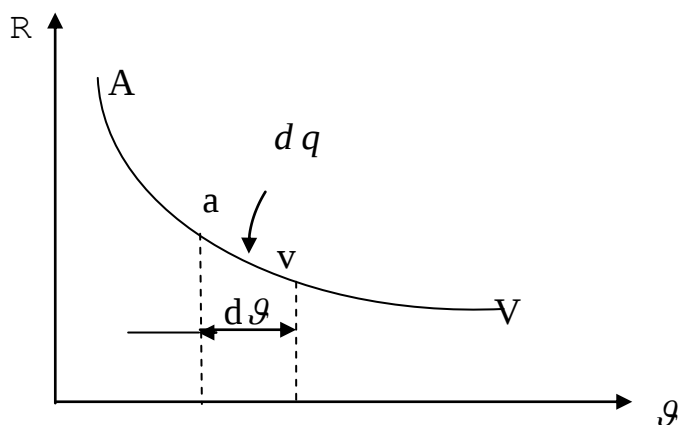
Faqat qaytar protsesslarni holat diagrammalarida grafik tasvirlash mumkin.

Qaytar protsesslarni o'rganish, amaliy jihatdan amalga oshirib bo'lmazligiga qaramasdan, real protsesslarning asosiy qonuniyatlarini aniqlashga imkon beradi. Chunki ko'pgina hollarda real protsesslar qaytar protsesslarga yaqin bo'lishi mumkin va yuzaga keladigan noaniqliklarni tegishli tuzatish koeffitsientlari bilan hisobga olish mumkin.

2.6 TERMODINAMIKA BIRINCHI QONUNING TENGLAMASI

Termodinamikaning birinchi bosh qonuni issiqlik - harakat muhim o'rin tutadigan sistemalar uchun energiya saqlanish va aylanish qonunining tatbikidir.

Agar 1 kg ishchi jism AV-termodinamik protsessni amalga oshirib (2.4-rasm), a-v elementar uchastkada cheksiz kichik energiyani-dq issiqlik miqdori shaklida uzatsa, uning temperaturasi va hajmi mos ravishda cheksiz kichik miqdor dT va dV ga o'zgaradi.



2. 4-pacm.

Jism temperaturasi dT ga ortganda molekular harakati tezligi va uning ichki kinetik energiyasi ortadi. Jism hajmi dV ga ortganda molekular orasidagi masofa uzoklashadi, bu uning ichki potentsial energiyasini ortishiga olib keladi.

Ichki kinetik va potentsial energiyaning o'zgarishi jismning solishtirma ichki energiyasi du ning to'liq o'zgarishiga teng. Hajm dV ga ortganida ishchi jism tashqi kuchlarga qarshi dl ish bajaradi.

U holda energiyaning saqlanish va aylanish qonuniga ko'ra:

$$dU = dq - dl; \quad U_2 - U_1 = q_{1-2} - l_{1-2} \quad (2.14)$$

yoki qaytar protsesslar uchun :

$$dq = du + dl; \quad q_{1-2} = U_2 - U_1 + \int_{g_1}^{g_2} P dg \quad (2.15)$$

Bu bog'lanish termodinamika birinchi qonunining matematik ifodasi bo'lib, u quyidagicha ta'riflanadi: sistema atrofidagi jismlar bergan issiqlik miqdori sistema ichki energiyasini o'zgartirishga va sistemaning tashqi jismlar ustida ish bajarishiga sarflanadi.

Ixtiyoriy miqdordagi ishchi jism uchun (2.15) quyidagicha o'zgaradi:

$$dQ = dU + dL; \quad Q_{1-2} = (U_2 - U_1) + L_{1-2} \quad (2.16)$$

(2.14), (2.15), (2.16) tenglamalar sistemasi bajaradigan ishning birdan bir turi kengayish ishi bo'lganda o'rinli bo'ladi.

Termodinamikaning birinchi qonuni birinchi tur abadiy dvigatel' yasash yo'lidagi urinishlarga chek qo'ydi: issiqlik dvigatellarida yonilg'ining yonishi tufayli ajratiladigan issiqlik miqdori evaziga ish bajariladi, lekin sistema davriy ravishda o'zining boshlang'ich holatiga qaytadi.

Demak, sistema ichki energiyasi oʻzgarmaydi, yaʼni $\Delta U = U_2 - U_1 = 0$ U holda (2.16) ga koʻra $Q=L$ boʻlib, davriy ravishda ishlaydigan dvigatelning bajaradigan ishi unga berilayotgan issiqlik miqdoridan katta boʻla olmaydi. Oladigan issiqlik miqdoriga nisbatan koʻproq ish bajaradigan xayoliy mashinani birinchi tur abadiy dvigatel' deb ataladi. Bunga koʻra termodinamika birinchi qonunini quyidagicha taʼriflash mumkin: birinchi tur abadiy dvigatel' yasash mumkin emas.

2.7 eNTAL'PIYA

Termodinamika birinchi qonunining tenglamasini (2.15) koʻrib chiqamiz:

$$dq = du + dl = du + pd\mathcal{G}$$

Lejandr oʻzgartirishidan foydalanib:

$$Pd\mathcal{G} = d(P\mathcal{G}) - \mathcal{G}dP$$

quyidagiga ega boʻlamiz :

$$dq = du + d(p\mathcal{G}) - \mathcal{G}dp = d(u + p\mathcal{G}) - \mathcal{G}dp$$

yaʼni:

$$dq = di - \mathcal{G}dp \quad (2.17)$$

$$\text{yoki} \quad q_{1-2} = i_2 - i_1 = \int_{p_1}^{p_2} \mathcal{G} dp$$

bu erda $U + P\mathcal{G}$ kattalik ental'piya deyiladi va i harfi bilan belgilanadi, yaʼni:

$$i = U + P\mathcal{G} \quad (2.18)$$

Ental'piya i gazning ichki energiyasi U va oʻzgarmas bosimda hajmi $\mathcal{G}_1$ dan $\mathcal{G}_2$ ga qadar oʻzgarganida gaz bajarishi mumkin boʻlgan ish $P\mathcal{G}$ ning yigʻindisiga teng boʻlib, jismning toʻliq energiyasini xarakterlaydi:

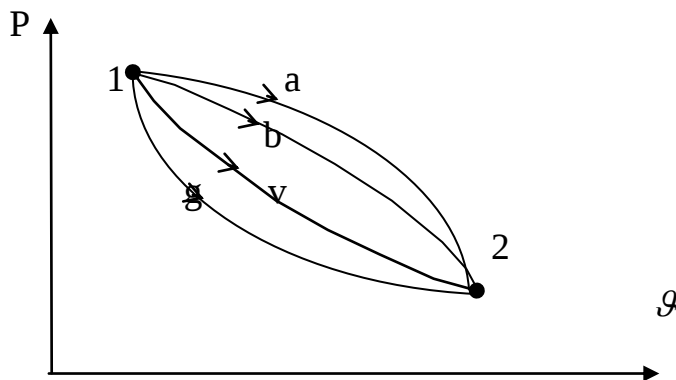
Ental'piya birligi Joul' (J) $I = m \cdot i$

Solishtirma ental'piya i birligi J/kg .

Ental'piya-holat funktsiyalari (U , P , $\mathcal{G}$) kattaliklarining kombinatsiyalaridan iborat boʻlganligi uchun, holat funktsiyasi boʻladi.

Jism solishtirma ental'piyasining biror protsessda oʻzgarishi protsessning xarakteriga bogʻliq boʻlmasdan, uning boshlangʻich va oxirgi holatlari bilan aniqlanadi. Solishtirma ental'piyaning oʻzgarishi 1 va 2 nuqta orasida boradigan barcha protsesslar uchun bir xil boʻladi. (2. 5-rasm)

$$a) \int_1^2 di = (b) \int_1^2 di = (e) \int_1^2 di = z \int_1^2 di \quad (2.19)$$



2.5 расм.

TSikllarda ental'piyaning o'zgarishi nolga teng bo'ladi:

$$\oint d i = 0 \quad (2.20)$$

Agar termodinamik sistemada qaytar protsess sodir bo'layotgan bo'lsa, kengayish ishi PdV dan tashqari sistema hajmining o'zgarishiga bog'liq bo'lmagan va tashqi ob'ektga beriladigan ish bajariladi. Uholda (2.15) va (2.16) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$dq = du + PdV + d l_g \quad (2.21)$$

$$dq = di - VdP + d l_g \quad (2.22)$$

(2.21) va (2.22) tenglamalar termodinamik sistema holatini o'zgarishida sodir bo'ladigan qaytar protsesslar uchun termodinamika birinchi qonunining umumiy analitik ifodasi hisoblanadi.

$P = \text{const}$ bo'lganda (2.17) tenglama

$$dP_p = di \quad (2.23)$$

ko'rinishga keladi.

O'zgarmas bosimda boradigan protsessda issiqlik miqdori faqat jismning ental'piyasini o'zgarishiga sarf bo'ladi:

$$q_p = \int_1^2 di = i_2 - i_1 \quad (2.24)$$

2.8 eNTROPIYA

Termodinamikaning birinchi qonuniga ko'ra:

$$dq = C_v dT + PdV, \quad P_{Hu} \quad \frac{RT}{V} \quad \text{ga o'zgartirib}$$

$$dq = C_v dT + RT \frac{dV}{V},$$

ga ega bo'lamiz.

Tenglikni har ikkala tomonini T ga bo'lib quyidagini olamiz:

$$\frac{dq}{T} = C_g \frac{dT}{T} + R \frac{d\vartheta}{\vartheta} \quad (2.25)$$

dq/T kattalik qaytar protsessda o'zgaruvchan funktsiyalar T va ϑ ning to'liq differentsialidir. Klauzius kiritgan bu funktsiya S bilan belgilanib entropiya deb ataladi:

$$dS = \frac{dq}{T} \quad (2.26)$$

Entropiyaning o'lchov birligi J/K

Modda massasi birligining entropiyasi solishtirma entropiya deyilib:

$$S = \frac{S}{m}, \quad \frac{\mathcal{K}}{\text{K}^2 \cdot \text{K}} \quad \text{da o'lchanadi.}$$

Entropiya ta'rifidan ko'rinishicha (2.26) entropiya birligining temperatura birligi bo'linmasiga teng.

Jismning har bir holatiga entropiyaning aniq bitta qiymati mos keladi. Binobarin, entropiya ham ichki, energiya va ental'piya kabi holatning bir qiymatli funktsiyasidir.

Har qanday termodinamik protsessda jism entropiyasining o'zgarishi o'tish yo'liga bog'liq bo'lmasdan, boshlang'ich va oxirgi holatlar bilan aniqlanadi.

Sistemaning entropiyasi turli qaytar protsesslarda ortishi va kamayishi mumkinligi (2.26) munosabatdan ko'rinib turibdi. Temperatura kattaligi T har doim musbat, bo'lganligidan sistemaga issiqlik berilganda ($dq > 0$) uning entropiyasi ortadi ($ds > 0$), issiqlik olinganda esa ($dq < 0$) uning entropiyasi kamayadi ($ds < 0$).

Solishtirma entropiyaning o'zgarishini T va ϑ funktsiyasi sifatida aniqlash uchun (2.25) tenglikni quyidagicha yozamiz:

$$dS = C_g \frac{dT}{T} + R \frac{d\vartheta}{\vartheta};$$

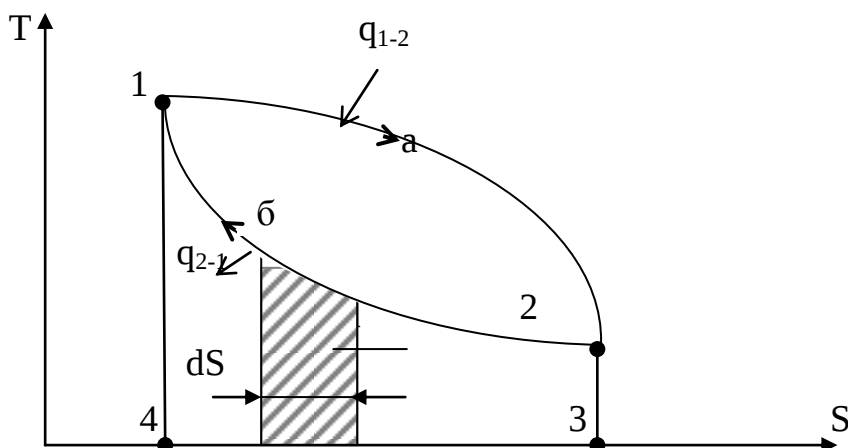
Bu tenglikni $C_g = \text{const}$ bo'lganda integrallab ideal gaz uchun entropiyaning o'zgarishini topamiz: .

$$S_2 - S_1 = C_g \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} \quad (2.27)$$

Entropiya tushunchasi issiqlik dvigatellarining tsikllarini analiz qilish uchun juda qulay bo'lgan holat diagrammasini kiritishga imkon beradi. Holat diagrammasida abtsissa bo'yicha entropiya, ordinata bo'yicha esa absolyut temperatura qo'yiladi.

Ts-diagrammada gazning holati nuqta bilan, protsess esa egri chiziq bilan tasvirlanib uning tenglamasi quyidagicha $T=f(s)$ ifodalanadi.

Protsess issiqligi Ts-diagrammada protsess chizig'i ostidagi yuza bilan aniqlanadi.



2.6-расм.

Agar Ts-diagrammada 1-2 chiziq ixtiyoriy protsessni tasvirlasa, u holda protsessning elementar issiqlik miqdori dq son jihatdan balandligi T va asosi dS bo'lgan yuzaga teng bo'ladi.

Protsessning barcha issiqligi protsess egri chizig'i 1-a-2 ostidagi yuzaga son jihatdan teng:

$$q_{1-2} = \int_{S_1}^{S_2} T dS \quad 1-a-2-3-4-1 = \int_{S_1}^{S_2} T dS \quad (2.28)$$

$dq = TdS$ tenglikdan ko'rinib turibdiki dq va dS bir xil ishoraga ega. Agar protsessda solishtirma entropiya ortsa, u holda ishchi jismga issiqlik beriladi, agar kamaysa issiqlik olinadi.

Qaytar aylanma protsess Ts-diagrammada 1-a-2-b-1 yuza bilan tasvirlanadi.

Keltirilgan va olingan issiqlik miqdori farqi ishchi jism qaytar aylanma protsessni amalga oshirishi natijasida olingan foydali tashqi ishni ifodalaydi:

$$q_{1-2} = l' = \oint T dS = \oint dq = \oint dl' \quad (2.29)$$

Demak, qaytar aylanma protsessda ishchi jism bajargan ish berk egri chiziq bilan chegaralangan yuzaga teng bo'ladi:

$$l' = \text{yuza 1-a-2-b-1} \quad (2.30)$$

Ts-diagrammaning qulayligi shundaki, qaytar aylanma protsessda temperaturaning o'zgarishi, keltirilgan va olingan issiqlik miqdori hamda protsessni amalga oshirish natijasida olingan ish diagrammada yaqqol tasvirlanadi.

SINOV SAVOLLARI:

1. Energiya uzatishning asosiy shakllari.
2. Ichki energiya.

3. Ishni $\dot{u}$ isoblash.
4. Termodinamikaning birinchi qonuni.
5. Ental'piya.
6. Entropiya.
7. $P\dot{Q}$ va TS – diagrammalar.
8. Issiqlik nima?
9. Ish nima?
10. Energiyaning aylanish va saqlanish qonuni.
11. Qaytar protsesslar.

TAYANCH IBORALAR

Issiqlik, ish, ichki energiya, termodinamikaning birinchi qonuni, ental'piya, $\dot{u}$ olat funktsiyasi, entropiya, protsess funktsiyasi, qaytar protsess, qaytmas protsess, dvigatel'.

REJA:

Izoxorik protsess.

Izobarik protsess.

Izotermik protsess.

Adiabatik protsess.

Politropik protsesslar.

ADABIYOTLAR

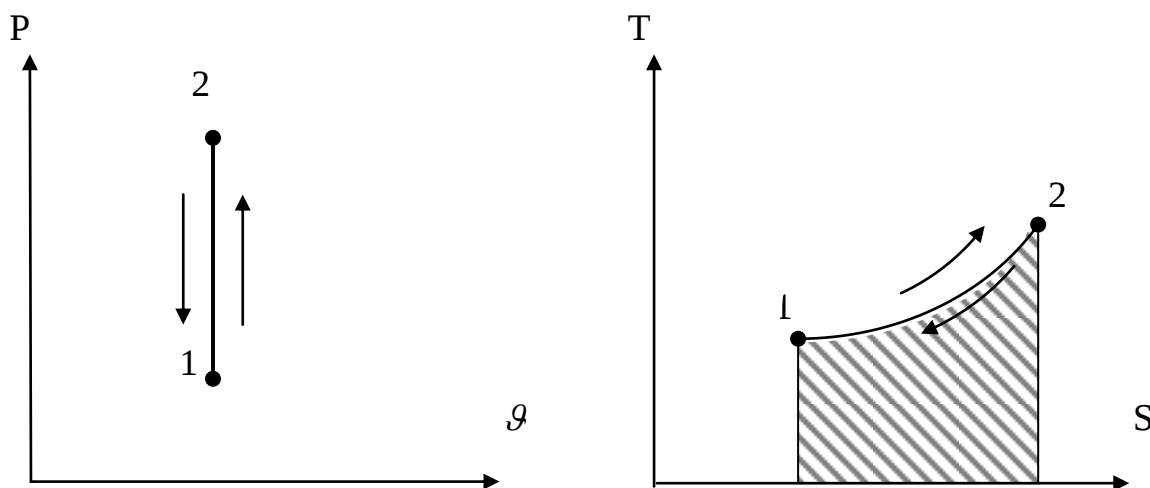
1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 80 - 92 b.
2. Larikov N.N. Teplotexnika. M., 1986 y. 32 - 48 b.

3.1 IZOXORIK PROTSESS

O`zgarmas hajmda boradigan protsess-izoxorik protsess deb ataladi. Protsessning tenglamasi quyidagi ko`rinishda bo`ladi:

$$d\vartheta = 0 \quad \text{ёku} \quad \vartheta = \text{const}$$

Protsess chizig'i izoxora deyiladi.



3.1 -rasm.

Ideal gazga issiqlik berilganda 1-2, issiqlik olinganda esa 2-1 protsessi sodir bo`ladi.

Holat tenglamasidan foydalanib izoxorik protsessda asosiy termodinamikaviy holat parametrlari orasidagi bog`lanishni aniqlaymiz:

$$P \vartheta = RT; \quad \vartheta = const \quad \text{bo'lgani uchun}$$

$$\frac{P}{T} = \frac{R}{\vartheta} = const \quad \text{ëku} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (3.1)$$

(3.1) SHarl' qonunini ifodalaydi. O'zgarmas hajmli idishdagi ideal gaz temperaturasi ortganda (gaz qizdirilganda) har doim bosim ortadi.

Izoxorik protsessda sistemaning kengayish ishi nolga teng bo'ladi.

$$\vartheta = const \quad \text{bo'lgani uchun} \quad d\vartheta = 0 \quad \text{bo'lib,}$$

$$l_{1-2} = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} P d\vartheta = 0 \quad (3.2)$$

bo'ladi.

$$dq = du + p d\vartheta, \quad \text{npoyeccda} \quad dq = du = C_\vartheta dT$$

YA'ni izoxorik protsessda sistemaga berilgan barcha issiqlik faqat uning ichki energiyasini oshirishga sarflanadi.

$$q_{1-2} = U_2 - U_1 = C_\vartheta (T_2 - T_1) \quad \text{ëku} \quad Q_{1-2} = m C_\vartheta (T_2 - T_1) \quad (3.3)$$

Izoxorik protsessda entropiyaning o'zgarishi quyidagiga teng.

$$S_2 - S_1 = C_\vartheta \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (3.4)$$

3.2 IZOBARIK PROTSESS

O'zgarmas bosimda boradigan protsess - izobarik protsess deyiladi. Protsessning tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$dp = 0 \quad \text{ëku} \quad p = const$$

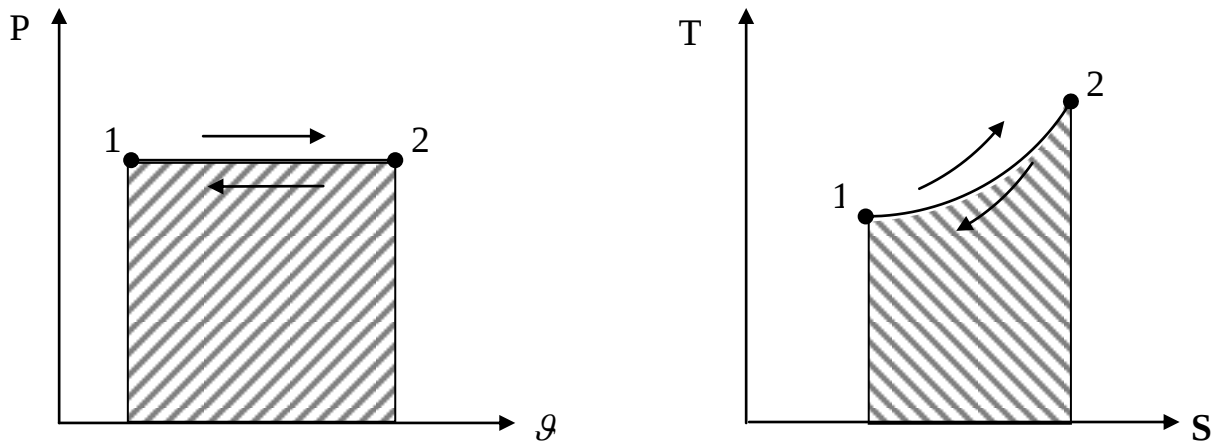
Protsess chizig'i izobara deyiladi.

Protsess uchun holat tenglamasini boshlang'ich va oxirgi nuqtalar uchun yozamiz:

$$P_1 \vartheta_1 = RT_1 \quad (a) \quad P_2 \vartheta_2 = RT_2 \quad (b)$$

(b) ni (a)ga bo'lib, Gey-Lyussak qonunining ifodasini olamiz:

$$\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = \frac{T_1}{T_2} \quad (3.5)$$



3. 2 - rasm.

Demak, gaz temperaturasi qanchalik yuqori bo`lsa, uning solishtirma hajmi ham shunchalik katta bo`ladi.

Izobarik protsessda ideal gazga issiqlik berilganda 1-2 kengayish protsessi, issiqlik olinganda esa 2-1 siqilish protsessi sodir bo`ladi. Izobarik protsessda sistemaning kengayish (siqilish) ishi quyidagiga teng bo`ladi:

$$l_{1-2} = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} P d\vartheta = P \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} d\vartheta = p(\vartheta_2 - \vartheta_1), \quad \text{ëku} \quad (3.6)$$

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

Izobarik protsessda qizdirishda sistemaga beriladigan issiqlik miqdori issiqlik sig`imi orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$q_{1-2} = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT = C_p(T_2 - T_1) \quad (3.7)$$

Agar m , kg yoki V , m^3 gaz berilgan bo`lsa:

$$Q_{1-2} = mC_p(T_2 - T_1) = VC_p(T_2 - T_1) \quad (3.8)$$

bu erda: S_p - izobarik issiqlik sig`imining  $T_1$  va  $T_2$  temperaturalar oralig`idagi o`rtacha qiymati. Termodinamikaning birinchi qonuni tenglamasi

$$dq = di - \vartheta dp$$

ga ko`ra, izobarik protsess uchun  $dp = 0$  bo`lganligidan

$$dq = di \quad \text{ëku} \quad q_{1-2} = i_2 - i_1 \quad (3.9)$$

Izobarik protsessda solishtirma ichki energiyaning o`zgarishi quyidagiga teng bo`ladi:

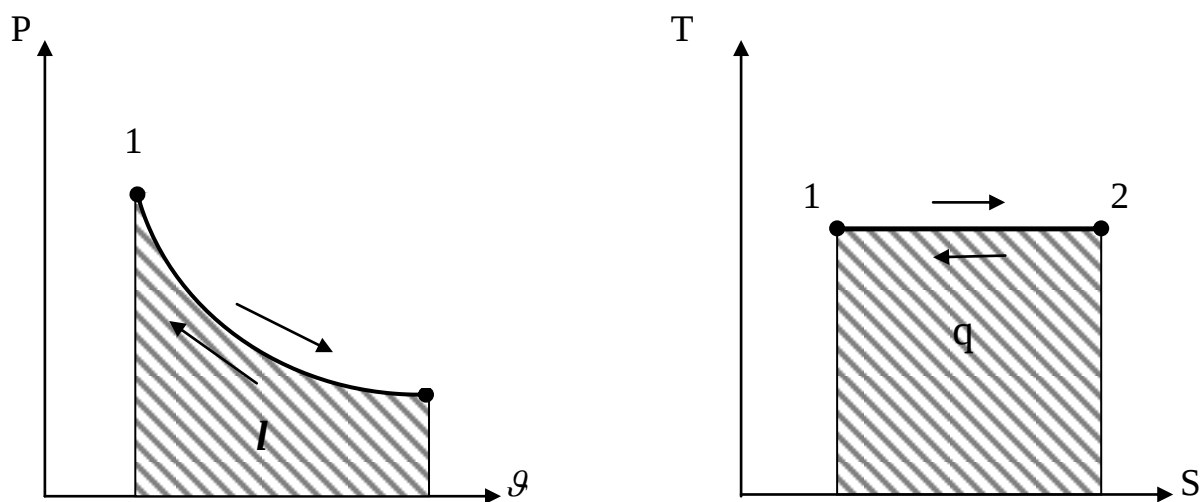
$$\Delta U = U_2 - U_1 = C_{\vartheta}(T_2 - T_1) \quad (3.10)$$

Entropiyaning o'zgarishi qaytar izobarik protsessda quyidagicha bo'ladi:

$$S_2 - S_1 = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} = C_p \ln \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} \quad (3.11)$$

3.3 IZOTERMIK PROTSESS

O'zgarmas temperaturada ($T = \text{const}$ *ëku* $dT = 0$) amalga oshadigan protsess izotermik protsess deb ataladi. Protsess chizig'i izoterma deyiladi. Izotermik protsessning $R\vartheta$ -diagrammdagi grafigi—giperbolik egri chiziqdır.



3.3-rasm.

Ideal gazga issiqlik berilganda 1-2 izotermik kengayishi protsessi, issiqlik olinganda esa 2-1 izotermik siqilish protsessi amalga oshadi. Ideal gaz holat tenglamasidan foydalanib, izotermik protsess uchun holat parametrlari orasidagi bog'lanishni aniqlaymiz:

$$P\vartheta = RT = f(t) = \text{const} \quad \text{yoki 1-2 protsess uchun}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} \quad \text{ëa} \quad P_1\vartheta_1 = P_2\vartheta_2 \quad \text{ëku} \quad P\vartheta = \text{const} \quad (3.12)$$

Ushbu tenglik Boyle'-Mariott qonunini ifodalab, izotermik protsessda gazning solishtirma hajmi bosimga teskari proporsional va ularning ko'paytmasi o'zgarmas kattalik ekanligini ko'rsatadi.

Termodinamikaning birinchi qonuni tenglamasidan

$$dq = du + dl$$

$T = const$ va $dT = 0$ bo'lganligidan $du = C_g dT = 0$ bo'lib,

$$dq = d l \quad \text{ëku} \quad q_{1-2} = l_{1-2} \quad (3.13)$$

Demak, izotermik protsessda keltirilgan issiqlikning hammasi tashqi mexanikaviy ish bajarishga sarflanadi.

$$l_{1-2} = q_{1-2} = \int_{g_1}^{g_2} p d g = \int_{g_1}^{g_2} R T \ln \frac{d g}{g} = R T \ln \frac{d g_2}{g_1} = R T \ln \frac{P_1}{P_2} = P_1 g_1 \ln \frac{g_2}{g_1} = P_1 g_1 \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (3.14)$$

SHuningdek, $dq = T dS$ va $T = const$ bo'lganligi uchun solishtirma issiqlik miqdori va solishtirma ishni quyidagi ifoda yordamida ham aniqlash mumkin:

$$q_{1-2} = l_{1-2} = T(S_2 - S_1) \quad (3.15)$$

Izotermik protsessda ideal gaz ental'piyasi va ichki energiyasi o'zgarmaydi, ya'ni $\delta i = 0$ va $\delta u = 0$ bo'ladi.

Entropiyaning o'zgarishini quyidagi ifoda bilan hisoblash mumkin:

$$S_2 - S_1 = R \ln \frac{g_2}{g_1} = R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (3.16)$$

3.4 ADIABATIK PROTSESS

Ishchi jism bilan tashqi muhit orasida issiqlik almashinmay sodir bo'ladigan protsessga adibatik protsess deb ataladi. Adibatik protsessda ishchi jismga issiqlik berilmaydi ham, olinmaydi ham, binobrin $dq=0$ bo'ladi. Gazning kengayish va siqilish protsesslari esa faqat uning ichki energiyasining o'zgarishi natijasida sodir bo'ladi. Real sharoitlarda adibatik protsessni sodir qilish qiyin, chunki ishchi jism tashqi muhit bilan to'liq izolyatsiyalangan bo'lishi lozim. Lekin tez boradigan protsesslarni shartli ravishda adibatik protsesslar deb hisoblash mumkin, chunki protsess sodir bo'ladigan juda qisqa vaqt oralig'ida ishchi jism bilan tashqi muhit orasida issiqlik almashinuvi nihoyatda kam bo'ladi.

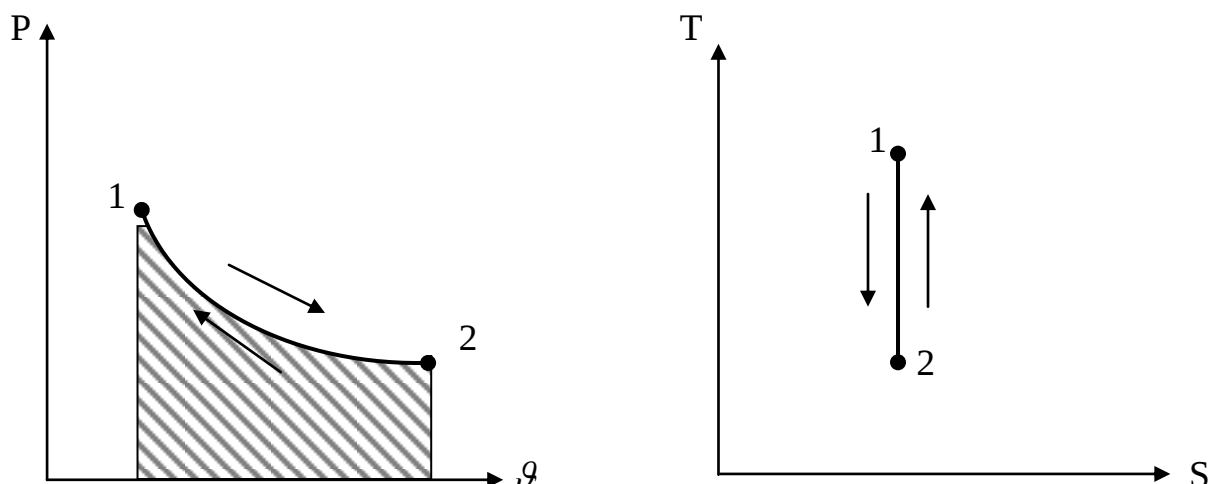
Tez yurar ichki yonuv dvigatellarida gazlar katta tezlik bilan oqib o'tishida sodir bo'ladigan va shu kabi boshqa protsesslarni adibatik protsesslar deb hisoblash mumkin.

Adibatik protsess tenglamasini sistemaning istalgan holati uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$P g^\kappa = const \quad (3.17)$$

bu erda: K-adibata ko'rsatkichi deyiladi.

(3. 17) tenglamaga ko`ra chiziladigan egri chiziq (3.4-rasm). adiabatada deyiladi.



3.4-rasm.

(3. 17) asosida gaz holatining parametrlarini o`zaro boglaydigan quyidagi tenglamalarni yozishimiz mumkin:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)^\kappa, \quad \text{ëku} \quad \frac{\rho_2}{\rho_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{\kappa}}, \quad \text{ëku} \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)^{\kappa-1}, \quad \text{ëku} \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

Adiabatik protsesda bajarilgan ish miqdorini quyidagi ifodalar yordamida aniqlash mumkin:

$$l_{1-2} = \frac{1}{\kappa-1} (P_1 \rho_1 - P_2 \rho_2) = \frac{R}{\kappa-1} (T_1 - T_2) = \frac{P_1 \rho_1}{\kappa-1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right] \quad (3.18)$$

Adiabatik protsessda $\delta q = 0$ bo`lgani uchun termodinamikaning birinchi qonunini quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$dl = -du \quad \text{ëku} \quad du = -Pd\rho \quad \text{ba} \quad di = \rho dP \quad (3.19)$$

Demak, gaz holatining adiabatik o`zgarishida tashqi kuchlar bajargan ish gaz ichki energiyasining o`zgarishiga teng. Boshqacha aytganda, adiabatik kengayishda (1-2) gaz ichki energiyasining kamayishi natijasida (bosim va temperatura pasayadi) ish bajaradi. Adiabatik siqishda (2-1) sarflangan tashqi ish gaz ichki energiyasining ortishiga ketadi (bosim va temperatura ko`tariladi).

Qaytar protsess uchun $dq = T dS$, qaytar adiabatik protsessda $\delta q = 0$ bo`lganligidan

$$dS = 0 \quad \text{ëku} \quad S_2 = S_1 = \text{const} \quad (3.20)$$

boʻladi, yaʼni sistemaning entropiyasi oʻzgarmaydi. Boshqacha qilib aytganda, qaytar adiabatik protsess bir vaqtning oʻzida izoentropik protsess ham boʻladi.

3.5 POLITROPIK PROTSESSLAR

YUqorida koʻrib chiqilgan termodinamik protsesslarda gazning holat parametrlaridan biri doimo oʻzgarmas ($P=\text{const}$, $\vartheta=\text{const}$, $T=\text{const}$, $S=\text{const}$) boʻlib qolar edi.

Haqiqiy protsesslarda esa gazning holati oʻzgarganda uning barcha parametrlari oʻzgaradi.

Bunday protsesslarni ifodalovchi egri chiziqlar **politropalar** deyiladi. Ularning tenglamasi quyidagi koʻrinishda boʻladi:

$$P \vartheta^n = \text{const} \quad (3.21)$$

bu erda n -politropa koʻrsatkichi deb ataladi.

Turli politropik protsesslar uchun politropa koʻrsatkichi n $Q\infty$ dan $-\infty$ gacha boʻlgan har qanday qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

Politropik protsess tushunchasi bizga maʼlum boʻlgan qolgan barcha termodinamik protsesslarni umumlashtiradi:

Koʻrsatkichi $n=0$ boʻlgan politropik protsess odatdagi izobarik protsessdan iboratligi (3.21) dan koʻrinib turibdi:

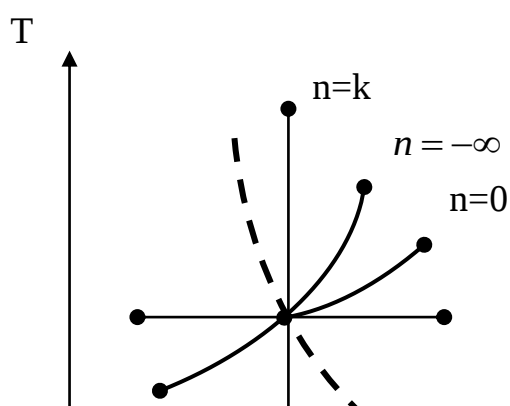
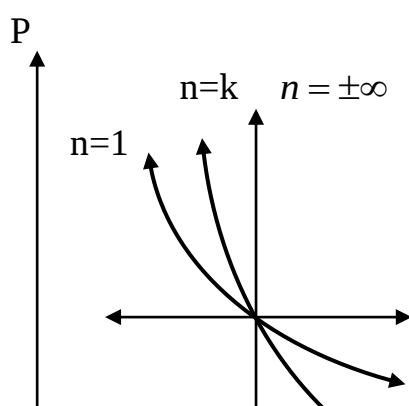
$$P=\text{const}$$

Koʻrsatkichi ∞ boʻlgan politropik protsess izoxorik protsessdir, yaʼni:

$$\frac{1}{P^n} \vartheta = \text{const}; \quad P^{\frac{1}{\infty}} \vartheta = \text{const}; \quad P^0 \vartheta = \text{const}; \quad \vartheta = \text{const};$$

Koʻrsatkichi $n=1$ boʻlgan politropa tenglamasi Boyl'-Mariottning ideal gazdagi izotermik protsess tenglamasiga mos keladi yaʼni:

$$P \vartheta = \text{const};$$



n=0	n=0	n=1	n=1
	n=1		
	n=k	$n = \infty$	$1 < n < k$
	$n = \pm \infty$		n=k
		ϑ	S

3. 5-rasm.

3.5-rasmda $P\vartheta$ va TS -digrammda turli politropik protsesslarning egri chiziqlari chizilgan.

Kurstkichi $n=k$ bo'lgan politropa tenglamasi Puassonning adiabat tenglamasiga aylanadi:

$$P\vartheta^k = \text{const};$$

Politropik protsess haqidagi tushunchadan asosan, gazaviy dvigatellarda siqilish hamda kengayish protsesslarini o'rganishda keng foydalaniladi. Gazaviy dvigatellar va kompressorlardagi real siqish protsesslari ko'pincha, adiabatik protsess ham, izotermik protsess ham bo'lmagan balki bu ikki turdagi protsesslar orasida oraliq holatni egallaydi. SHuning uchun politropik protsess ko'rsatkichi n ning amalda uchraydigan qiymatlari 1 dan K gacha intervalda bo'ladi.

Politropaning tenglamasi adiabatning tenglamasiga o'xshash bo'lganligi uchun politropaning parametrlarini quyidagi tenglamalar bilan o'zaro bog'lash mumkin:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}\right)^n; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}\right)^{n-1} \quad (3.22)$$

Politropik protsessning solishtirma issiqlik sig'imini quyidagi tenglikdan topish mumkin:

$$n = \frac{C_n - C_p}{C_n - C_\vartheta}, \quad \text{bundan} \quad C_n = C_\vartheta \frac{n-k}{n-1} \quad (3.23)$$

Politropik protsessda bajariladigan ish aniqlanadigan ifodani (3.18) tenglamadan ko'rsatkich k ni n ga almashtirib keltirib chiqarish mumkin:

$$l_{1-2} = \frac{1}{n-1} (P_1\vartheta_1 - P_2\vartheta_2) = \frac{RT_1}{n-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = \frac{P_1\vartheta_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right] \quad (3.24)$$

Ideal gaz uchun va gazning issiqlik sig'imi C_g ning temperaturga bog'lanishini nazarga olmaslik mumkin bo'lsa, solishtirma ichki energiyaning o'zgarishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = C_g(T_2 - T_1) \quad (3.25)$$

Solishtirma issiqlik miqdori:

$$q = C_n(T_2 - T_1) \quad (3.26)$$

Solishtirma ental'piyaning o'zgarishi:

$$\Delta i = i_2 - i_1 = C_p(T_2 - T_1) \quad (3.27)$$

Politropa ko'rsatkichi quyidagi tengliklardan topilishi mumkin:

$$n = \frac{\lg \frac{P_2}{P_1}}{\lg \frac{\rho_2}{\rho_1}}; \quad n-1 = \frac{\lg \frac{T_2}{T_1}}{\lg \frac{\rho_1}{\rho_2}}; \quad \frac{n-1}{n} = \frac{\lg \frac{T_2}{T_1}}{\lg \frac{P_2}{P_1}} \quad (3.28)$$

Politropik protsessda sistema solishtirma entropiyasining o'zgarishi:

$$dS = \frac{dq}{T} = C_n \frac{dT}{T} \quad (3.29)$$

yoki, politropik protsessda issiqlik sig'imi S_n holat parametrlarining berilgan intervalida o'zgarmasa:

$$S_2 - S_1 = C_n \lg \frac{T_2}{T_1} = C_g \frac{n-k}{n-1} \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (3.30)$$

bo'ladi.

SINOV SAVOLLARI:

1. Asosiy termodinamikaviy protsesslarni ta'riflang.
2. Termodinamikaviy protsesslarni $P\theta$ va TS – diagrammalarda tasvirlanishi.
3. Termodinamikaviy protsesslarda issiqlik va ishni aniqlash.
4. Adiabatik protsess.
5. Politropik protsessni taxlil qilish.
6. Izoxorik protsess.
7. Izobarik protsess.
8. Izotermik protsess.
9. Protsesslar tenglamalari.
10. Politropik protsessni xususiy xollari.

TAYANCH IBORALAR

Izoxorik protsess, izobarik protsess, izotermik protsess, adiabatik protsess, politropik protsess, politropa kûrsatkichi, adibata kûrsatkichi, izoterma, izobara, izoxora, adiabata.

4 - MA`RUZA. TERMODINAMIKANING IKKINCHI QONUNI

REJA:

- 4.1 Termodinamika ikkinchi qonunining mohiyati.**
- 4.2 Aylanma termodinamik protsesslar yoki tsikllar.**
- 4.3 Karno tsikli.**
- 4.4 Termodinamika ikkinchi qonunining matematik ifodasi.**

ADABIYOTLAR

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 96-120 b.
2. Larikov N.N. Teplotexnika. M., 1986 y. 49- 61 b.
3. Asraev R.A., efendiev A.M., Safarov R.T. Issiqlik texnikasi. Buxoro 2001 y. 45-54 b.

4.1 TERMODINAMIKA IKKINCHI QONUNINING MOHIYATI

Termodinamikaning birinchi qonuni biror protsess amalga oshishi tufayli jism ichki energiyasining o`zgarishi, bajarilgan ish va issiqlik miqdori orasidagi miqdoriy bog`lanishni aniqlaydi. Lekin protsess sodir bo`lishi yoki bo`lmasligi va qaysi yo`nalishda sodir bo`lishi haqida aniq ko`rsatma bermaydi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni juda ko`p tajribalarning umumlashtirish mahsuli sifatida vujudga kelgan bo`lib, tabiatda sodir bo`ladigan protsesslarning amalga oshishi mumkin bo`lgan yo`nalishini aniqlaydi.

Kundalik kuzatish va tajribalar issiqlikni o`z-o`zidan faqat issiqroq jismdan soviqroq jismga o`tishi mumkinligini ko`rsatadi. Ish boshqa tur energiyalari kabi oson va to`liq issiqlikga aylanishi mumkin. Bunga tabiat hodisalaridan: ishqalanish, zarba, tormozlanish va boshqa hodisalarni misol keltirishimiz mumkin.

Bunga teskari bo`lgan protsess, ya'ni issiqlikni ishga aylanishi o`z-o`zidan sodir bo`lmaydi. Issiqlik faqat davriy protsess amalga oshiriladigan qurilmalar uch elementdan-isitgich, ishchi jism va sovitkichdan iborat bo`lib, issiq va soviq manbalar orasida temperaturalar farqi bo`lgan paytdagina ishga aylanishi mumkin.

Sadi Karno 1824 yilda bug` mashinasining ishini o`rganib, faqat temperaturalar farqi bo`lgandagina issiqlikdan mexanikaviy ish olish uchun foydalanish mumkinligini aniqladi.

Termodinamikaning ikkinchi qonunini umumiy ko`rinishda quyidagicha ta`riflash mumkin: o`z-o`zidan sodir bo`ladigan har qanday protsess qaytmas protsessdir. To`g`ri va teskari yo`nalishlarda o`tkazilganda sistema dastlabki holatiga qaytmaydigan protsesslar qaytmas protsess deb ataladi. Ikkinchi qonunning barcha boshqa ta`riflari bu umumiy ta`rifning xususiy hollaridan iborat.

R. Klauzius 1850 yilda termodinamikaning ikkinchi qonunini quyidagicha ta`rifladi: issiqlik kamroq qizigan jismdan ko`proq qizigan jismga tashqi ish sarflamay turib o`z-o`zicha o`ta olmaydi.

V. Tomson 1851 yilda quyidagi ta`rifni taklif etdi: dvigatelga keltirilgan issiqlikning xamasini butunlay ishga aylantirib bo`lmaydi. Bu issiqlikning bir qismi temperaturasi pastrok bo`lgan tashqi jismlarga o`tadi.

M. Plank quyidagi ta`rifni taklif etdi: barcha ishi bironta yukni ko`tarish va issiqlik manbaini sovitishdan iborat bo`lgan davriy ishlaydigan mashina qurib bo`lmaydi: Davriy ishlaydigan mashina deganda uzluksiz ravishda tsiklik protsessda issiqlikni ishga aylantiruvchi mashinani tushunish kerak.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni kuyadigan cheklashlar mavjud bo`lmaganda edi, bu hol loaqal bitta issiqlik manbai bo`lganida ham issiqlik dvigateli qurish mumkinligini bildirar edi. Bunday dvigatel', masalan, okeandagi suvning sovishi hisobiga ishlay olgan bo`lur edi. SHu tarzda ishlaydigan issiqlik mashinasini V.F. Osva'l'd o`rinli qilib ikkinchi tur abadiy dvigatel' deb atadi. Issiqlikning davriy takrorlanadigan protsessda bir qismigina mexanikaviy va boshqa turlardagi ishga aylanishi mumkin: uning boshqa qismi mukarrar ravishda soviq manbaga berilishi kerak. Demak ikkinchi tur abadiy dvigatel' qurib bo`lmaydi.

4.2 AYLANMA TERMODINAMIK PROTSESSLAR YOKI TSIKLLAR

Ishchi jism bir qancha o`zgarishlarga uchrab, yana boshlang'ich holatiga qaytib keladigan ketma-ket qator protsesslar aylanma termodinamik protsess yoki tsikl deyiladi.

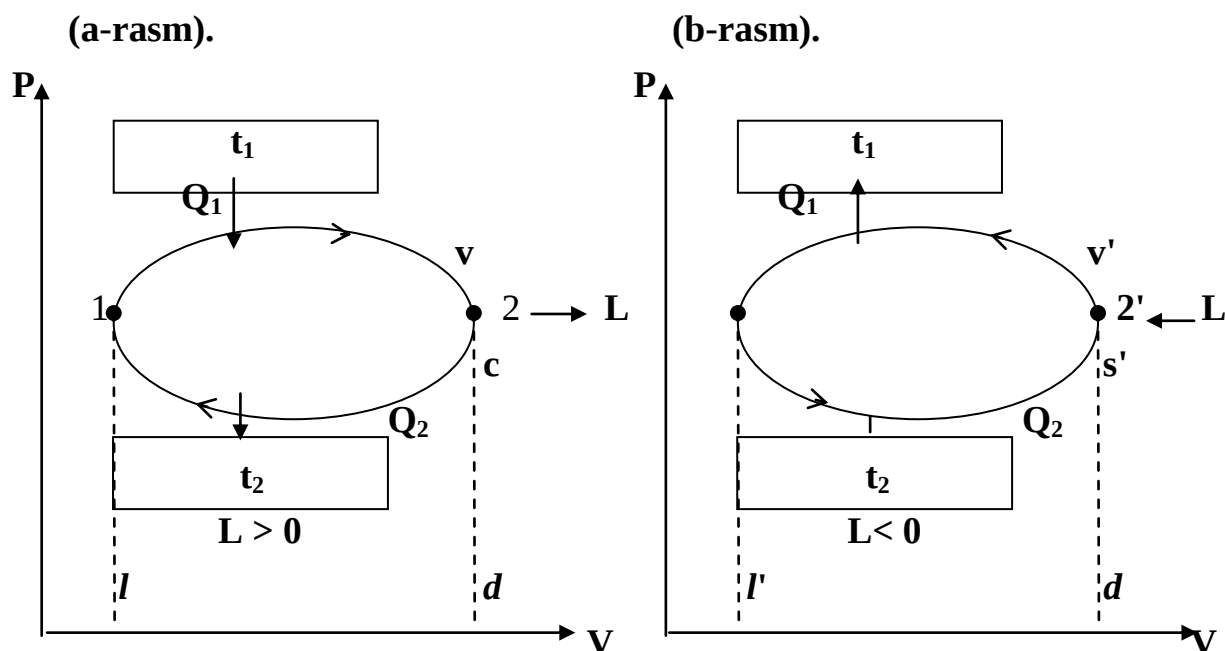
Issiqlik mashinasi tsilindrda gaz bir marta kengayganda faqat chegaralangan miqdorda ish olish mumkin. CHunki ishchi jismning kengayish protsessida temperatura va bosimi atrof muhitning temperaturasi va bosimiga tenglashadi. SHuning bilan ish olish tugaydi. Demak, qaytadan ish olish uchun siqilish protsessida ishchi jism o`zining boshlang'ich holatiga qaytarilishi kerak.

Ish bajariladigan davriy protsesslar turli issiqlik mashinalarida amalga oshiriladi.

Issiqlik mashinasi tsikli ishi $P\theta$ -diagramada qulay tushuntiriladi (4.1-rasm). Issiqlik dvigateli tsiklida (4.1, a-rasm). temperaturasi T_1 bo'lgan issiqlik manбайдan Q_1 issiqlik olinadi. Temperaturasi T_2 , bo'lgan soviq manbaga ($T_2 < T_1$) Q_2 issiqlik beriladi, bu issiqlik miqdorlari farqi $Q_1 - Q_2$ foydali ishga aylanadi $L > 0$ va u tashqi iste'molchiga uzatiladi.

Issiqlik dvigatellari protsesslarining mohiyati shundan iboratki, beriladigan Q_1 va olinadigan Q_2 issiqlik miqdorlarining teng bo'lmasligi, kengayishda olinadigan va siqishga sarflanadigan ishlar miqdorini bir-biridan farq qilishiga olib keladi. Bunda kengayish ishi hamma vaqt siqilish ishidan katta bo'ladi.

Yo'nalishi soat millari yo'nalishiga mos tushadigan, yuqorida ko'rib chiqilgan aylanma tsikl to'g'ri tsikl deyiladi. U barcha issiqlik dvigatellari uchun umumiydir. Issiqlik dvigatellariga ichki yonuv dvigatellari, bug' va gaz turbinalari kiradi.



4. 1-rasm. Issiqlik mashinalari tsikllari:

a-issiqlik dvigatellari; b-sovitish mashinalari.

Diagrammada (4.1-rasm). $1v2$ yo'lda gaz Q_1 issiqlik berilganda kengayish ishi bajaradi va u $1v2$ dl yuza bilan aniqlanadi. $2s1$ yo'lda gazdan Q_2 issiqlik olinganda $e1s2d$ yuza bilan aniqlanadigan siqilish ishi sarflanadi. $1v2$ s yuza tashqi iste'molchiga beriladigan L ishni ifodalaydi.

Issiqlik dvigatellarining samaradorlik darajasi termik foydali ish koeffitsienti η_t bilan aniqlanadi. TSikl ishining ishchi jismga, tsiklda berilgan issiqlik miqdoriga nisbati tsiklning termik foydali ish koeffitsienti deb ataladi:

$$\eta_t = \frac{L}{Q} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (4.1)$$

Termik f.i.k. u yoki bu tsiklning takomillashganlik darajasini xarakterlaydi: η_t qanchalik katta bo'lsa, bir xil issiqlik berilganda, shunchalik ko'p ish bajariladi, ya'ni tsikl shunchalik mukammal bo'ladi.

Sovitish mashinasi tsiklida (4.1, b-rasm). temperaturasi past T_2 bo'lgan soviq manbadan Q_2 issiqlik olinib, temperaturasi T_1 bo'lgan issiq manbaga Q_2 va tsiklda keltirilgan ish L ga ekvivalent bo'lgan Q_1 issiqlik beriladi. Sovitish mashinalari tsikli teskari tsikl deyiladi va yo'nalishi soat millari yo'nalishiga teskari bo'ladi. Teskari tsiklni amalga oshirish natijasida issiqlik, soviq manbadan olinib issiq manbaga beriladi.

Sovitish mashinalarining samaradorligi sovitish koeffitsienti deb ataladigan va sovitkichdan olingan issiqlik miqdorini tsiklni amalga oshirish uchun tashqi jismlar bajargan ishga nisbati tarzida ifodalanuvchi kattalik bilan aniqlanadi:

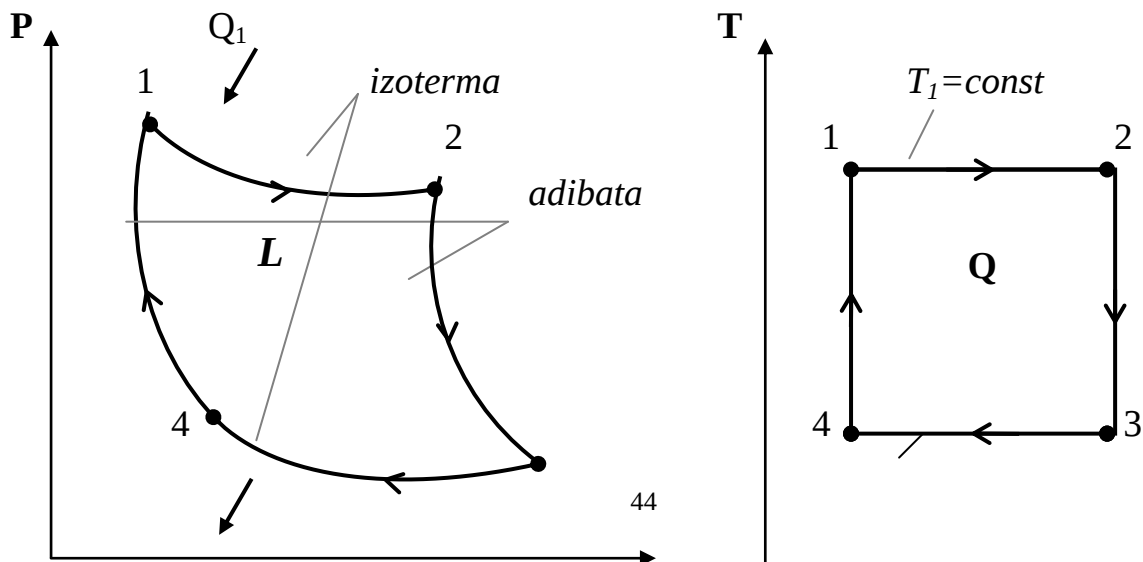
$$\varepsilon = \frac{Q_2}{L} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \quad (4.2)$$

Sovitish koeffitsienti qiymati bir birlik ish sarflash natijasida sovitkichdan qancha miqdorda issiqlik olinishini ifodalaydi.

4.3 KARNO TSIKLI

S. Karno 1824 yilda "Olovning harakatlantiruvchi kuchi va bu kuchni hosil qila oladigan mashinalar haqida muloxazalar" nomli asarini nashr qildi. Karno ushbu asarida birinchi bo'lib issiqlikni ishga aylantirish mumkinligi to'g'risidagi fikrni ta'riflagan va tahlil etgan.

Frantsuz olimi S. Karno issiqlik mashinalarining ishlash samaradorligini tadqiqot qilib, ikkita o'zgarmas temperaturali issiqlik manbai-isitkich T_1 va sovitkich T_2 orasida sodir bo'ladigan, ikkita adiabata va ikkita izotermadan tashkil topadigan qaytar tsiklni taklif etdi.



4.2 - rasm. Karno tsikli

Bu tsiklda ishchi jism sifatida gazdan foydalaniladi.

Ishchi jism boshlang'ich holati parametrlari P_1 V_1 T_1 bo'lgan 1 nuqta bilan aniqlanadi (4.2 - rasm).

Ishchi jism issiqlik manbaidan Q_1 issiqlik olishi natijasida 1-2 chiziq bo'yicha izotermik kengayadi, bunda u tashqaridan berilgan issiqlik hisobiga ish bajaradi. 2 nuqtada issiqlik manbai tsilindrdan ajratib qo'yiladi va tsilindr termik izolyatsiyalanadi. Ishchi jism tashqi muhit bilan issiqlik almashmay 2-3 chiziq bo'yicha adiabatik kengayadi va o'zining ichki energiyasi hisobiga ish bajaradi. SHundan so'ng birorta tashqi manbadan olinadigan ish hisobiga ishchi jism 3-4 chiziq bo'yicha izotermik siqiladi. Ishchi jism izotermik siqilish protsessida sovitkichga Q_2 issiqlik miqdori beradi. 4 nuqtada tsilindr termik izolyatsiyalanadi va ishchi jism 4-1 chiziq bo'yicha adiabatik siqilib, o'zining boshlang'ich holatiga qaytadi. Karno tsikli diagrammada 12341 yopiq egri chiziq bilan tasvirlanadi va shu yuzaga son jihatdan teng L ish bajariladi (4. 2-rasm . PV-diagramma).

TS-diagrammada 12341 yuza son jihatdan Karno tsiklining foydali ishiga aylantirilgan issiqlik miqdoriga teng. Ikkala diagrammada yuzalar o'zaro teng.

Karno tsiklining termik f. i. k. (4. 1) ifoda bo'yicha aniqlanadi.

$$\eta_t = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad \text{ifodaga ko'ra:}$$

$$Q_1 = T_1(S_2 - S_1) \quad \text{va} \quad Q_2 = T_2(S_3 - S_4)$$

Aylanma protsessda $\oint \delta S = 0$ bo'lganligi uchun:

$$S_2 - S_1 = S_3 - S_4 = |\Delta S| \quad \text{va}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2 |\Delta S|}{T_1 |\Delta S|} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (4. 3)$$

(4. 3) ifodadan ko'rinib turibdiki, Karno tsiklining termik f.i.k. ishchi jismning xossalriga bog'liq bo'lmasdan, balki faqat issiq va soviq manbalarning absolyut temperaturalari T_1 va T_2 ning qiymatlari bilan aniqlanadi. Bu temperaturalar farqi qanchalik katta bo'lsa, ya'ni T_1 ortishi va T_2 kamayishi bilan Karno tsiklining termik f.i.k. kattalashadi.

Karno tsiklining termik f.i.k. doimo birdan kichik boʻladi, chunki (4. 3) ifodaga koʻra $T_2/T_1=0$ yaʼni $T_2=0$ yoki $T_1=\infty$ boʻlgandagina birga teng boʻlishi mumkin edi, ideal tsiklda ham bunday temperatura hosil qilib boʻlmaydi. Issiqlik dvigatellarida sovitkich temperaturasi bu atrof-muhit temperaturasi $T_2 \approx 260-310\text{ K}$; issiq manba temperaturasi bugʻ-kuch qurilmalarida $T_1 \approx 800-850\text{ K}$, ichki yonuv dvigatellarida esa yonish mahsulotlari temperaturasi $T_1 \approx 2500\text{ K}$ atrofida boʻladi.

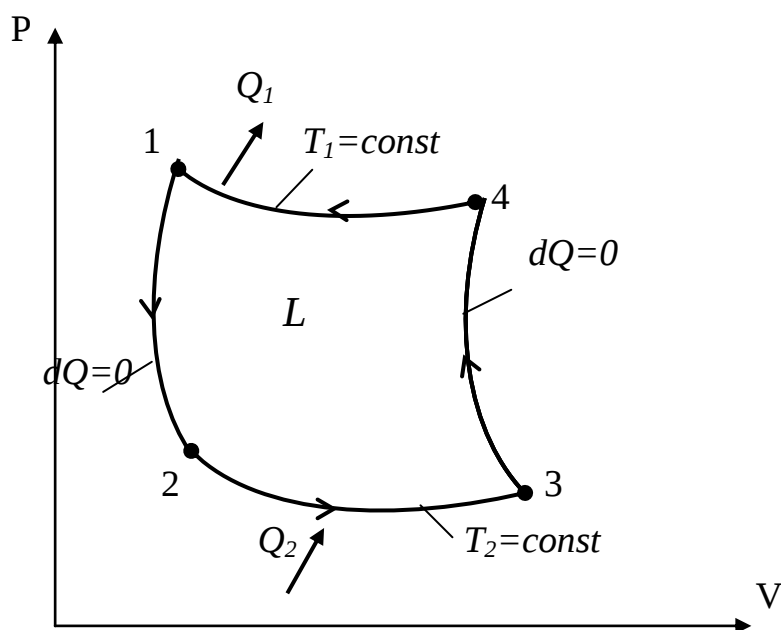
Karno tsiklining termik f. i. k. $T_1=T_2$ boʻlsa nolga teng boʻladi, bu esa sistemaning barcha jismlari temperaturasi teng boʻlsa issiqlikni ishga aylantirish mumkin emasligini koʻrsatadi.

Karno tsiklining termik f. i. k. qiymati shu temperaturalar chegarasida sodir boʻladigan barcha real tsikllar f. i. k. dan yuqori boʻladi. Maʼlumki, barcha real protsesslarda ishqalanishga ish sarfi, issiqlik almashinuvi va boshqa sarflar mavjud va ular qaytmas protsesslardir.

Har qanday real tsiklning f. i. k. qiymatini Karno tsikli f. i. k. bilan taqqoslab, ushbu tsikl boʻyicha ishlayotgan issiqlik dvigatelining takomillashganlik darajasini va issiqlikdan foydalanish samaradorligini aniqlash mumkin boʻladi. Karno tsikli etalon boʻlib xizmat qiladi, real mashinalar yaratishda shu etalonga yaqinlashtirishga harakat qilish lozim boʻladi.

Real issiqlik dvigatellarida Karno tsikli, amaliy jihatdan qiyin boʻlganligi uchun amalga oshirilmaydi, yaʼni nazariy tsikl hisoblanadi.

YUqorida koʻrib chiqilgan toʻgʻri qaytar Karno tsikli, teskari yoʻnalishda ham amalga oshishi mumkin.



4. 3 - rasmi.

Karnoning teskari tsiklida sovitiladigan ob`ektdan  $Q_2$  issiqlik  $T_2$  past temperaturada sovitish agentiga (ideal gaz) uzatiladi. So`ngra sovitish agenti bug`larini siqish uchun kompressorda mexanik ish sarflanadi. Natijada sovitish agenti temperaturasi ortadi va u o`zida mujassam etgan Q_2 issiqlik va sarflangan mexanik ish L ga ekvivalent bo`lgan issiqlikni ( $Q_2QL$ ) atrof-muhitga uzatadi. Bunda ishchi jism, ya`ni sovitish agenti sovitish mashinasida teskari aylanma protsess bo`lgan sovitish tsiklini bajaradi. Atrof-muhitga uzatilgan umumiy issiqlik energiyaning saqlanish qonuniga ko`ra $Q_1=Q_2QL$ ni tashkil etadi.

Sovitish ob`ektdan issiqlikni sovitish agentiga va undan issiqlikni atrof-muhitga uzatilishi izotermik kechadi. Sovitish agenti 2-3 chiziq bo`ylab izotermik kengayganda T_2 temperaturali sovitish ob`ektdan  $Q_2$  issiqlikni yutadi. So`ngra sovitish agenti 3-4 chiziq bo`ylab adiabatik siqiladi va uning temperaturasi atrof-muhit temperaturasigacha ortadi. 4-1 jarayonda sovitish agenti atrof-muhitga  $Q_1$  issiqlikni beradi va so`ngra 1-2 chiziq bo`ylab adiabatik kengayadi. Kengayish oxirida uning temperaturasi T_2 ga qadar pasayadi va tsikl tugaydi.

Sovitish mashinalari samaradorligi (4. 2) ifoda bilan aniqlanadi:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

yoki teskari Karno tsikli uchun :

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad (4. 4)$$

4.4 TERMODINAMIKA IKKINCHI QONUNINING MATEMATIK IFODASI

Qaytar Karno tsikli uchun :

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad \text{ëku} \quad \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

Jismdan olinayotgan issiqlik miqdori Q_2 manfiy va

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0 \quad \text{ëku} \quad \sum \frac{Q}{T} = 0 \quad (4. 5)$$

Ishchi jism olgan yoki bergan issiqlik miqdorining mazkur protsess amalga oshadigan absolyut temperaturaga nisbati issiqlikning keltirilgan miqdori deb ataladi.

Qaytar Karno tsikli uchun issiqlikning keltirilgan miqdori algebraik yig`indisi nolga teng.

Ushbu xulosa har qanday qaytar tsikl uchun ham o`rinlidir. Agar ixtiyoriy qaytar tsikl cheksiz ko`p elementar Karno tsiklidan iborat bo`lsa, har bir elementar Karno tsikli uchun:

$$\sum \frac{dQ}{T} = 0 \quad (4.6)$$

U holda butun ixtiyoriy tsikl uchun:

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0 \quad (4.7)$$

bu erda - $\oint$ berk kontur bo`yicha integrallash belgisi.

Demak, har qanday ixtiyoriy qaytar tsikl uchun issiqlikning keltirilgan miqdori algebraik yig`indisi nolga teng. (4.7) ifoda 1854 yilda R. Klauzius tomonidan keltirib chiqarilgan bo`lib, Klauzius integrali deyiladi. 2-bobdan ma`lumki:

$$\frac{dQ}{T} = dS \quad \text{va} \quad \oint dS = 0 \quad \text{ëku} \quad dQ = T dS \quad (4.8)$$

(4.8) ifoda qaytar protsesslar uchun termodinamika ikkinchi qonunining matematik ifodasi hisoblanadi.

qaytmas Karno tsikli uchun:

$$\sum \frac{Q}{T} < 0 \quad (4.9)$$

Ixtiyoriy qaytmas tsikl uchun issiqlikning keltirilgan miqdori algebraik yig`indisi noldan kichik:

$$\oint \frac{dQ}{T} < 0 \quad (4.10)$$

Ushbu ifoda Klauzius ikkinchi integrali deyiladi.

TSiklni amalga oshiruvchi ishchi jism uchun

$$\oint dS = 0 \quad \text{va} \quad \oint \frac{dQ}{T} < \oint dS = 0 \quad (4.11)$$

$$\text{Bunga ko`ra: } \frac{dQ}{T} < dS \quad \text{ëku} \quad dQ < T dS \quad (4.12)$$

(4.12) ifoda qaytmas protsesslar uchun termodinamika ikkinchi qonunining matematik ifodasi hisoblanadi.

(4.8) va (4.12) ifodalarni umumlashtirib, termodinamikaning ikkinchi qonunini analitik ravishda quyidagicha ifodalash mumkin:

$$dS \geq \frac{dQ}{T} \quad (4.13)$$

Bu ifodadagi tenglik belgisi qaytar, tengsizlik belgisi qaytmas protsesslar uchun o`rinli.

(4. 13) ifodaga ko`ra entropiyaning o`zgarishi temperaturaga teskari proportsional, ma`lumki ishchi jism temperaturasi qancha yuqori bo`lsa issiqlik dvigatellarida shunchalik ko`p issiqlik ishga aylanishi mumkin. Demak entropiya temperatura orqali ishga aylanishi mumkin bo`lgan issiqlik miqdorini xarakterlaydi.

Tabiiy protsesslar, ya`ni o`z-o`zidan sodir bo`ladigan har qanday protsess qaytmas protsess va entropiyaning o`sishi bilan boradi.

O`z-o`zidan sodir bo`ladigan protsesslar izolyatsiyalangan sistemada bu sistema entropiyasi maksimumga etganiga qadar davom etadi.

Muvozanat holatga erishgandan so`ng o`z-o`zidan sodir bo`ladigan protsesslar to`xtaydi va sistema muvozanat holatda bo`ladi.

$dS \geq 0$ munosabatga asosan, entropiya ortadigan protsesslarga amalga oshishi mumkin. Demak, $dS \geq 0$ munosabat protsessning amalga oshishi mumkin bo`lgan yo`nalishini ko`rsatadi. Bu esa termodinamika ikkinchi bosh qonunining mazmunidir. SHu sababli izolatsiyalangan sistemadagi tabiiy protsesslar entropiyasi ortadigan yo`nalishda amalga oshadi, deb ta`riflanadigan entropiyaning ortish qonunini termodinamikaning ikkinchi qonuni deb ataladi. entropiyaning ortib borishi qaytmas protsesslarda izolatsiyalangan sistemaning ish bajarish qobiliyatini kamayishiga olib keladi.

Bir xil sharoitda porshen' bilan dvigatel' tsilindri devorlari orasida ishqalanish qanchalik kam bo`lsa, olingan ish shunchalik katta bo`ladi. Lekin ishqalanish tipik qaytmas protsessdan iborat.

SINOV SAVOLLARI:

1. Termodinamika ikkinchi qonunining mazmuni.
2. Termodinamika ikkinchi qonunining asosiy ta`riflari.
3. Termik f.i.k. va sovitish koefitsienti.
4. Karno tsikli.
5. Termodinamika ikkinchi qonunining tenglamasi.
6. Ikkinchi tur abadiy dvigatel'.
7. TSikllar.
8. Issiqlik mashinasi tsikli.
9. Sovitish mashinasi tsikli.

10.Karnoning teskari tsikli.

11.Tabiiy protsesslarda entropiyani ûzgarishi.

TAYANCH IBORALAR

Termodinamika ikkinchi konuni, R.Klauzius ta`rifi, V.Tomson ta`rifi, M.Plank ta`rifi, aylanma termodinamik protsess, tsikl, termik f.i.k., sovitish koeffitsienti, Karno tsikli, abadiy dvigatel', issiqlik dvigateli, sovitish mashinasi.

5 - MA`RUZA. SUV BUG'I

REJA:

5.1 Bug' hosil bo'lish protsessi.

5.2 Bug' hosil bo'lish protsessining p ϑ - diagrammada tasvirlanishi.

5.3 Suv bug'ining ts va is –diagrammasi.

ADABIYOTLAR

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 162-173 b.
2. CHernyak O.V. Teplotexnika va gidravlika asoslari. Toshkent, 1997 y. 124-137 b.
3. Asraev R.A., efendiev A.M., Safarov R.T. Issiqlik texnikasi. Buxoro 2001 y. 56-65 b.

5.1. BUG' HOSIL BO'LISH PROTSESSI

Suv bug'i bug' turbinalari, bug' mashinalari va boshqa bir necha qurilmalarda ishchi jism, issiqlik almashinuv qurilmalarida esa issiqlik tashuvchi sifatida keng qo'llaniladi.

Moddaning suyuq holatdan gaz holatiga o'tishi **bug'lanish** deyiladi. Bunda molekulalarning bir qismi suyuqlik yuzasidan qolgan molekulalarning tortishish kuchini engib, uchib chiqadi va atrof - muhitga tarqaladi. Kinetik energiyasi ancha katta bo'lgan molekulalargina bunday ish bajara oladi.

Agar suyuqlik o'zgarmas bosimda isitilsa, uning molekulalarining barcha hajm bo'yicha harakat tezligi ortadi va bug' hosil bo'lish kuchayadi. Suyuqlikning fizik xususiyatiga va bosimga qat'iy muvofiq keladigan muayyan temperaturada bug'lanish protsessi qaynash protsessiga aylanadi.

Suyuqlikning faqat erkin sirtidan emas, balki butun hajmi bo'yicha jadal ravishda bug'ga aylanishi va bug' pufakchalarining tez hosil bo'lishi va ko'paya borishi **qaynash** deyiladi.

Bug'lanish protsessiga teskari protsess, ya'ni moddaning gaz holatidan suyuq holatiga o'tishi kondencatlanish deyiladi.

Bosim o'zgarmas bo'lgan paytda kondencatlanish protsessida bug'lanishda bo'lgani kabi temperatura o'zgarmasdan qoladi.

Agar bug'lanish yopiq idishda ketayotgan bo'lsa, u holda bug' miqdori muvozanat qaror topguncha, ya'ni suyuqlik va bug' miqdorlari o'zgarmas bo'lguncha ortaveradi. Bu vaqt birligi ichida suyuqlikdan chiqib ketayotgan zarralar soni shu vaqt ichida suyuqlikka qaytayotgan zarralar soniga teng degan so'zdir. Suyuqlik bilan muvozanatda turgan bug' **to'yingan bug'** deyiladi.

To'yingan bug'ning temperaturasi u hosil bo'layotgan qaynayotgan suyuqlik temperaturasiga teng bo'ladi.

Qaynash sodir bo'ladigan temperatura bilan bosim bir-biriga bog'liqdir. Ular to'yinish temperaturasi va bosimi deyiladi va t_m, p_m bilan belgilanadi. Suyuqlik qaynaydigan bosim qanchalik yuqori bo'lsa, qaynash temperaturasi ham shuncha yuqori bo'ladi.

Temperaturasi va bosimi to'yinish bosimi bilan temperaturasiga teng, lekin tarkibida suv zarralari bo'lmagan bug' **quruq bug'** deyiladi.

Suyuqlikka tegib turgan va uning ustidagi bo'shliqni to'yintiradigan bug' **to'yingan nam bug'** deyiladi. To'yingan nam bug'-bug' bilan juda mayda suv tomchilari aralashmasidir. Bug'dagi suyuqlik zarralarining miqdori bug'ning quruq yoki namlik darajasini belgilaydi.

Quruq to'yingan bug' massasini to'yingan nam bug' massasi yig'indisiga (bug' va suyuqlik aralashmasi) nisbati X bilan belgilanadi va **bug' saqlami** yoki **bug'ning quruqlik darajasi** deyiladi.

Nam bug'dagi qaynayotgan suyuqlikning massasi ulushiga bug'ning **namlik darajasi** deyiladi va U bilan belgilanadi.

$$u = 1 - x$$

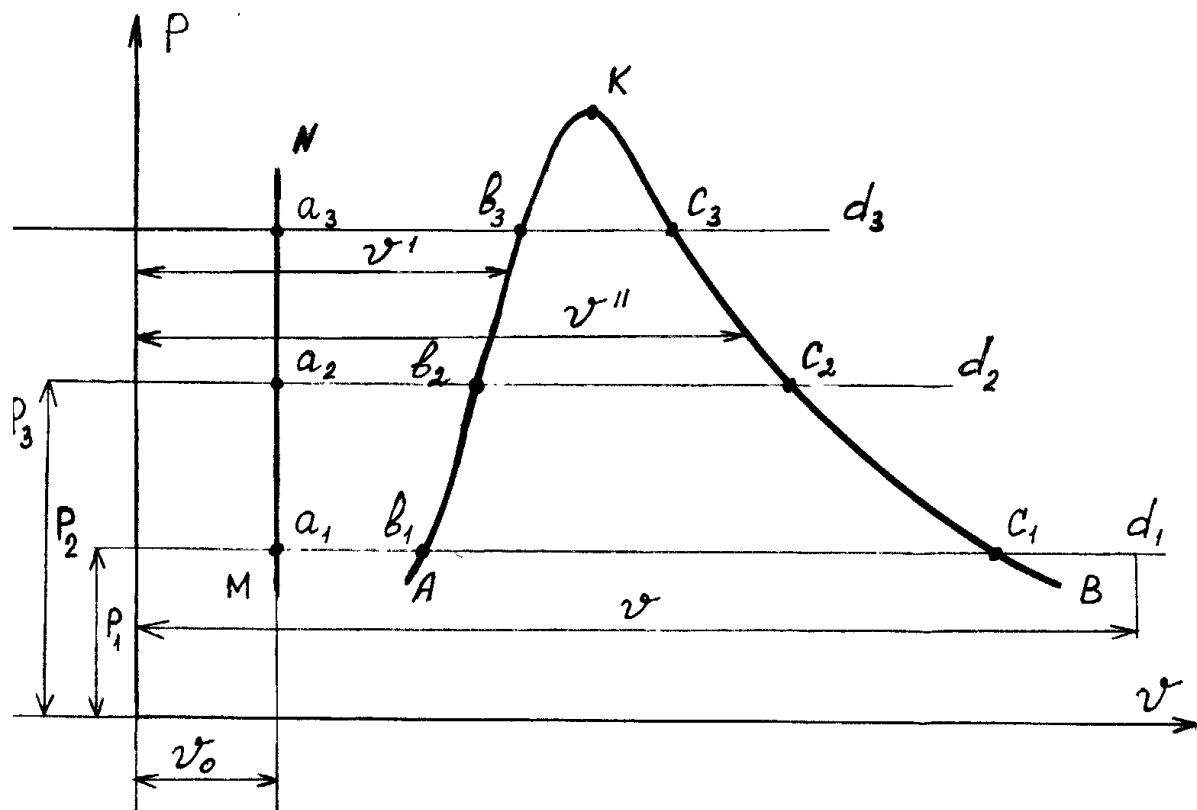
Agar $X = 0,6$ bo'lsa, u holda $U = 1 - 0,6 = 0,4$ bo'ladi, to'yingan nam bug' 60% quruq bug' bilan 40 % suyuqlikdan (suvdan) iborat bo'ladi.

Agar to'yingan quruq bug'ga o'zgarmas bosimda issiqlik berilsa, uning temperaturasi ko'tarilib, hajmi ortadi va hosil bo'lgan bug' **o'ta qizigan bug'** deyiladi.

5.2 BUG' HOSIL BO'LISH PROTSESSINING $P\vartheta$ - DIAGRAMMADA TASVIRLANISHI

Suyuqlik va bug'dan iborat sistemaning fazoviy $P\vartheta$ diagrammasi, suv va bug' solishtirma hajmining bosimga bog'liqlik grafigidan iborat.

Suv temperaturasi 0^0 S va bosimi P bo'lganda solishtirma hajmi ϑ bo'lsin (5.1-rasm), bu holat a_1 nuqtaga mos keladi.



5.1 - rasm.

Agar o'zgarmas P_1 bosimda suvga issiqlik bersak, suvning solishtirma hajmi va temperaturasi ortib boradi. Suvning temperaturasi P_1 bosimga mos $t = t_m$ bo'lgan b_1 nuqtada qaynash boshlanadi. Bu vaqtda suv ϑ hajmni egallaydi. Issiqlik berishni davom ettirsak $v_1 - s_1$ chiziq bo'yicha bug' hosil bo'lish protsessi amalga oshadi. Bu protsessda temperatura o'zgarmasdan qoladi ($t_m = \text{const}$) chunki shu vaqtda keltirilgan issiqlik suv va bug' temperaturasining ko'tarilishiga emas, balki faqat molekulalar orasidagi tortishish kuchlarini engishga va bug'ning kengayish ishiga sarflanadi. Bu protsessda ikki fazali muhit: suv Q bug' bo'ladi, bu muhit **to'yingan nam bug'** deyiladi.

Nuqta S da suyuqlikning oxirgi zarrasi ham bug'ga aylanib ϑ hajmni egallaydi va to'yingan quruq bug' hosil bo'ladi. Agar to'yingan quruq bug'ga o'zgarmas bosimda issiqlik keltirilishi davom ettirilsa, o'ta qizigan bug' hosil bo'ladi. O'ta qizigan bug'ning holatini belgilovchi d nuqta qanchalik ko'p issiqlik miqdori keltirilsa shunchalik o'ngrok tomonga siljiydi. Bu paytda uning temperatura va solishtirma hajmi ϑ ortib boradi.

Endi suvning yuqoriroq R_2 bosimda ($P_2 > P_1$) bug'ga aylanish protsessini ko'rib chiqamiz. Ma'lumki, bosim ortishi bilan qaynash temperaturasi ham ko'tariladi. Suv siqilmaydigan modda bo'lganligi sababli, uning dastlabki hajmi o'zgarmasdan ϑ_0 ga teng bo'lib qoladi (nuqta d_2).

Suvning qaynash boshlanishini ko'rsatuvchi b_2 nuqta (qizdirilganda kengayish hisobiga) b_1 nuqtadan o'ng tomonda joylashadi, ya'ni hajmi $\mathcal{G} (\mathcal{G}_{b_2} > \mathcal{G}_{b_1})$ ko'payadi. To'yingan quruq bug'ning holatini belgilovchi S nuqta esa S nuqtadan chaproqda joylashadi. Demak, bosim va temperatura ortishi bilan to'yingan quruq bug'ning solishtirma hajmi $\mathcal{G} (\mathcal{G}_{c_2} < \mathcal{G}_{c_1})$ kamayadi.

YUqorida ko'rib chiqqanimizdek $P_3 > P_2$ bosimda a_3 , b_3 , c_3 va d_3 nuqtalar hosil bo'ladi.

Agar suvning qaynash nuqtalari b_1 , b_2 va b_3 ni o'zaro birlashtirsak, suyuqlikning chegara egri chizig'i AK hosil bo'ladi. AK chiziqning istalgan nuqtasida bug' saqlami $x=0$ bo'ladi.

Agar S_1 , S_2 va S_3 nuqtalarini o'zaro tutashtirsak, bug'ning chegara egri chizig'i VK hosil bo'ladi. Bu R va $\mathcal{G}$ ning istalgan qiymatlarida bug' saqlami $x=1$ bo'ladigan chiziqdir.

AK va VK egri chiziqlar diagrammani quyidagi uch sohaga bo'ladi: AK va VK chegara egri chiziqlar orasidagi to'yingan bug' sohasi; VK egri chiziqdan o'ngroqda va K nuqtadan yuqorida joylashgan, o'ta qizigan bug' sohasi;

AK egri chiziqdan chapda joylashgan suyuqlik sohasi.

AK va VK chegara egri chiziqlar tutashadigan K nuqta **kritik nuqta** deyiladi. Bu nuqtada suyuqlik bilan uning to'yingan bug'i orasidagi farq yo'qoladi, ya'ni modda gaz va suyuq jismlarning xossalariga ega bo'ladi.

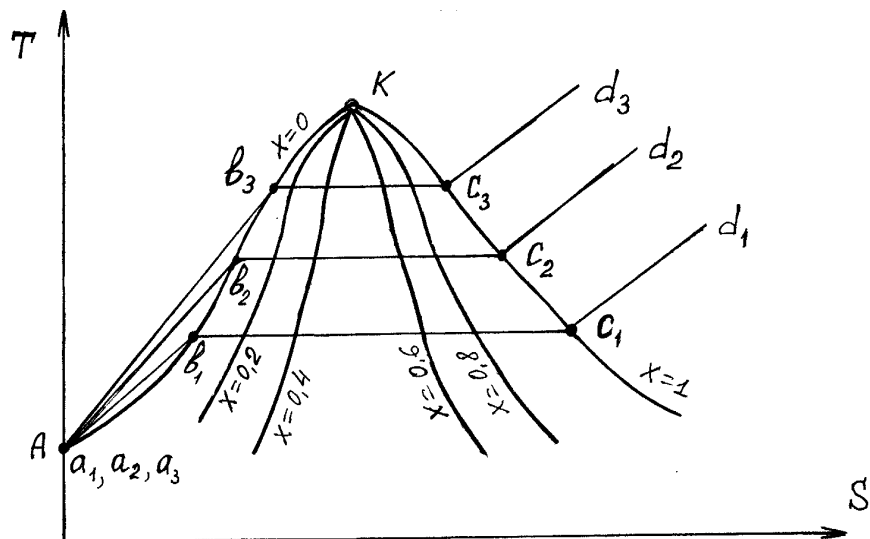
Suv bug'i uchun kritik parametrlar quyidagicha: $t = 374,12^\circ \text{C}$
 $\mathcal{G}_k = 0,003147 \text{ m}^3 / \text{kg}$; $P_k = 22,1145 \text{ MPa}$; $i_k = 2095,2 \text{ kDj/kg}$; $S_k = 4,424 \text{ kDj/}^\circ \text{C} \cdot \text{kg}$

5.3 SUV BUG'INING TS VA IS –DIAGRAMMASI

TS - diagrammada protsess egri chizig'ining ostidagi yuza bilan, jismga berilgan yoki undan olingan issiqlik miqdori aniqlanadi.

5.2.-rasmda suv bug'ining Ts - diagrammasi tasvirlangan. Bug'lanish protsessining Rv - diagrammasidagi har bir nuqtasini TS - diagrammasiga ko'chiramiz.

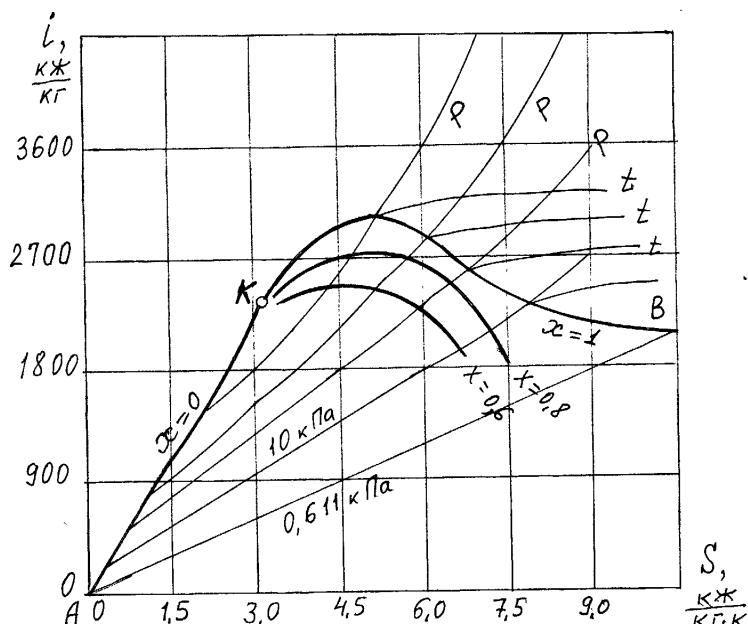
Ts- diagramma termodinamik protsesslar va tsikllarni tekshirishda, ya'ni protsessdagi issiqlik miqdori va qaytar tsikllarda ish miqdorini topishda keng qo'llaniladi. Bundan tashqari Ts- diagrammada temperatura o'zgarishini aniq ko'rish mumkin. Diagrammaning noqulayligi shundan iboratki, issiqlik miqdorini aniqlash uchun har gal tegishli yuzalarni hisoblab chiqib topishga to'g'ri keladi.



5.2 - rasm.

Agar entropiya diagrammasining ordinatalari o'qiga ental'piya qiymatlari qo'yilsa, u holda $S=\text{const}$ bo'lgandagi ish va $P=\text{const}$ bo'lgandagi issiqlik miqdori Ts - diagrammadagidek yuzalar bilan emas, balki chiziq kesmalari bilan tasvirlanadi.

Bug' protsesslari va tsikllarini termodinamikaviy tekshirish hamda hisoblashda i - s diagrammadan foydalanish hisoblash metodikasini ancha soddalashtiradi.



5.3 - rasm.

5.3.- rasmda suv bug'i uchun - i - s diagramma sxema tarzida ko'rsatilgan

Termodinamikada 0^0 S temperaturadagi entropiya va ental'piya shartli ravishda nolga teng deb hisoblanadi. Bu holat i - s diagrammada koordinatalar boshi bilan tasvirlanadi.

Suvning AK va bug'ning VK egri chiziqlari kritik nuqta K da tutashib diagrammani ikki sohaga bo'ladi. Bu egri chiziqlardan yuqorida o'ta qizigan bug' sohasi, pastda esa to'yingan nam bug' sohasi joylashgan.

To'yinish sohasidagi izobaralar nol' nuqtadan boshlanib, bosim qanchalik katta bo'lsa, izobaralar shunchalik yuqorida joylashadi.

O'ta qizigan bug' sohasida yuqoridagi chegara egri chiziqda izobara va izotermalar bir-biridan ajraladi.

SINOV SAVOLLARI:

1. Bu'lanish jarayoni.
2. Bu'larning turlari.
3. Bu'ning quruqlik darajasi.
4. Suv bu'ining P θ va TS – diagrammalari.
5. Suv bu'ining parametrlari.
6. Suv bu'ining is – diagrammasi.
7. Kritik nuqta nima ?
8. Qaynash.
9. Bosimni bu'lanish jarayoniga ta'siri.
10. Ts va is – diagrammalarda issiqlikni aniqlash.

TAYANCH IBORALAR

Bu'lanish, qaynash, kondensatsiya, tûyingan bu\, quruq bu\, nam bu\, bu\ saqlami, bu'ning namlik darajasi, ûta qizigan bu\, kritik nuqta, nam ûavo, absalyut namlik, nisbiy namlik, nam saqlami.

6 - MA`RUZA. GAZ VA BUG'LARNING OQIB CHIQISHI VA DROSSELLANISHI

REJA:

6.1 Asosiy tushunchalar.

6.2 Bajariladigan ish. Oqim uchun termodinamikaning birinchi qonuni tenglamasi.

6.3 Drocsellash

ADABIYOTLAR

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 180-203 b.
2. Larikov N.N. Teplotexnika. M.,1986 y. 102-120 b.
3. Efendiev A.M., Asraev R.A. Issiqlik texnikasidan qisqacha lektsiya kursi. Buxoro. 1992 y. 66-72 b.

6.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR

Bug' va gaz turbinalari, turbokompressorlar, reaktiv dvigatellar, raketalar va boshqa ko'pchilik hozirgi zamon mashinalaridagi ish protsesslari ishchi jism-gaz yoki bug' oqimining kinetik energiyasidan foydalanishga asoslangan.

Gaz oqimining kinetik energiyasi uning oqish tezligining kvadratiga proportsional bo'ladi va oqimning oqish tezligi qanchalik yuqori bo'lsa, uning ish bajarish xususiyati ham shunchalik katta bo'ladi. Gaz oqimi tezligini kattalashtirish uchun uning o'zgaruvchan kesimli kanaldan oqib o'tishida kengayish xususiyatidan foydalaniladi.

Gazning oqib chiqishida yo'nalgan oqimcha hosil qilish uchun o'zgaruvchan kesimli kanallari bor maxsus nasadkalar ishlatiladi. Gazning ichki energiyasini harakatning kinetik energiyasiga aylantiradigan nasadkalar **soplolar** deyiladi.

Gaz soplo bo'ylab harakatlanganda uning bosimi pasayadi, tezligi esa ortadi. Ba'zan oqib chiqish protsesslarida tezlik pasayishi hisobiga bosim ko'tariladi. Bunday hollar uchun **diffuzorlar** deyiladigan nasadkalardan foydalaniladi.

6.2 BAJARILADIGAN ISH. OQIM UCHUN TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI TENGLAMASI

Gaz oqimini tekshirishda, barqaror adiabatik oqish holini, ya'ni issiqlik almashinuvisiz kechadigan oqish holini tekshirish katta ahamiyatga ega.

Soploning istalgan kesimida gazning barcha parametrlari vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan oqib chiqish protsessi barqaror oqib chiqish protsessi deyiladi.

Oxirgi tezlik bilan harakat qilayotgan gaz holati o'zgarishi protsessida issiqlik na faqat ichki energiya o'zgarishi va tashqi ish bajarishga, balki gazning kanal bo'ylab siljiganida tashqi kinetik energiyasining ortishiga ham sarf bo'ladi.

Gaz uchun termodinamika birinchi qonunining differentsial ko'rinishi quyidagicha ifodalanadi:

$$dq = du + dl' + \frac{dw^2}{2} \quad (6.1)$$

bunda: dq - tashqi manbadan keltirilgan solishtirma issiqlik miqdori;

du - gaz solishtirma ichki energiyasining o'zgarishi;

dl' - oqimni siljitishga sarflangan ish (siljitish ishi);

$\frac{dw^2}{2}$ - ishchi jism tashqi kinetik energiyasining o'zgarishi.

Elementar siljitish ishini quyidagicha topishimiz mumkin:

$dl' = d(p\vartheta)$ (6.2) u holda (6.1) - tenglama quyidagicha ko'rinishga keladi.

$$dq = du + d(p\vartheta) + \frac{dw^2}{2} \quad \text{ëku} \quad dq = d(u + p\vartheta) + \frac{dw^2}{2}; \quad i = u + p\vartheta$$

$$dq = di + \frac{dw^2}{2} \quad \text{ëku} \quad q = i_2 - i_1 + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} \quad (6.3)$$

Demak gaz oqimiga keltirilgan issiqlik miqdori uning ental'piyasi va tashqi kinetik energiyasini o'zgarishiga sarf bo'ladi.

Ishchi jism va tashqi muhit orasida issiqlik almashinish sodir bo'lmagan paytda, ya'ni adiabatik oqimga (6.3) tenglama quyidagicha o'zgaradi:

$$di + \frac{dw^2}{2} = 0 \quad \text{ëku} \quad i_1 - i_2 = \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} \quad (6.4)$$

Ishchi jism boshlang'ich tezligi nolga teng bo'lganda oqim tezligi ushbu formula bilan topiladi:

$$w = \sqrt{2(i_1 - i_2)} \quad (6.5)$$

Agar $(i_1 - i_2)$ kJ/kg larda ifodalansa, u holda

$$w = 44,7 \sqrt{(i_1 - i_2)}$$

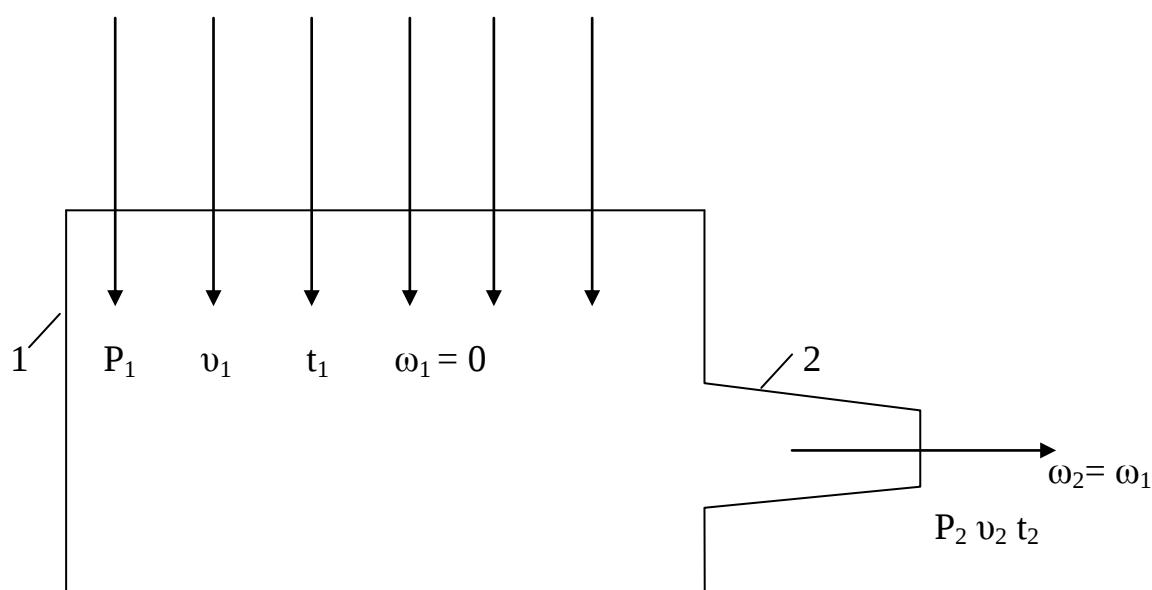
Bu erda ental'piya i_1 va i_2 IS -diagrammadan yoki jadvaldan aniqlanadi.

Gazning soplodan oqib chiqish protsessini ko`rib chiqamiz.

6.1-rasmda ichida R_1 -bosimli gaz bor idish ko`rsatilgan. Gaz idishdan soplo orqali  $R_2$  bosimli bo`shliqqa oqib chiqishini kuzatamiz.

Gaz soplodan bosimlar farqi $R_1 - R_2$ ta`sirida oqib chiqadi.

Bunda 1 kg gazni siljitish uchun tashqi kuchlar l ish bajaradi va 1 kg gaz soplodan oqib chiqishida kengayish ishi l_{keng} ni bajaradi.



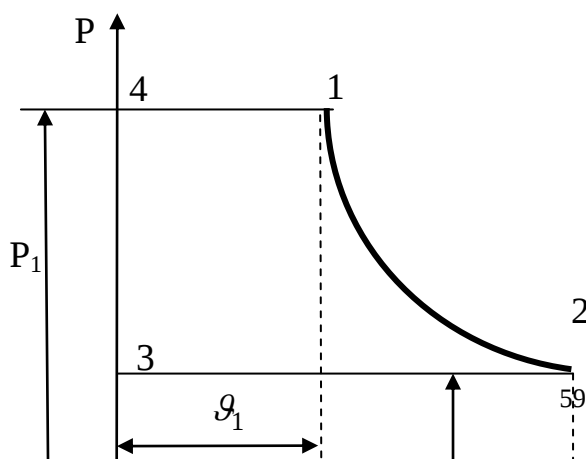
6.1 - rasm.

SHuning uchun soplodan 1 kg gaz oqib chiqishida bajariladigan to`liq ish:

$$l_{\text{тулук}} = l_{\text{кент}} + p_1 \vartheta_1 - p_2 \vartheta_2 \quad (6.6)$$

Ma`lumki adiabatik kengayish ishi quyidagi formula bilan aniqlanishi mumkin:

$$l_{\text{кент}} = \frac{1}{\kappa - 1} (p_1 \vartheta_1 - p_2 \vartheta_2)$$



6.2-rasm.

(6. 6) formulaga l_{keng} ning qiymatini qo'yib quyidagini olamiz:

$$l_{myl} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} (p_1 g_1 - p_2 g_{21}) \quad \text{ëku} \quad l_{myl} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} (p_1 g_1 (1 - \frac{p_2}{p_1})^{\frac{(k-1)}{k}})$$

to'liq ish l_{tul} bajariladigan ish deyiladi.

R ϑ - diagrammada (6.2-rasm). bajariladigan ish 1234 yuza bilan tasvirlanadi, kengayish ishi l esa 1265 yuzaga teng, ya'ni bajariladigan ish kengayish ishidan K marta ko'p:

$l_{tul} = K l$ adiabatik protsessda gazning oqib chiqish tezligi:

$$d l_{myl} = \frac{d w^2}{2} \quad \text{ëku} \quad l_{myl} = \int_1^2 \frac{d w^2}{2} = \frac{w_2^2 - w_1^2}{2}$$

bundan: $w_2 = \sqrt{2 l_{myl} + w_1^2}$

Gazning boshlang'ich tezligi oqib chiqish tezligidan juda kichik, shuning uchun uni hisobga olinmasligi katta xato bo'lmaydi.

Demak adiabatik protsessda gazning oqib chiqish tezligini ushbu tenglikdan topish mumkin:

$$w = \sqrt{2 l_{myl}} = \sqrt{2 (\kappa / (\kappa - 1)) (p_1 g_1 - p_2 g_2)} \quad \text{ëku}$$

$$w = \sqrt{2 (\kappa / (\kappa - 1)) (p_1 g_1 (1 - (p_2 / p_1)^{(\kappa-1)/\kappa}))}$$

Gazning soplodan oqib chiqishidagi massaviy sarfi:

$$m = \frac{a w}{g_2}$$

bu erda: a - kanalning chiqish kesim yuzasi:

w - oqim tezligi; g - chiqish kesimi yuzasida gazning solishtirma hajmi.

Adiabatik protsess uchun:

$$g_2 = g_1 (p_1 / p_2)^{1/k}$$

U holda ideal gazning massaviy sarfi m kg/sek hisoblab topiladigan formula:

$$m = \frac{\delta \sqrt{2(k/(k-1)) p_1 \vartheta_1 (1 - (p_2/p_1)^{(k-1)/k})}}{\vartheta_1 (p_1/p_2)^{1/k}} \quad \text{ëku}$$

$$m = \delta \sqrt{2(k/(k-1)) p_1 \vartheta_1 (p_2/p_1)^{2/k} - (p_2/p_1)^{(k+1)/k}} \quad (6.11)$$

6.4 DROCELLASH

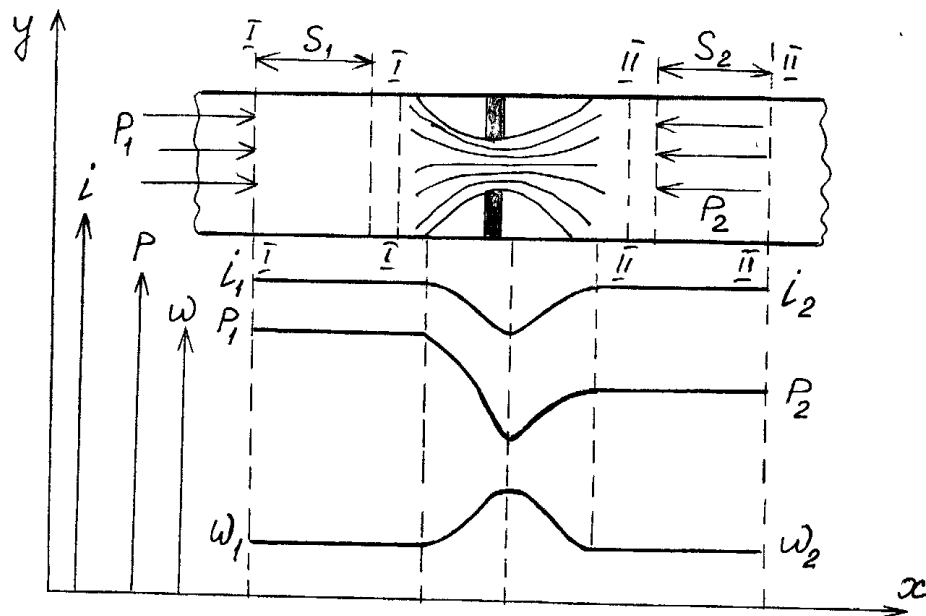
Quvur yoki biror boshqa kanalda oqayotgan gaz yoki suyuqlik oqimchasi yo`lida kesimi quvur yoki kanal kesimidan ancha kichik bo`limlar bo`lsa, u holda shu bo`limdan chiqishda gazning bosimi pasayadi.

Kanaldagi toraygan joy orqali oqish protsessida gaz bosimining pasayish hodisasi gazning **drossellanishi** yoki g`ijimlanishi deyiladi.

Drossellanish protsessi amalda ko`p uchraydi.

Masalan: to`liq ochilmagan jumraklar, zadvijkalar, klapanlar, shaybalar va boshqa qarshiliklardan suyuqlik yoki gaz o`tganida drossellanadi.

Gaz (suyuqlik)ning mahalliy qarshiligi, masalan; diafragmasi bo`lgan quvur orqali oqish protsessini ko`rib chiqamiz.



6.3 - rasm.

Gaz quvur bo`ylab diafragmadagi teshik orqali I-I kesimdan II-II kesimga oqib chiqadi. Oqib chiqish protsessi adiabatik protsess, ya`ni quvur devorlari ideal issiqlik izolyatsiyasi bilan o`ralgan va atrofdagi muhit bilan issiqlik almashinilmaydi deb hisoblaymiz.

Diafragmaning tor teshigida gazning tezligi w_1 dan w_0 gacha ortadi, bosimi esa soplodan odatdagi oqib chiqish protsessidagi kabi pasayadi. quvurning o'ng qismida tor teshikdan keyin gazning tezligi butunlay pasayib, o'zining dastlabki qiymatiga tushib qoladi.

$F_1 = F_2$ desak $w_1 \approx w_2$ bo'ladi.

Diafragmadan keyingi bosimi R esa faqat qisman tiklanadi va diafragmadan oldingi bosimga qaraganda kam bo'ladi. Bunga sabab shuki, gaz tor teshikdan o'tganda uyurtma hosil bo'lishi va ishqalanish tufayli energiya isrof bo'ladi.

(6. 4) tenglikdan foydalanamiz:

$$i_1 - i_2 = \frac{w_2^2 - w_1^2}{2}$$

I-I va II-II kesimlar uchun $w_1 \approx w_2$ bo'lgani uchun $i_1 - i_2$ va $i_1 = i_2$ bo'ladi, ya'ni gazni drossellash natijasida uning ental'piyasi o'zgarmaydi.

Ideal gaz uchun ental'piya faqat temperaturaga bog'liq bo'lib, bosimga bog'liq bo'lmaganligi sababli ideal gaz drossellanganda temperatura ham o'zgarmasdan qoladi.

Real gazlar drossellanganda, ayniqsa yuqori bosimlarda temperaturaning pasayishi kuzatiladi.

Adiabatik drossellash protsessida gaz va suyuqliklar temperaturasining o'zgarish hodisasi Joule'-Tomson effekti deb ataladi.

Agar gazning bosimi juda kichik dp miqdorda o'zgarsa, u paytda temperaturaning juda kichik miqdorda o'zgarishi kuzatiladi:

$$dT_1 = a_i dp_i \quad \text{ёку} \quad a_i = \left(\frac{dT}{dp}\right)_i$$

bu erda: a_i - Joule'-Tomson koeffitsienti deb ataladi.

Drosseldagi bosimning kamayishi ancha katta bo'lganda adiabatik drossellash protsessida gaz temperaturasining o'zgarishi integral drossel' effekt deb ataladi va quyidagi tenglikdan topiladi.

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \int_{p_1}^{p_2} \frac{T(d\vartheta/dT)_p - \vartheta}{C_p} dp \quad (6. 13)$$

Drossellashda soviq hosil bo'lishi sovitch texnikasida ko'pchilik past temperaturali protsesslar uchun asos bo'lib xizmat qiladi, gazlarni suyuq holga o'tkazishda hal qiluvchi rol' uynaydi.

Ishchi jismning bosimini pasaytirish zarur bo'ladigan maxsus reduktsiyali-sovitish qurilmalarida drossellash protsessidan keng foydalaniladi.

SINOV SAVOLLARI:

1. Gaz va bu'larning oqib chiqishi.
2. Gazning soplodan oqib chiqishi.
3. Oqim uchun ishni aniqlash.
4. Drossellash.
5. Gazning oqib chiqish tezligini aniqlash.
6. Soplo va diffuzorlarni tushuntiring.
7. Bajariladigan ish.
8. Termodinamika 1 – tenglamasi.
9. Gazning massaviy sarfini aniqlash.
10. Adiabatik protsessda gazning oqib chiqishi.

TAYANCH IBORALAR

Soplo, diffuzor, drossellash, Joul' - Tomson effekti, Joul' - Tomson koeffitsienti, oqim tezligi, kinetik energiya, adiabatik oqish, kengayish ishi, diafragma.

7 - MA`RUZA. KOMPRESSORLAR

REJA:

7.1 Asosiy tushunchalar.

7.2 Bir bosqichli porshenli kompressorlar.

7.3 Ko`p bosqichli porshenli kompressor.

ADABIYOTLAR

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 217-227 b.
2. Larikov N.N. Teplotexnika. M., 1986 y. 121-136 b.
3. Asraev R.A., efendiev A.M., Safarov R.T. Issiqlik texnikasi. Buxoro 2001 y. 74-79 b.

7.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR

Gazni siqish va haydash uchun mo`ljallangan mashinalar **kompressorlar** deyiladi.

Kompressorlar xalq xo`jaligida qo`llanilayotgan zamonaviy texnikalarda keng foydalanilmoqda. Ayniqsa kimyo, mashinasozlik, metallurgiya, temir yo`li, aviatsiya sanoatlarida, gaz-turbinali dvigatellarda va sovitish qurilmalarida kompressorlar keng ishlatiladi.

Ishlash printsipli va tuzilishiga ko`ra kompressorlar hajmiy va parrakli kompressorlarga bo`linadi.

Hajmiy kompressorlarda gaz bosimi uning hajmini majburiy kamaytirish hisobiga ko`payadi. Hajmiy kompressorlar jumlasiga porshenli rotatsion va vintaviy kompressorlar kiradi.

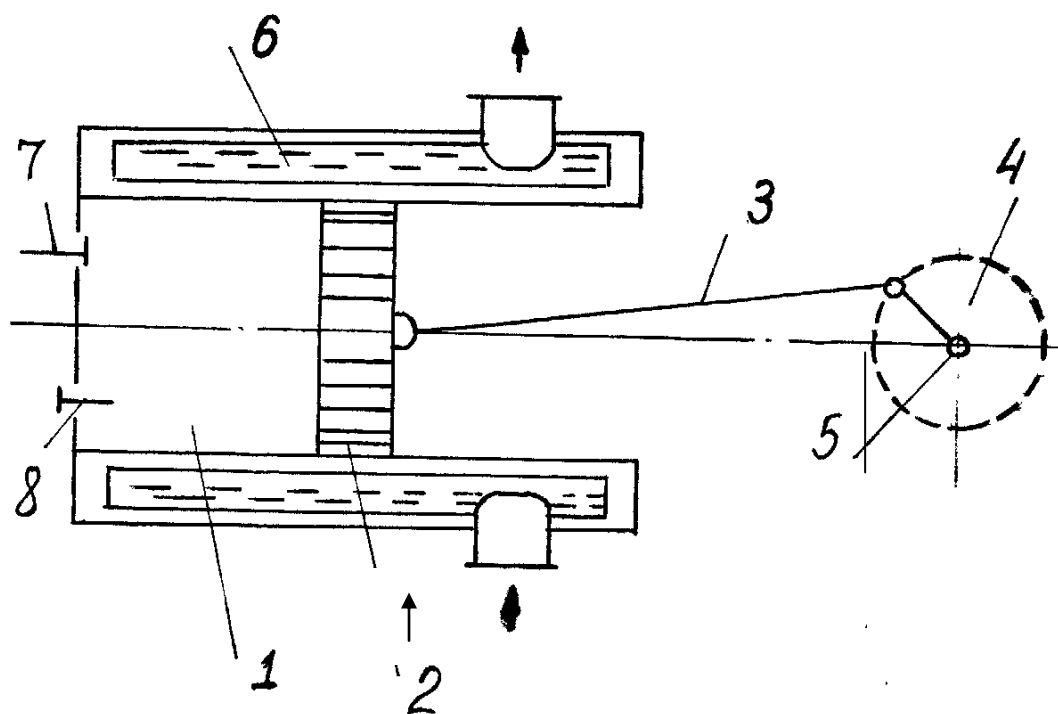
Parrakli kompressorlarda gazning bosimi kompressorning g`ildiraklari aylanganida vujudga keladigan inertsiya kuchlar ta`sirida ko`payadi. Ular **trubokompressorlar** ham deyiladi va markazdan qochma hamda o`qiy kompressorlariga bo`linadi.

Porshenli kompressorlar miqdori unchalik katta bo`lmagan gazni katta bosimlarga qayta siqishda ishlatiladi. Trubokompressorlar esa buning aksicha gazni nisbatan past bosimlarda (0,15-1,5MPa atrofida) uzatib berish uchun mo`ljallangan .

Kompressorlar bir-biridan konstruksiyasi va siqish printsipligiga ko`ra farq qilishiga qaramasdan siqish protsessi termodinamikasi ularda bir xil bo`ladi.

7.2 BIR BOSQICHLI PORSHENLI KOMPRESSORLAR

Kompressorlarda sodir bo`ladigan protsesslarni tekshirish va tahlil qilish uchun, ish printsipli oddiyroq bo`lgan bir bosqichli porshenli kompressorlarni ko`rib chiqamiz (7.1-rasm).



- rasm.

U tsilindr 1 va ichida harakatlanadigan porshen' 2 dan iborat. TSilindr devori ichi bo`shliq 6 dan iborat bo`lib unda sovituvchi suv aylanma harakat qiladi. Porshen' shatun 3 vositasida krivoship 4 orqali kompressorning tirsakli vali 5 bilan birlashtirilgan va ilgari lama-qaytma harakat qiladi.

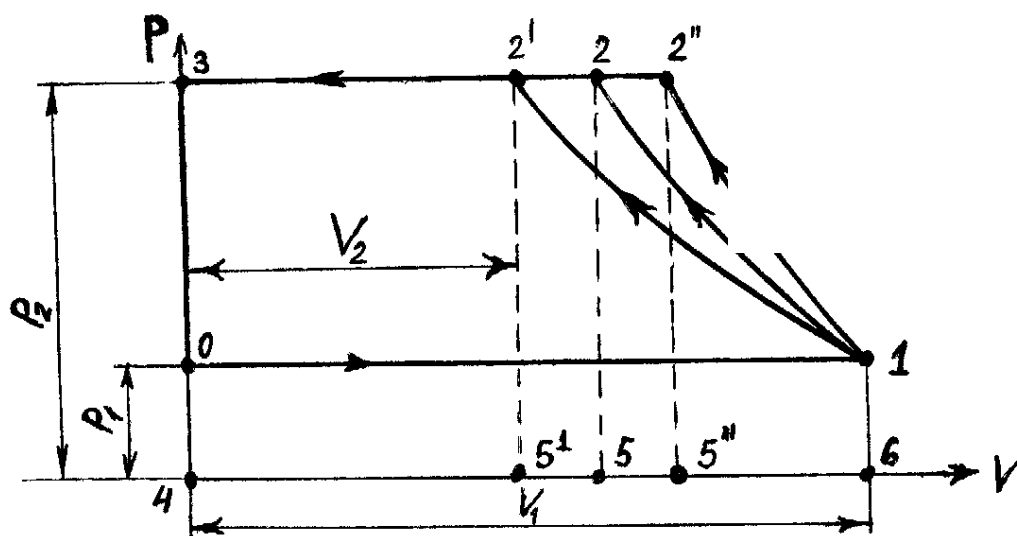
Porshen' chapdan o`ngga siljiganda kompressor tsilindrida siyraklanish vujudga keladi. Tevarakdagi muhitning bosimi ta`sirida so`rish klapani 7 ochiladi va tsilindrga siqilishi lozim bo`lgan gaz to`ladi.

Porshen' o`ngdan chapga tomon siljiganida so`rish klapani yopiladi va porshen' tsilindrdagi gazni siqadi. Siqilgan gaz haydash klapani 8 ochilib tsilindrdan itarib chiqariladi va gaz yig`gichga haydaladi, undan esa iste`molchiga beriladi.

Bunda kompressorning ish protsessi porshenning ikki marta harakatlanishida amalga oshadi, bu esa valning bir marta aylanishiga muvofiq keladi.

Nazariy (ideal) bir bosqichli kompressorni ishlashini ko`rib chiqamiz.

Ishqalanishni engishga sarf bo'ladigan ish yo'q, tsilindrning geometrik hajmi foydali ish hajmiga teng va qoldiq bo'shliq hajm hosil kilmaydi, deb faraz qilamiz. Gazni tsilindrda so'rish va yig'gichga haydash o'zgarmas bosimda amalga oshadi.



7.2- rasm.

7.2-rasmda kompressorda siqilgan gaz olishni nazariy indikator diagrammasi tasvirlangan.

Kompressorda porshen' chapdan o'ngga qarab harakatlanganda tsilindrda bosimi R_1 bo'lgan gaz kiradi. Bu protsess diagrammada 0-1 chizig'i bilan tasvirlanib **so'rish chizig'i** deyiladi.

Porshen' o'ngdan chapga harakatlanganda gazni R_2 bosim va V_2 hajmgacha siqadi. 1-2 chizig'i **siqish protsessi** deyiladi. Porshen' chapga tomon harakatlanishda davom etib, siqilgan gazni haydash klapani orqali gaz yig'gichga siqib chiqaradi. 2-3 chizig'i **haydash chizig'i** deyiladi.

Porshen' qaytadan o'ng tomonga harakatlana boshlaganida so'rish klapani ochilib tsilindrda bosim juda tez R_2 dan R_1 ga tushadi.

3-0 chiziq va ish protsessi yana shu tarzda takrorlanadi. Nazariy indikator diagrammasidagi 0-1-2-3-4 yuza kompressor valini bir marta aylanishiga sarf bo'ladigan, ya'ni siqilgan gaz olishga sarflanadigan ish miqdorini ifodalaydi va quyidagi ifoda bilan topiladi:

$$l_k = l_{\text{cuk}} + l_{\text{xaiid}} - l_{\text{cyp}} = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} p \delta \vartheta + p_2 \vartheta_2 - p_1 \vartheta_1 \quad (7.1)$$

R ϑ -diagrammada siqilish ishi: $l_{cuu} = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} p d\vartheta$

12561 yuza bilan haydash ishi 43254 yuza bilan, soʻrilish ishi l_{sur} esa 01640 yuza bilan tasvirlanadi.

7.2-rasmda keltirilgan diagrammadan koʻrinib turibdiki, kompressor tsilindrining devorlaridan issiqlik olib ketilmaganda gazni siqish protsessi 1-2 adiabat boʻyicha boradi. TSilindr devorlaridan issiqlik tez olib ketib turilganda protsess 1-2 izoterma boʻyicha sodir boʻladi.

Koʻrinib turibdiki, ikkala protsessdan izotermik protsess tejamliroq, chunki izotermik siqishda sarf boʻladigan ish adiabatik siqishdagiga qaraganda son jihatdan $12^{2'}$ 1 yuzaga teng miqdorda kam boʻladi. Lekin real kompressorda gazni izotermik siqib boʻlmaydi, chunki tsilindrni sovituvchi suv havoni siqishda chiqadigan issiqlikning hammasini olib keta olmaydi. SHuning uchun real sharoitlarda siqilish protsessi 1-2 politropa boʻyicha ketadi. Politropa chizigʻi izoterma va adiabat chizigʻi orasida boʻlib, politropa koʻrsatkichi Pq $1,18 \div 1,25$ atrofida boʻladi.

Kompressor tsilindrida 1 kg siqishda sodir boʻladigan protsessning xarakteriga qarab, kompressorning toʻliq solishtirma ishi l turlicha qiymatga ega boʻladi.

Izotermik protsessda $p_2\vartheta_2 = p_1\vartheta_1$ boʻlganligi uchun:

$$l_k^{uz} = l_{cuu} = p_1\vartheta_1 \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (7.2)$$

Adiabatik protsessda siqilish ishi:

$$l_{cuu} = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} p d\vartheta = \frac{1}{k-1} (p_2\vartheta_2 - p_1\vartheta_1)$$

(7. 1) formulaga koʻra kompressorning toʻliq solishtirma ishi:

$$\begin{aligned} l_k &= \frac{1}{k-1} (p_2\vartheta_2 - p_1\vartheta_1) + p_2\vartheta_2 - p_1\vartheta_1 = \frac{k}{k-1} (p_2\vartheta_2 - p_1\vartheta_1) = \\ &= \frac{k}{k-1} RT_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{k-1/k} - 1 \right] \end{aligned} \quad (7. 3)$$

Politropik siqilishda kompressorning toʻliq solishtirma ishi quyidagiga teng:

$$l_k^{nol} = n l_{cuu}^{nol} = \frac{n}{n-1} (p_2\vartheta_2 - p_1\vartheta_1) = \frac{n}{n-1} RT_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{n-1/n} - 1 \right] \quad (7. 4)$$

YUqorida aytib oʻtilganidek, kompressor isteʼmol qiladigan ishni kamaytirish uchun uning tsilindrini suv bilan tez sovitib turish kerak. Bundan tashqari surkov

moyining oʻz-oʻzidan alanganishining oldini olish maqsadida siqilayotgan gazning temperaturasi pasaytirish uchun ham tsilindrni sovitib turish lozim.

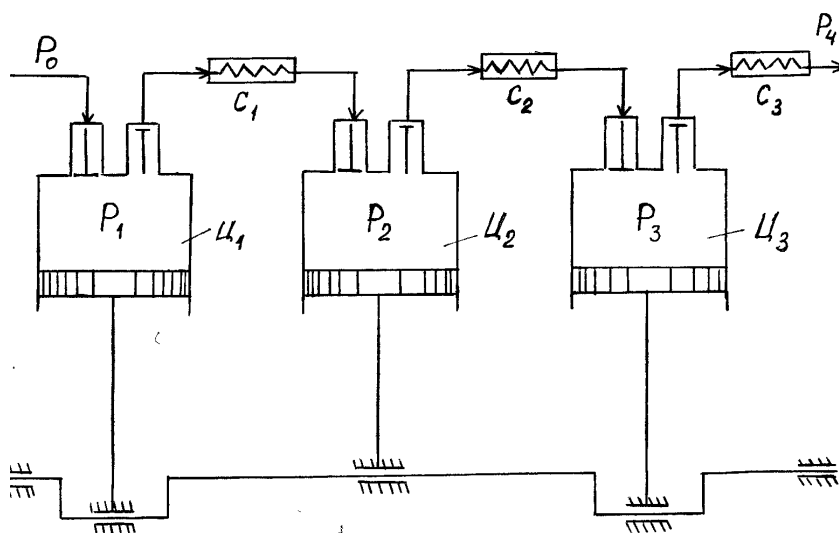
Bir bosqichli kompressor bosimini oshirishni cheklovchi yana muhim omillardan biri-haydash bosimi oshishi bilan unumdorligining pasayishidir. SHuning uchun bir bosqichli kompressorlar bosimi 0,8-1,0 MPa dan yuqori boʻlmagan siqilgan gaz olishda ishlatiladi.

Gazni ancha yuqori bosimlarga siqish uchun uni bosqich bilan, yaʼni oraliq sovitish yoʻli bilan bir necha marta siqish kerak boʻladi.

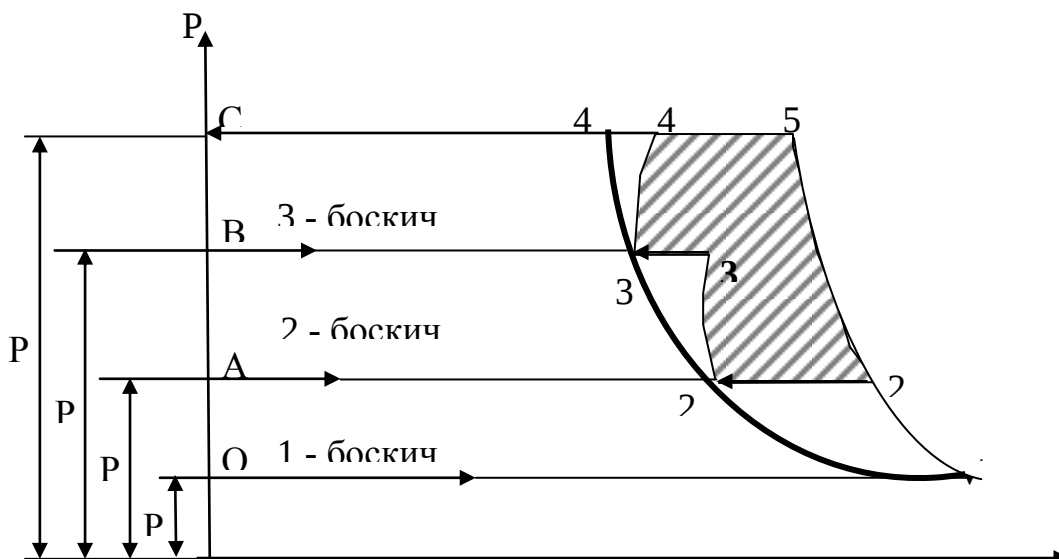
7.4 KOʻP BOSQICHLI PORSHENLI KOMPRESSOR

Koʻp bosqichli porshenli kompressorlar yuqori bosimli gaz olish uchun qoʻllaniladi.

Gazni siqish politropa boʻyicha ketma-ket bir necha tsilindrda oraliq sovitish bilan amalga oshiriladi.



7.3-rasm.



7.4-rasm.

7.3-rasmda uch bosqichli porshenli kompressorning sxemasi, 7.4-rasmda esa undan sodir bo'ladigan protsessning RV diagrammasi ko'rsatilgan.

Gaz 0-1 protsessida past bosimli tsilindr TS_1 ga so'rilib, 1-2 politropa bo'yicha R_2 bosimgacha siqiladi va sovitch S_1 ga o'tadi.

Gaz sovitchda o'zgarmas bosimda dastlabki temperaturasi t_1 gacha sovitilib, ikkinchi bosqich TS_2 ga beriladi va bu erda politropa 2-3 bo'yicha R_3 bosimgacha siqiladi. Siqilgan bosqich TS_2 da gaz politropa 2-3 bo'yicha R_3 bosimgacha siqiladi. Siqilgan gaz sovitch S_2 ga o'tadi va t_1 temperaturagacha soviydi. Uchinchi bosqich TS_2 da gaz politropa 3-4 bo'yicha oxirgi bosimgacha siqiladi. So'ngra sovitch S_2 ga va undan iste'molchiga o'tadi.

Ko'p bosqichli kompressorning har bir keyingi bosqichida tsilindrdagi gazning siqilishdan oldingi temperaturasi dastlabki temperaturasi t bilan bir xil bo'ladi, siqilgandan keyingi temperaturasi esa kompressor moyining o'z o'zidan alangalanish temperaturasidan oshmaydi.

Ko'p bosqichli siqish natijasida qoldiq hajmning kompressor ishiga salbiy ta'siri kamayadi: Gazni siqishga sarflanadigan ish shtrixlangan 22' 33'452 yuza kattaligi qadar kamayadi, chunki bir bosqichli siqishda politropa 1-2 chiziq 1-2-5 bo'yicha nuqta 5 ga qadar davom etgan bo'lur edi. Gaz 1-2'-3-4' bo'yicha izotermik siqilganda eng kam ish sarflangan bo'lur edi. Siqish bosqichlari sonini ko'paytirish siqish protsessini izotermik protsessga ancha yaqinlashtiradi. Lekin bosqichlari sonini ko'paytirish siqish protsessini izotermik protsessga ancha yaqinlashtiradi. Lekin shu bilan birga kompressorning konstruksiyasi murakkablashadi, mexanikaviy va gidravlik isroflar ko'payadi.

Gazni tsilindrda siqishda va uni oraliq sovitchda sovitishda olinadigan issiqlik miqdori ma'lum formulalar orqali topiladi:

$$Q_{qur} = G_c(t_2 - t_1) = GC_g \frac{n-k}{n-1}(t_2 - t_1) \quad (7.5)$$

$$Q_{cos} = C_{cp}(t_2 - t_1) \quad (7.6)$$

Kompressor valida sarflanadigan samarali quvvat quyidagiga teng:

$$N_c = \frac{N_0}{\eta_m} = \frac{G l_o}{\eta_m} \quad (7.7)$$

bu erda: G -kompressor unumdorligi, kg/s;

l - bir bosqichli 1 kg gazni siqishga sarflanadigan nazariy ish miqdori, j/kg;
 m - kompressor bosqichlari soni;
 η_m - mexanik f.i.k.

SINOV SAVOLLARI:

1. Kompressorlarning vazifasi.
2. Bir bosqichli porshenli kompressor.
3. Kûp bosqichli porshenli kompressor.
4. Kompressorlarda siqilgan gaz olishga sarflanadigan ish.
5. Kompressorlarning turlari.
6. Trubokompressorlar.
7. Kompressor uchun nazariy indikator diagramma.
8. Kompressorning tûliqsolishtirma ishi.
9. Samarali quvvatni aniqlash.
10. Issiqlik miqdorini aniqlash.

TAYANCH IBORALAR

Kompressor, ùajmiy kompressor, parrakli kompressor, trubokompressor, bir bosqichli porshenli kompressor, kûp bosqichli porshenli kompressor, sùrish chizi\i, ùaydash chizi\i, samarali quvvat, siqish protsessi.

8 - MA`RUZA. ICHKI YONUV DVIGATELLARI TSIKLLARI

REJA:

8.1 Asosiy tushunchalar.

8.2 O`zgarmas hajmda issiqlik keltirilishi bilan boradigan tsikl.

8.3 O`zgarmas bosimda issiqlik keltirilishi bilan boradigan tsikl.

8.4 Aralash yonuv tsikli.

ADABIYOTLAR

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 230-240 b.
2. CHernyak O.V. Teplotexnika va gidravlika asoslari. Toshkent, 1997 y. 244-265 b.
3. Asraev R.A., efendiev A.M., Safarov R.T. Issiqlik texnikasi. Buxoro 2001 y. 80-89 b.

8.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR

Ichki yonuv dvigatellari shunday issiqlik mashinasiki, unda ishchi jismga issiqlik keltirilishi dvigatelning o`zining ichida yoqilg`i yoqish hisobiga amalga oshiriladi.

O`tgan asrning 70-80 yillarigacha mexanik ish olishning asosiy manbasi bug` mashinalari edi. Ularda bug` past bosim va past temperaturada foydalanilar edi. YOqilg`ini yonishidan hosil bo`ladigan yuqori temperaturali gazlar ishchi jism bo`lgan past bosimli bug` olish uchun avval bug` qozonlariga yuboriladi. YOqilg`ini issiqligidan bunday foydalanish bug`-kuch qurilmalari f.i.k.ni kichik bo`lishiga olib keladi.

Olim va ixtirochilarning izlanishlari natijasida, yoqilg`ining yonishidan hosil bo`ladigan gazlar bevosita mashina porsheniga ta`sir etadigan yangi tipdagi dvigatel` yaratildi.

Bunday ichki yonuv dvigateli yaratish mumkinligi g`oyasini birinchi bo`lib 1824 yilda Sadi Karno e`tirof etgan.

1860 yilda frantsuz mexanigi Lenuar ishchi jismni oldindan siqmasdan, yoritilgan gazda ishlaydigan ichki yonuv dvigateli yaratdi.

1862 yil frantsuz injeneri Bo-de-Rosha Karno g`oyasiga mos keladigan dvigatel` yaratadi.

1877 yilda nemis injeneri Otto Bo-de-Rosha taklif qilgan printsipda benzin bilan ishlaydigan dvigatel` yaratdi.

1897 yilda nemis injeneri Dizel' kerosinda,yuqori bosimda kompressordan tsilindrda havo purkalib yuqori siqishda ishlaydigan dvigatel' yaratdi.

1904 yilda rus injeneri Trinkler tomonidan yoqilg'i oldin o'zgarmas hajmda, so'ngra o'zgarmas bosimda yonadigan kompressorsiz dvigatel' yaratildi. YOqilg'i aralash yonadigan bu tipdagi dvigatel' hozirgi paytda barcha mamlakatlarda keng qo'llanilyapti.

Barcha takomillashgan ichki yonuv dvigatellari 3-guruxga bo'linadi:

1-o'zgarmas hajmda yoqilg'ini tezda yonishi bilan boradigan;

2-o'zgarmas bosimda yoqilg'ini asta sekin-yonishi bilan boradigan;

3-bir qismi o'zgarmas hajmda,bir qismi o'zgarmas bosimda yoqilg'ini aralash yonishi bilan boradigan.

Ideal termodinamik ichki yonuv dvigatellari tsikllarini tahlil qilishda keltirilgan va olingan issiqlik miqdori, tsiklning xarakterli nuqtalarida ishchi jismning asosiy termodinamik parametrlari,tsiklning termik f.i.k. asosiy xarakteristika (parametr)lar yordamida aniqlanadi.

Barcha ichki yonuv dvigatellari tsikllari uchun quyidagi o'lchamsiz asosiy xarakteristikalar yoki parametrlar o'rinalidir:

Siqilish darajasi $\varepsilon = \frac{g_1}{g_2}$ ishchi jism boshlang'ich solishtirma hajmini siqilish

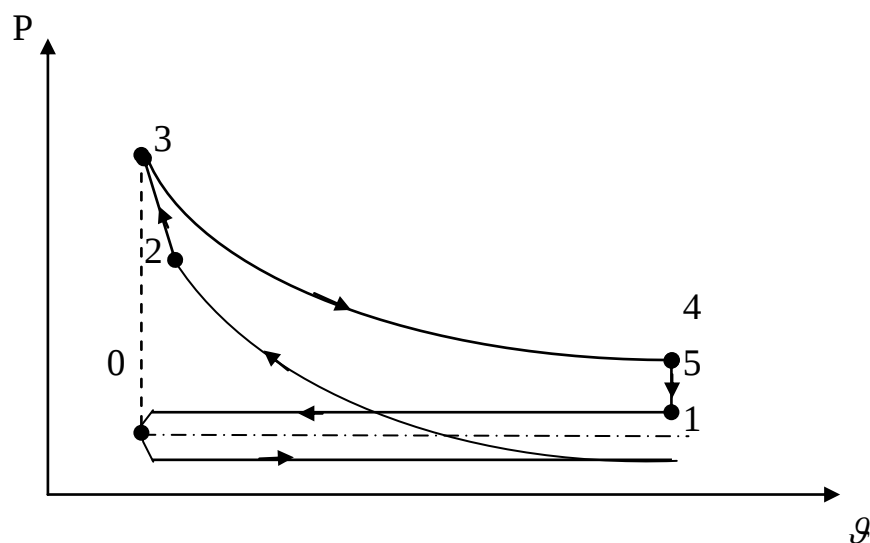
so'ngidagi solishtirma hajmiga nisbati; bosim ortishi darajasi $\lambda = \frac{P_3}{P_2}$ o'zgarmas

hajmda issiqlik berish protsessi oxiri va boshidagi bosimlar nisbati; oldindan kengayish darajasi $\rho = \frac{g_3}{g_2}$ izobarik issiqlik berish protsessi oxiri va boshidagi solishtirma hajmlar nisbati.

Porshenli ichki yonuv dvigatellari tsikllarining uchta asosiy turi mavjud: Otto tsikli ($V=\text{const}$ da yonish); Dizel' tsikli ($p=\text{const}$ da yonish); Trinkler tsikli ($V=\text{const}$ va so'ngra $p=\text{const}$ da yonish).

8.2 O'ZGARMAS HAJMDA ISSIQLIK KELTIRILISHI BILAN BORADIGAN TSIKL

Real porshenli dvigatelni ishlashini tsikl davomida porshenni holatiga qarab tsilindrda bosimni o'zgarishini ko'rsatadigan diagrammada tekshirish qulayroq. Indikator nomli asbob yordamida olinadigan bunday diagrammani indikator diagrammasi deyiladi.



8.1- rasm.

8.1- rasmda o'zgarmas hajmda tez yonish bilan ishlaydigan dvigatelning indikator diagrammasi berilgan. YOqilg'i sifatida engil yoqilg'ilar benzin, yoritgich gaz, spirt va boshqa shu kabi yoqilg'ilar qo'llaniladi.

0-1 protsessda porshen' chapdan o'ngga harakatlanadi va so'rish klapani ochilib tsilindrda karbyuratorda tayyorlangan yonuvchi aralashma beriladi. Porshen' eng chekka holatga borganidan so'ng so'rish klapani yopiladi va porshen' o'ngdan chapga harakatlana boshlaydi. Bunda yonuvchi aralashma tsilindrda siqiladi va uning bosimi ortadi (1-2 protsess).

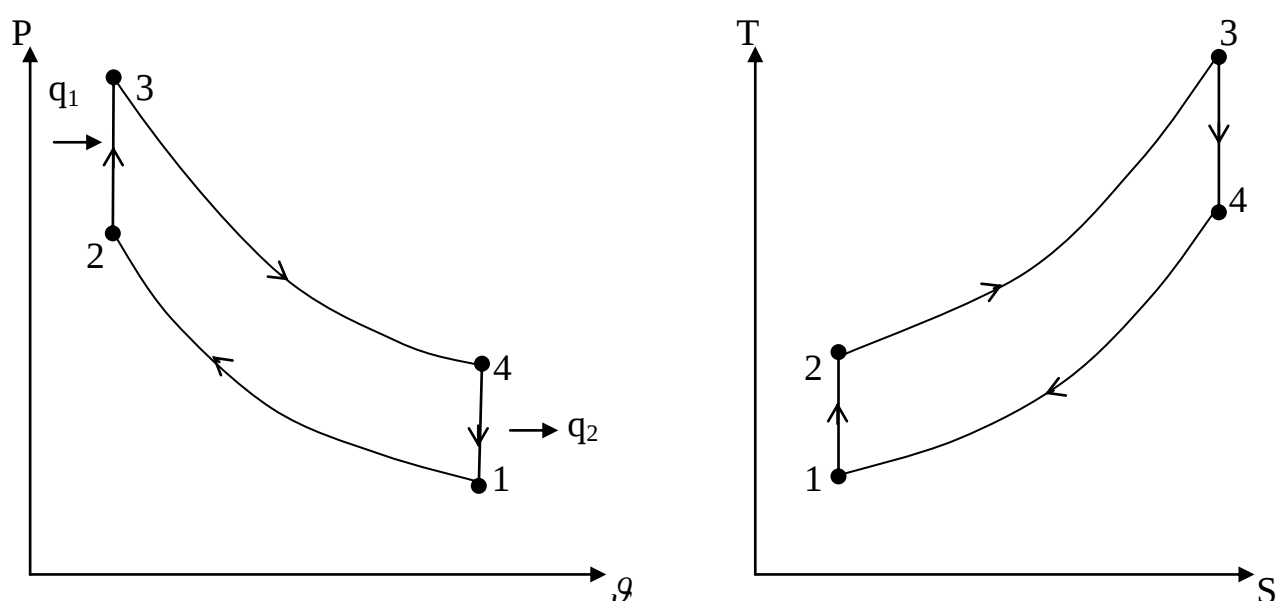
Aralashma bosimi tsilindrda nuqta 2-ga mos bo'ladigan ma'lum kattalikka erishganidan so'ng elektr uchquni yordamida yondiriladi. Aralashmaning yonishi amalda bir onda sodir bo'ladi, porshen' siljib ulgira olmaydi va shuning uchun yonish protsessini izoxorik protsess deb hisoblash mumkin (2-3 protsess). Aralashmaning yonishi natijasida ishchi jism qiziydi va uning bosimi nuqta 3-ga mos keladigan kattalikkacha ortadi. Bu bosim ta'siri ostida porshen' qaytadan o'ngga harakatlanadi, bunda u tashqi iste'molchiga beriladigan kengayish ishini bajaradi (3-4 protsess). Porshen' o'ng chekka holatga etgandan so'ng chiqarish klapani ochiladi va tsilindrda bosim atmosfera bosimidan bir oz yuqoriroq bo'lgan qiymatgacha pasayadi (4-5 protsess). Porshen' o'ng chekka holatga etgandan so'ng chiqarish klapani ochiladi va tsilindrda bosim atmosfera bosimidan bir oz yuqoriroq bo'lgan qiymatgacha pasayadi (4-5 protsess); bunda gazning bir qismi tsilindrdan chiqadi. So'ngra porshen' qaytadan

chapga harakatlanib ish bajargan gazlarning qolgan qismini tsilindrdan atmosferaga chiqarib yuboradi (5-0 protsess).

Otto tsikli bo'yicha ishlaydigan dvigatel' tsilindridagi porshen' bir tsikl davomida to'rtta yurish (takt) bajaradi-so'rish, siqish, aralashma yonib tugaganidan keyin kengayish, yonish mahsulotlarini atmosferaga chiqarish.

Tahlil qilish qulay bo'lgan ideallashtirilgan Otto tsiklini (8.2-rasm). ko'rib chiqamiz.

Ichki yonuv dvigatelining tsikli berk tsikl, tsiklning ishchi jismi ideal gaz, uning miqdori dvigatelda o'zgarmasdan qoladi deb faraz qilamiz. U



8.2– rasm.

holda ishchi jismga issiqlik q_1 ning keltirilishi esa tashqi qizigan manbadan izoxorik protsess 2-3 da tsilindrning devorlari orqali bajariladi va mos ishchi jismdan soviq manbaga issiqlik olinishi izoxorik protsess 4-1 da amalga oshiriladi deb hisoblash mumkin.

Bu tsiklda siqish (1-2) va kengayish (3-4) protsesslari juda qisqa vaqt ichida sodir bo'lishi tufayli, bu vaqt ichida ishchi jism atrofidagi muhit bilan sezilarli darajada issiqlik almashmaydi va shu sababli bu protsesslarni adiabatik protsess deb hisoblash mumkin.

Otto tsikli termik f.i.k.ning qiymatini issiqlik sig'imi C_v va adiabata ko'rsatkichi K o'zgarmas deb qabul qilib, aniqlaymiz:

$$\eta_t = 1 - g_2 / q_1$$

Ishchi jismga beriladigan issiqlik miqdori:

$$q_1 = C_g (T_3 - T_2)$$

Ishchi jismdan olinadigan issiqlik miqdori:

$$q_2 = C_g (T_4 - T_1)$$

U holda tsiklning termik f.i.k:

$$\eta_t = 1 - \frac{C_g (T_4 - T_1)}{C_g (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$$

T_2, T_3, T_4 – temperaturalarini T_1 orqali ifodalaymiz.

Otto tsiklining termik f.i.k. qiymati quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \quad (8.1)$$

Otto tsikli η_t ning qiymati siqish darajasi ε va adiabata ko'rsatkichi K ga bog'liq. ε va K ning qiymati qancha katta bo'lsa η_t ning qiymati ham shuncha katta bo'ladi.

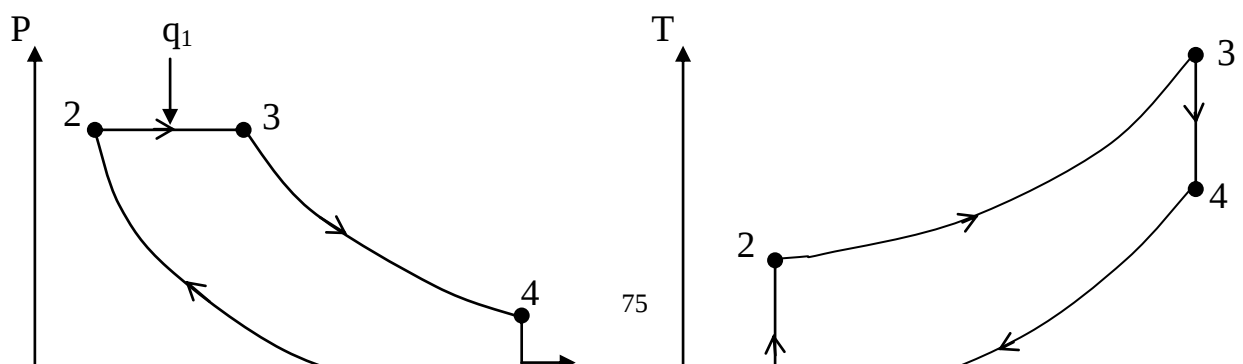
SHunday qilib, η_t ni oshirish nuqtai nazaridan siqish darajasini qanday yo'l bilan bo'lmasin oshirish foydali. Lekin amalda ε ning juda yuqori qiymatigacha erishilgandan so'ng, ko'pincha porshen' hali chap chekka holatiga kelmasdan yonuvchi aralashma o'z-o'zidan alangalanib ketadi. SHuning uchun odatdagi karbyuratorli dvigatellarda siqish darajasi 7-12 dan ortiq bo'lmaydi.

Otto tsikli bo'yicha ishlaydigan karbyuratorli dvigatellar texnikada keng tarqalgan ular engil mashinalarda va ko'pchilik yuk avtomobillarida, samolyotlarda qo'llaniladi.

8.3 O'ZGARMAS BOSIMDA ISSIQLIK KELTIRILISHI BILAN BORADIGAN TSIKL

Agar yonuvchi aralashma o'rniga toza havoni siqib, so'ngra esa siqish protsessi tugagandan keyin tsilindrga yoqilg'i purkalsa, siqish darajasini oshirish mumkin. Dizel' tsikli ayni shu printsipga asoslangan.

Tahlil qilish qulay bo'lgan ideallashtirilgan Dizel' tsiklini (8.3 -rasm) ko'rib chiqamiz.





8.2 - rasm.

1-2 protsessda dvigatel' tsilindriga so`rilgan havo  $R_2$  bosimgacha adiabatik siqiladi. So`ngra havoning kengayish protsessi 2-3 boshlanadi va forsunka orqali yoqilg'i (kerosin, solyar moyi) purkaladi. Siqilgan havoning yuqori temperaturasi hisobiga yoqilg'i alangalanadi va o`zgarmas bosimda yonib tugaydi. SHuning uchun Dizel' tsikli o`zgarmas bosimda yonib tugaydigan tsikl deb ataladi.

YOqilg'ini tsilindrga kiritish protsessi tugaganidan keyin ishchi jism 3- 4 adiabatada bo`yicha kengayadi. Nuqta 4 ga mos bo`lgan holatda tsilindrning chiqarish klapani ochiladi va 4-1 izohora bo`yicha soviq manbaga issiqlik q_2 olinishi amalga oshiriladi.

Bu tsiklning termik f.i.k. ni issiqlik sig'implari C_p va C_g hamda adiabatada ko`rsatkichi  $K$  o`zgarmas deb qabul qilib, hisoblaymiz:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1}$$

2-3 izobarik protsessda ishchi jismga beriladigan issiqlik miqdori:

$$q_1 = C_p (T_3 - T_2)$$

4-1 izohorik protsessda ishchi jismdan olinadigan issiqlik miqdori:

$$q_2 = C_g (T_4 - T_1)$$

bo`lishini hisobga olib:

$$\eta_t = 1 - \frac{C_g (T_4 - T_1)}{C_p (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{K(T_3 - T_2)}$$

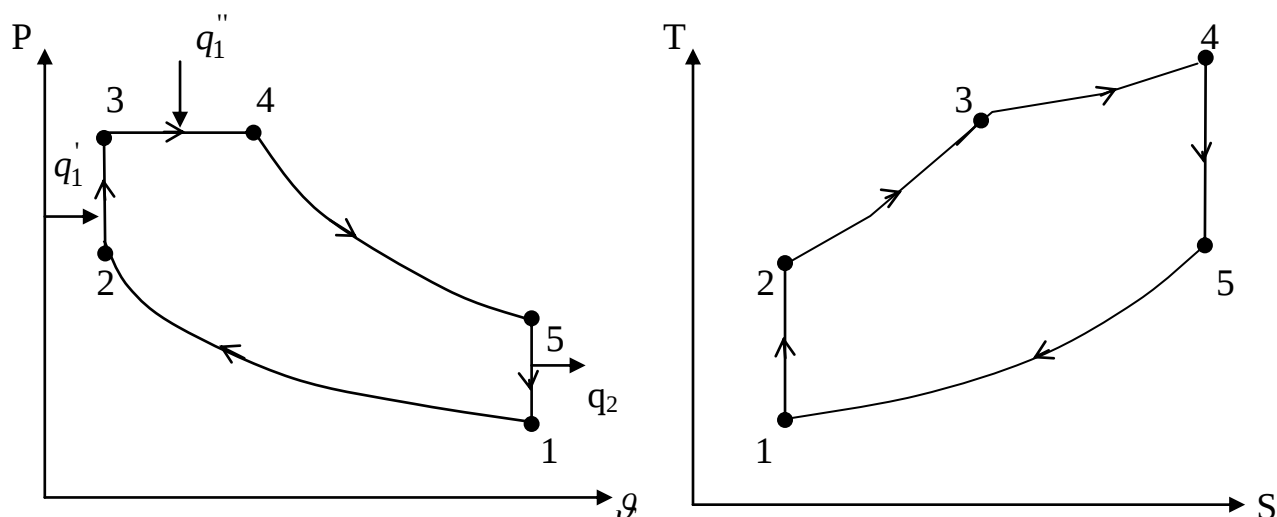
T_2, T_3, T_4 – temperaturalarni T_1 orqali ifodalab, Dizel' tsiklining termik f.i.k. qiymati quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\eta_t = 1 - \frac{\rho^k - 1}{K\varepsilon^{k-1}(\rho - 1)} \quad (8. 2)$$

Siqish darajasi ε qanchalik katta bo`lsa va oldindan kengayish darajasi  $\rho$  qanchalik kichik bo`lsa, Dizel' tsiklining f.i.k. shunchalik yuqori bo`ladi.

8.3 ARALASH YONUV TSIKLI

O'zgarmas bosimda yoqilg'ini asta-sekin yonishi bilan ishlaydigan dvigatellarning bir-necha kamchiliklari mavjud. SHulardan biri yoqilg'ini uzatishda kompressordan foydalanilishi bo'lib, uning ishlashiga dvigatel'ning 6-10 % quvvati sarf bo'ladi va nasos, forsunka kabi qurilmalar ishlatiladi.



8.4 - rasm.

Rus injeneri G.V. Trinkler tomonidan kompressorsiz yoqilg'i mexanik purkaladigan dvigatel' yaratildi. Bunday dvigatel' tsiklining $P-g$ va TS diagrammada tasvirlanishi 8.4 -rasmida ko'rsatilgan.

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

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1' + q_1''}$$

da kattalik q_2 (5-1 izoxora bo'yicha olinadigan issiqlik):

$$q_2 = C_g (T_5 - T_1)$$

kattalik q_1 esa 2-3 izoxorik protsessda beriladigan issiqlik (q_1') va 3-4 izobarik protsessda beriladigan issiqlik (q_1'') yig'indisidan iborat.

$$q_1 = q_1' + q_1''$$

bu erda: $q_1' = C_g (T_3 - T_2)$ va $q_1'' = C_p (T_4 - T_3)$

bo'lishini hisobga olib:

$$\eta_t = 1 - \frac{C_g (T_5 - T_1)}{C_g (T_3 - T_2) + C_p (T_4 - T_3)} = 1 - \frac{(T_5 - T_1)}{T_3 - T_2 + K (T_4 - T_3)}$$

ga ega bo'lamiz.

T_2, T_3, T_4 va T_5 – temperaturalarni T_1 - orqali ifodalaymiz.

Aralash yonuv tsikli termik f.i.k qiymati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda \cdot \rho^k - 1}{\varepsilon^{k-1}[(\lambda - 1) + K \cdot \lambda(p - 1)]} \quad (8.3)$$

(8. 3) ifodaga ko`ra tsiklning f.i.k.  $\varepsilon$  va  $\lambda$  ko`payishi bilan ortadi va ρ kattalashganda kamayadi. $\rho = 1$ da (8. 3) tenglama Otto tsiklining termik f.i.k. uchun (8. 1) tenglamaga aylanadi, $\lambda = 1$ da esa tenglama (8. 3) Dizel' tsiklining termik f.i.k. uchun (8. 2) tenglamaga aylanadi.

Aralash yonuv tsikli termik f.i.k. η_t ning kattaligini Otto va Dizel' tsikllari termik f.i.k. η_t larining kattaligini taqqoslash siqish darajasi ε qiymatlari bir xil bo`lganda:

$$\eta_{t \text{ дизель}} < \eta_{t \text{ арал.ёнув}} < \eta_{t \text{ Отто}}$$

bo`lishini, tsiklning eng yuqori temperaturasi ( $T_3$ ) bir xil bo`lganda esa:

$$\eta_{t \text{ дизель}} > \eta_{t \text{ арал.ёнув}} > \eta_{t \text{ Отто}}$$

bo`lishini ko`rsatadi.

SINOV SAVOLLARI:

1. Ichki yonuv dvigatellari.
2. Ichki yonuv dvigatellari tsikllarining asosiy parametrlari.
3. Otto tsikli.
4. Dizel' tsikli.
5. Trinkler tsikli.
6. I.YO.D. turlari.
7. I.YO.D. f.i.k. ni taqqoslash.
8. Dvigatel'ning indekator diagrammasi.
9. Otto tsikli f.i.k. ni aniqlash.
10. Dizel' tsikli f.i.k. ni aniqlash.

TAYANCH IBORALAR

Ichki yonuv dvigateli, siqish darajasi, bosim ortishi darajasi, oldindan kengayish darajasi, Otto tsikli, Dizel' tsikli, Trinkler tsikli, indikator diagrammasi, termik foydali ish koeffitsienti, nasos, forsunka.

9 - MA`RUZA. BUG' - KUCH QURILMALARI TSIKLLARI

REJA:

9.1 Asosiy tushunchalar.

9.2 Karno tsikli.

9.3 Renkin tsikli.

9.4 Teplofikatsiya asoslari.

ADABIYOTLAR

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 259-267 b.
2. Larikov N.N. Teplotexnika. M.,1986 y. 163-170 b.
3. Asraev R.A., efendiev A.M., Safarov R.T. Issiqlik texnikasi. Buxoro 2001 y. 90-97 b.

9.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR

Zamonaviy issiqlik energetikasida asosan bug'-kuch qurilmalaridan foydalaniladi. Hozirgi vaqtda bizning davlatda ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining 80 % ga yaqini bug' - kuch qurilmalarida olinmoqda.

YOqilg'ining yonishida hosil bo`ladigan issiqlikni mexanikaviy ishga aylantiradigan qurilmalar yig'indisi bug'-kuch qurilmalari deyiladi.

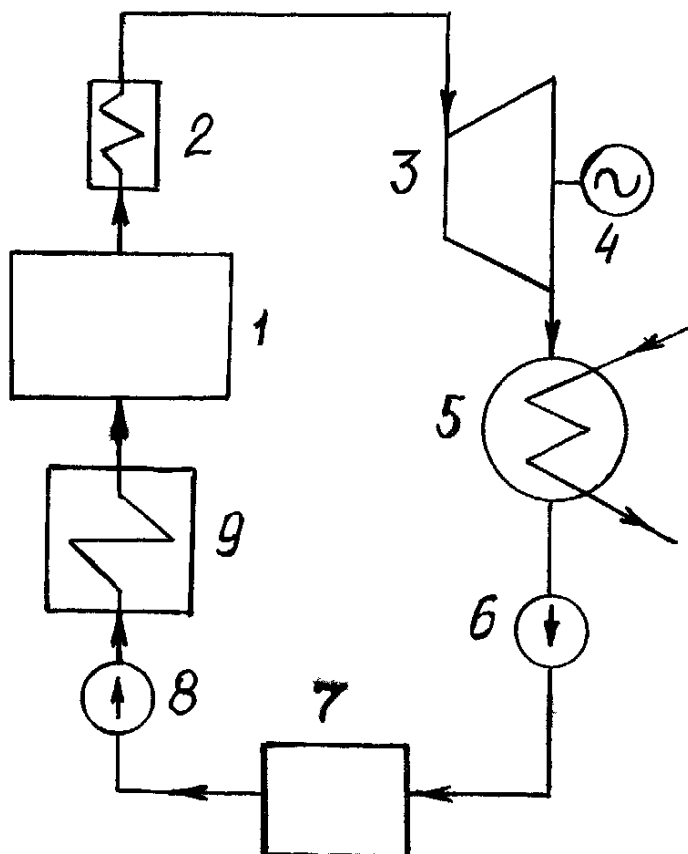
Bug'-kuch qurilmalarida eng ko`p ishlatiladigan ishchi jism juda ko`p va arzon bo`lgan suvdur.

Ishchi jism sifatida bug' ishlatiladigan bug'-kuch qurilmalari ularni gazsimon ishchi jism ishlatiladigan issiqlik-kuch qurilmalaridan juda farq qildiradigan bir qator xususiyatlarga va avfzalliklarga ega.

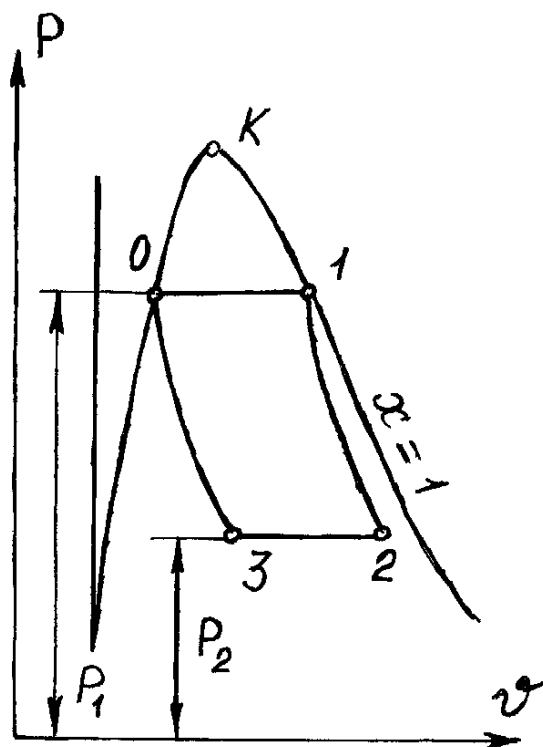
9.2 KARNO TSIKLI

TSikl davomida o`zining agregat holatini o`zgartiradigan ishchi jismdan foydalanish Karno tsiklini amalga oshirishga imkon beradi.

Karno tsikli nam bug'da amalga oshiriladigan bug'-kuch qurilmasining sxemasi 9.1-rasmda ko`rsatilgan.



9.1- rasm.



9. 2-rasm.

Bug' qozoni 1-ga suvning quruqlik darajasi X kichik bo'lgan nam bug' keladi. qozon o'txonasida yoqilg'i yonishi hisobiga nam bug'ga issiqlik beriladi va bug'ning quruqlik darajasi X birga yaqin bo'lgan qiymatgacha ortadi. Bug' bug' qizdirgich 2-ga o'tadi va bu erda belgilangan temperaturagacha qiziydi. Ishga tayyor bug' turbina 3-ga yuboriladi va turbinada kengayganida ancha katta kinetik energiyaga ega bo'lib qoladi. Turbina ish g'ildiraklarining kuraklarida bu energiya ish g'ildiraklari aylanishining kinetik energiyasiga, so'ngra esa turbina aylantiradigan elektrik generator 4 yordamida elektr energiyaga aylanadi.

Bug' turbinadan chiqib kondensator 5-issiqlik almashtirgichga kiradi, kondensatorda sovutuvchi suv yordamida bug'dan issiqlik olinadi, bug' kondensatsiyalanadi.

Kondensatorda bug'dan issiqlik olish protsessi o'zgarmas bosimda amalga oshiriladi.

So'ngra kondensat nasos 6 bilan ta'minlovchi bak 7-ga tushadi. Ta'minlash nasosi 8 ta'minlovchi suvning bosimini berilgan qiymatgacha oshirib, qizdirgich 9 orqali yana qozonga uzatib beradi.

To'yingan bug' uchun Karno tsikli 9.2-rasmda tasvirlangan. Nuqta 0 R_1 bosimda qaynayotgan suvning boshlang'ich holatini bildiradi. Bug'ga issiqlik q_1 berilishi 0-1 izobara-izoterma bo'yicha, bug' turbinasida kengayish protsessi 1-2 adiabata bo'yicha boradi. Bu protsessda bug'ning temperaturasi T_1 dan T_2 gacha va quruqlik darajasi X gacha kondensatsiyalanadi. Bu 2-3 protsessda nam bug'dan issiqlik olinadi. Bug' kompressor yordamida 3-0 adiabata bo'yicha o'zining dastlabki holatigacha siqiladi.

Karno tsikli bo'yicha ishlaydigan issiqlik bug'-kuch qurilmasi bug' qozoni (0-1 protsess), bug' turbinasi (1-2 protsess), kondensator (2-3) va kompressordan (3-0 protsess) iborat bo'ladi.

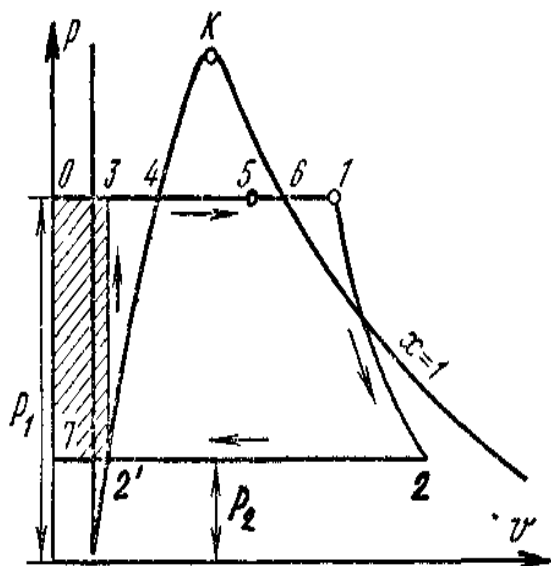
Nam bug'da amalga oshiriladigan Karno tsiklining f.i.k. quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{(i_1 - i_0) - (i_2 - i_3)}{i_1 - i_0} \quad (9.1)$$

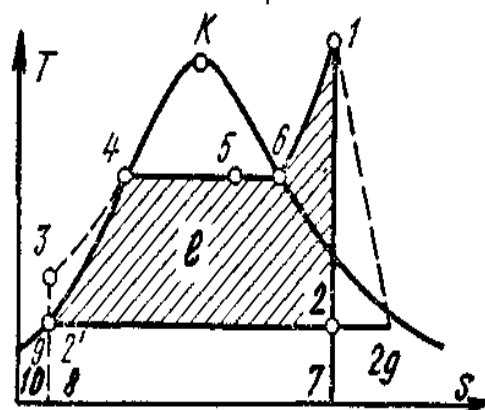
Karno tsikli bo'yicha ishlaydigan bug'-kuch qurilmalarining bir qator kamchiliklari mavjud bo'lib, ular amalda qo'llanilmaydi. Bu kamchiliklardan biri 2-3 kondensatsiyalanish protsessi to'liq amalga oshmasligi sababli, bosimi kichik va solishtirma hajmi katta bo'lgan nam bug'ni siqish uchun mo'ljallangan kompressor juda qo'pol va tsilindrining hajmi katta bo'lib, uni yuritish uchun juda ko'p energiya sarf bo'ladi. Bundan tashqari Karno tsiklini ikki fazali holatda amalga oshishi sababli, bug'ning boshlang'ich temperaturasi suvning kritik temperaturasidan ($374, 12^0\text{S}$) yuqori bo'la olmaydi va tsikl termik f.i.k. past bo'ladi.

9.3 RENKIN TSIKLI

Bug'-kuch qurilmasining ideal tsikli Renkin tsiklidir. Bu tsiklda bosim R_2 dan bosim R_1 gacha zichligi kam bo'lgan bug' emas, balki suv siqiladi. Suvni kondensatordan qozonga yuborish va bir yo'la uning bosimini ko'tarish uchun kompressorlar emas, balki tuzilishi jihatdan ixcham va sodda bo'lgan, yuritilishiga juda kam energiya sarflanadigan nasoslar ishlatiladi.



9.3-rasm .



9.4-rasm.

Renkin tsiklining R.9 - diagrammada tasvirlanishi 9.3-rasmda, TS - diagrammada tasvirlanishi 9.4-rasmda ko'rsatilgan.

Nuqta 3 qozondagi suvning boshlang'ich holatini bildiradi. 3-4 chizig'i suvga o'zgarmas R_1 bosimda issiqlik keltirilishi natijasida qaynash temperaturasigacha qizishini bildiradi. 4-5 protsessida nam bug' hosil bo'ladi. Bu protsesslar bug' qozonida sodir bo'ladi.

So'ngra 5-6 protsessida to'yingan nam bug'-bug' o'ta qizdirgichda to'yingan quruq bug'ga aylanadi va 6-1 protsessida to'yinish temperaturasidan ortiq temperaturagacha qizdiriladi. O'ta qizdirilgan bug' - bug' turbinasida 1-2 chiziq bo'yicha adiabatik-kengayadi va ish bajaradi.

Parametrlari R_2 , t_2 bo'lgan ish bajargan bug' kondensatorga sovitkichga tushadi, bu erda o'zgarmas bosim R_2 da bug'dan issiqlik olib ketiladi va bug' 2-2' chizig'i bo'ylab kondensatlanadi. 2'-3 protsessida kondensat nasos yordamida yana bug' qozoniga uzatib beriladi.

Renkin tsiklining termik f.i.k. umumiy tenglamaga ko'ra:

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

TSiklda solishtirma issiqlik miqdori q_1 3-4, 4-6, 6-1 protsesslarida o'zgarmas R_1 bosimda beriladi va ishchi jismning protsess boshi va oxiridagi ental'piyalari ayirmasiga teng bo'ladi:

$$q_1 = i_1 - i_3$$

TSiklda olinadigan solishtirma issiqlik miqdori kondensatorda 2–2' izobara bo'yicha sodir bo'ladi:

$$q_1 = i_2 - i_{2'}$$

U holda Renkin tsiklining f.i.k. quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\eta_t = \frac{(i_1 - i_3) - (i_2 - i_{2'})}{i_1 - i_3} = \frac{(i_1 - i_2) - (i_3 - i_{2'})}{i_1 - i_3} \quad (9.2)$$

Suvni nasos bilan adiabatik siqib qozonga uzatishda quyidagicha ish sarf bo'ladi:

$$i_H = i_3 - i_{2'}$$

Suv amalda siqilmaydigan modda bo'lgani uchun 2'–3 protsessda $\vartheta = \text{const}$

$$i_H = i_3 - i_{2'} = \int_{p_2}^{p_1} \vartheta \delta p = \vartheta(p_1 - p_2)$$

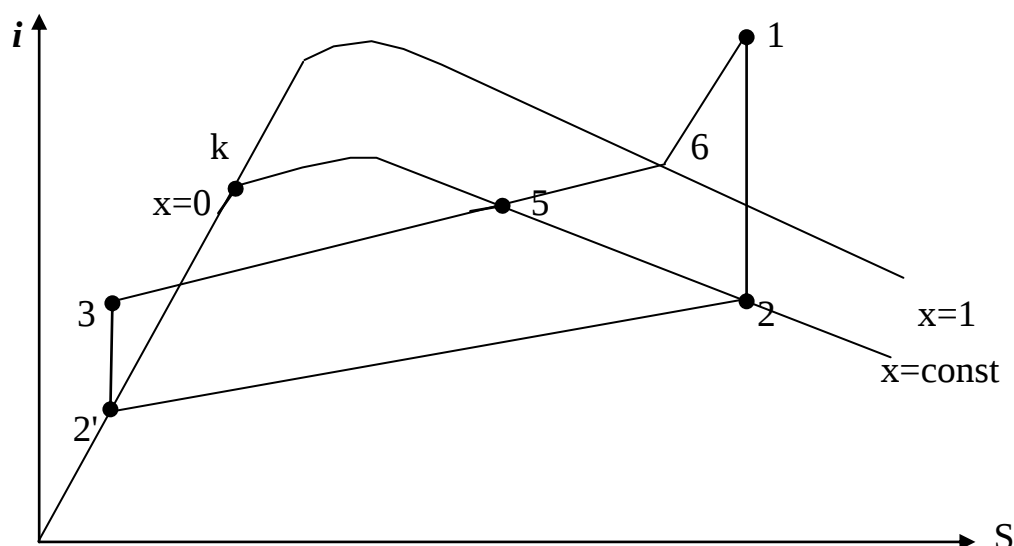
9-2 tenglamadagi $i_3 - i_{2'}$, $\text{hu } \vartheta(p_1 - p_2)$ $\text{ga o'zgartirib quyidagini hosil qilamiz:}$

$$\eta_t = \frac{[i_1 - i_2 - \vartheta(p_1 - p_2)]}{i_1 - i_3}$$

lekin $i_3 = i_{2'} + \vartheta(p_1 - p_2)$ shuning uchun:

$$\eta_t = \frac{(i_1 - i_2) - \vartheta(p_1 - p_2)}{(i_1 - i_{2'}) - \vartheta(p_1 - p_2)} \quad (9.3)$$

Amaliy hisoblarda Renkin tsiklining f.i.k.shu ko'rinishda qo'llaniladi.



9.5 - rasm.

9.5-rasmda Renkin tsikli *is*- diagrammada tasvirlangan (holatlar Ts va diagrammalardagidek belgilangan).

R ϑ -

Bu diagrammada ordinatadagi 1 va 2 nuqtalar orasidagi masofa turbina bajargan ishga, 3 va 2' nuqtalar orasidagi masofa nasosda sarflanadigan ishga, 1 va 3 nuqtalar orasidagi masofa tsiklda beriladigan issiqlik q_1 ga mos keladi.

Agar nasos bajargan ish i_3-i_2 , ning ega bo'lingan ental'piyalar ayirmasi $i_1 - i_2$ ga (turbina ishlatiladigan) nisbatan juda kichik bo'lishi tufayli uni nazarga olinmasa ham bo'ladi desak, u holda (9.2) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\eta_t = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_2'} \quad (9.4)$$

Bu munosabatdan past bosimli bug'-kuch qurilmalar tsiklini taxminan hisoblashda foydalanish mumkin. YUqori bosimli qurilmalarda nasos ishi kattaligini nazarga olmasdan bo'lmaydi.

Foydali ish birligini olish uchun turbina orqali muayyan miqdorda bug' o'tkazish kerak ; bug'ning shu miqdori solishtirma sarfi deyiladi va d harfi bilan belgilanadi.

Bug'ning har bir kilogrammi $l=i_1-i_2$ foydali ish birligini hosil qiladi. Foydali ishning bir birligiga bug'ning solishtirma sarfi quyidagicha bo'ladi:

$$d_0 = \frac{l}{i_1 - i_2} \quad (9.5)$$

Ental'piyaning o'lchov birligiga qarab bug' solishtirma sarfi d_0 ning o'lchov birligi aniqlanadi. Agar ental'piya joul'/kg larda o'lchansa, d_0 - kg/ joul' larda o'lchanadi.

Barcha bug'-kuch qurilmalari, asosan, elektr energiyasi ishlab chiqarishga mo'ljallangan bo'ladi, shuning uchun bug'ning solishtirma sarfi d elektr energiya birligiga to'g'ri keladigan kilogrammlarda o'lchanadi. Agar ental'piyalar farqi $i_1 - i_2$ kJ/kg larda ifodalansa, u holda d_0 1 $\kappa\text{Bm} \cdot \text{C}$ bilan ifodalanadi. 1 $\kappa\text{Bm} \cdot \text{C} = 3600$ kJ ekanligini hisobga olib (9.5) formulani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$d_0 = \frac{3600}{i_1 - i_2} \kappa\text{C} / \kappa\text{Bm} \cdot \text{C}$$

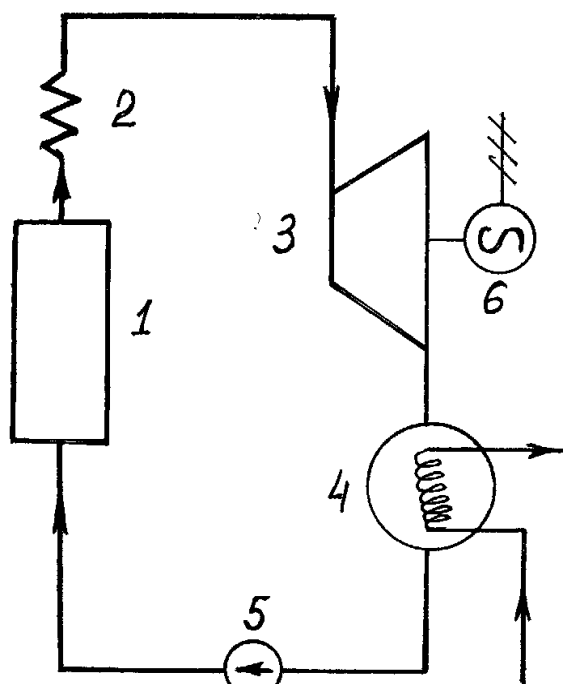
Muayyan quvvatda bug'ning nisbiy sarfi qanchalik kam bo'lsa, bug'-kuch tsiklining f.i.k.shunchalik katta bo'ladi.

9.4 TEPLOFIKATSIYA ASOSLARI

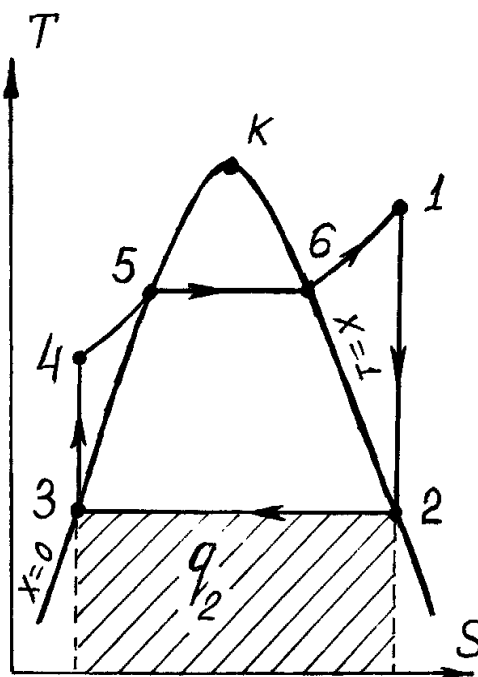
Renkin tsikli termik f.i.k. eng qulay sharoitlarda ham 50% dan oshmaydi. Agar issiqlik miqdori bug' qozonida, turbogeneratorlarda va quvurlarda foydasiz yo'qolishini hisobga olsak, u holda 30-35 % dan oshmaydi. eng ko'p issiqlik miqdori soviq manba-

kondensatorda sovituvchi suvga beriladi va foydasiz yo`qoladi. Bu solishtirma issiqlik miqdori 9.7 rasmda TS - diagrammada 3-2-7-8-3 yuza tasvirlanadi.

Odatdagi kondensatorli bug'-turbina issiqlik kuch qurilmalarida kondensatordagi bosim taxminan 4 kPa ga teng bo`ladi, ya`ni bug' 28-29 °S ga yaqin temperaturada kondensatsiyalanadi.



9.6 -rasm.



9.7 –rasm.

Agar oxirgi R_2 bosimni 0,1-0,2 MPa ga oshiradigan bo`lsak, u holda kondensatsiyalanuvchi bug' beradigan issiqlikdan aholini kommunal-maishiy ehtiyojini (hammolarda, uylarni isitishda, issiq suv bilan ta`minlashda) kondirishda foydalanish mumkin.

Agar R_2 ni 0,15-0,5 MPa ga oshiradigan bo`lsak, kondensatsiyalanuvchi bug' issiqligidan zavod va fabrikalar ishlab chiqarish ehtiyojlarini ham ta`minlash imkoniyati tug`iladi. elektr stantsiyalarida elektr energiya va issiqlikni kombinatsiyalab (aralash) ishlab chiqarish teplofikatsiya deb ataladi. elektr energiya va issiqlikni kombinatsiyalab ishlab chiqarishni amalga oshiruvchi issiqlik elektr stantsiyalari teploelektrotsentral (TETS) - issiqlik elektr markazlari deb ataladi.

9.6-rasmda turbinali TETS tasvirlangan TETS bug' qozoni -1, bug' o`ta qizdirgich-2, bug'-trubina-3, elektrik generator-6, issiqlik iste`molchisi-4 va nasos-5 dan iborat. Teplofikatsion bug'-kuch qurilmasining tsikli 9.7 rasmda TS -diagrammada tasvirlangan. Bu diagrammada tsikl ishi 1-2-3-4-5-6-1 yuza bilan tasvirlanadi.

Ishlab chiqarish va turmush ehtiyojlari uchun temperatura va bosimlari keng oraliqda bo'lgan bug' va suv talab etilishi tufayli TETS da turli tipdagi teplofikatsion turbinalar ishlatiladi.

Qurilma issiqlik iste'molchisidagi bosim R_2 oshirilsa, tsiklning termik f.i.k.ning kattaligi bir oz pasayadi.

$$\eta_t = \frac{(q_1 - q_2)}{q_1} = \frac{l}{q_1} \quad (9.7)$$

lekin issiqlikdan foydalanish ko'effitsienti K oshadi.

Bu ko'effitsient tsiklda bajarilgan foydali ish l va tashqi iste'molchiga berilgan issiqlik q_2 ni yoqilg'i yonganida ajralib chiqqan issiqlik miqdoriga bo'lgan nisbati kabi aniqlanadi:

$$K = \frac{l + q_2}{q_1} \quad (9.8)$$

Qurilma qanchalik takomillashgan, ya'ni qozon agregati va bug' quvurlarida issiqlik yo'qotishlari, turbinadagi mexanikaviy yo'qotishlar, elektrik generatordagi mexanikaviy va elektrik yo'qotishlar qanchalik kam bo'lsa, K ning kattaligi 1 ga shuncha yaqin bo'ladi.

SINOV SAVOLLARI:

1. Bu\ - kuch qurilmalarining vazifasi.
2. Bu\ - turbina qurilmasi.
3. Renkin tsikli.
4. Teplofikatsiya.
5. Karno tsikli.
6. Renkin tsikli $P\theta$ - diagrammasi.
7. Renkin tsikli T_s - diagrammasi.
8. Renkin tsikli is - diagrammasi.
9. Renkin tsikli f.i.k. ni aniqlash.
10. Issiqlik elektr markazlari.

TAYANCH IBORALAR

Bu\ - kuch qurilmasi, bu\ qozoni, bu\ qizdirgich, bu\ turbinasi, elektrogenerator, kondensator, nasos ta'minot baki, Renkin tsikli, bu\ning solishtirma sarfi, teplofikatsiya, issiqlik elektr markazlari.

10 – MA`RUZA. GAZ TURBINA QURILMALARI TSIKLLARI

REJA:

10.1 Asosiy tushunchalar.

10.2 YOqilg'i o`zgarmas bosimda yonadigan GTQ va uning tsikli.

10.3 YOqilg'i o`zgarmas hajmda yonadigan GTQ va uning tsikli.

ADABIYOTLAR

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 244-256 b.
2. Larikov N.N. Teplotexnika. M., 1986 y. 160-163 b.
3. Asraev R.A., efendiev A.M., Safarov R.T. Issiqlik texnikasi. Buxoro 2001 y. 99-106 b.

ASOSIY TUSHUNCHALAR

Porshenli ichki yonuv dvigatellarining asosiy kamchiligi katta quvvatni bitta agregatda to`plash va ishchi jismni atmosfera bosimigacha adiabatik kengaytirish imkoniyatining bo`lmasligidir. Suyuq yoki gazsimon yoqilg'ining yonish mahsulotlari ishchi jism bo`lgan gaz turbina qurilmalarida bunday kamchiliklar bo`lmaydi. YUqori bosim va temperaturali ishchi jism yonish kamerasidan soploga yo`naltiriladi. Unda kengayib, katta tezlikda gaz turbinasi kuraklariga kiradi va uning kinetik energiyasidan mexanik ish olinadi.

GTQ porshenli dvigatellardan bir muncha avfzalliklarga ega. Ular nisbatan kam massali, kichik o`lchamli, sovitish suyuqligi va moy sarfi kamligi uchun xalq xo`jaligining turli sohalarida keng qo`llanilishi mumkin.

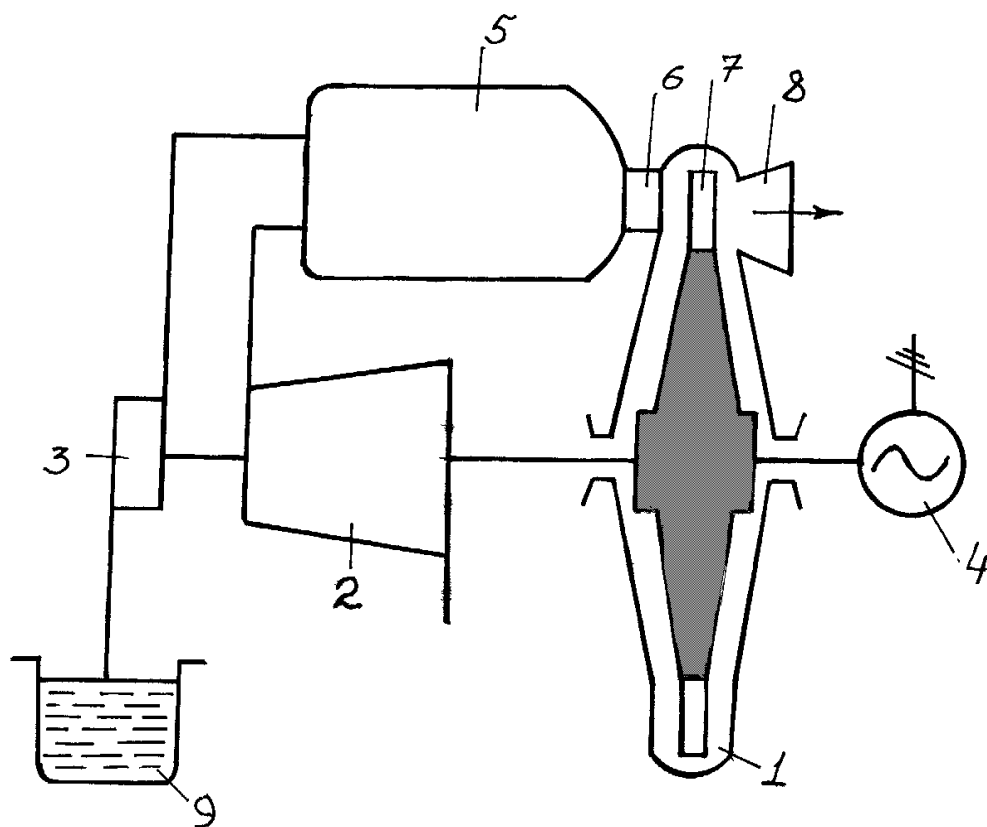
Hozirgi vaqtda gaz turbinalari aviatsiya, kemasozlik, temir yo`l transportida ishlatiladi va asta-sekin energetikaga joriy etilmokda. Gaz turbinalarini yirik energetik qurilmalarda chekli qo`llanilishiga asosiy sabab shuki, zamonaviy konstruksion materiallarning issiqlikka bardoshligi etarli bo`lmaganligidan turbina porshenli tipdagi ichki yonuv dvigatellariga qaraganda ancha past temperaturalar sohasida yaxshi ishlay oladi, bu esa qurilmaning termik f.i.k. qiymatining pasayishiga olib keladi. Mustaxkam va issiqqa chidamli yangi materiallar yaratishdagi bundan keyingi yutuklar gaz turbinani ancha yuqori temperaturalar sohasida ishlashiga imkon beradi. Umuman GTQ istiqbolli dvigateldir va uning qo`llanilishi energetikani rivojlanishiga katta hissa qo`shadi.

Gaz turbinalari ikkita asosiy turga bo`linadi:
yoqilg'i $p=\text{const}$ da yonadigan GTQ , yoqilg'i $\vartheta=\text{const}$ da yonadigan GTQ.

10.2 YOQILG'I O'ZGARMAS BOSIMDA YONADIGAN GTQ VA UNING TSIKLI

10.1-rasmda yoqilg'i $P = \text{const}$ da yonadigan GTQ sxemasi tasvirlangan. Umumiy valda gaz turbinasi - 1, kompressor-2, yonilg'i nasosi- 3 va energiya iste'molchisi - 4 o'rnatilgan. Kompessor atmosfera havosini so'radi, uni kerakli bosimgacha siqadi va yonish kamerasi -5 ga yuboradi. SHu kamera ga yonilg'i nasosi vositasida bak-9 dan yoqilg'i beriladi yoqilg'i gazsimon bo'lsa, nasos o'rniga gazaviy kompressor ishlatiladi.

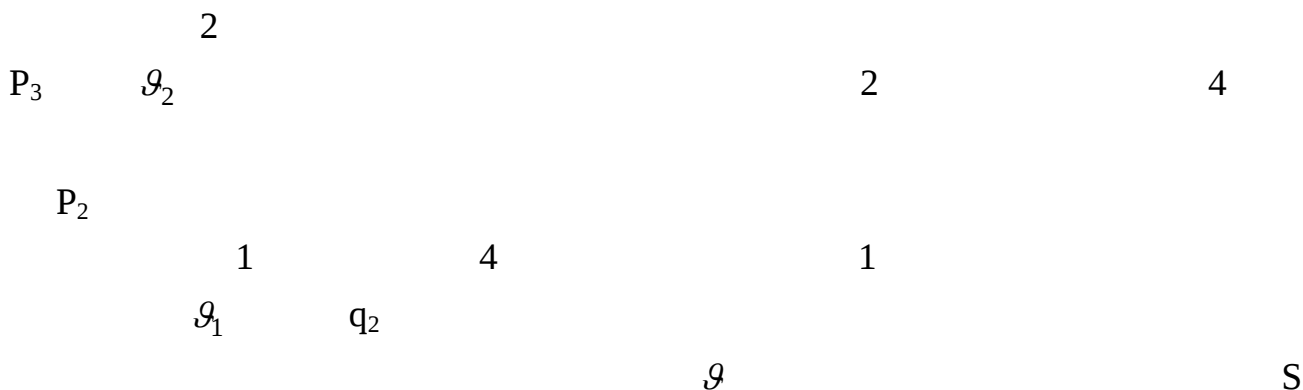
YOqilg'i yonish kamerasida 1 da yonadi. YOnish mahsulotlari gaz turbina soplolari-6 da kengayib, turbina kuraklari-7 ga kiradi, u erda ish bajaradi va so'ngra chiqarish patrubogi-8 orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi. Ish bajargan gazlar bosimi atmosfera bosimidan bir oz yuqori bo'ladi.



10.1 - rasm.

10.2 - va 10.3 - rasmlarda va $P\vartheta$ va TS- diagrammalarda GTQ ning $P=\text{const}$ da issiqlik berilishi bilan boradigan ideal tsikllari tasvirlangan. Bu tsiklda ishchi jismdan issiqlik olinishi o'zgarmas bosimda amalga oshadi.





10.2 - rasm.

10.3 -rasm .

P_1 , V_1 , T_1 boshlang'ich parametrlari ishchi jism kompressorda 1-2 adiabatada bo'yicha siqiladi (izotermik yoki politropik bo'lishi mumkin). 2-3 izobara bo'yicha ishchi jismga q_1 issiqlik beriladi (bu protsess yoqilg'ining yonish kamerasida yonishiga mos keladi). So'ngra ishchi jism turbinaning soplo apparatida 3-4 adiabatada bo'yicha kengayadi va ishni turbina g'ildiraklariga beradi. 4-1 izobarik protsess ish bajargan gazlarning turbinadan chiqishi, bunda q_2 - issiqlik olinadi.

TSikl uchun quyidagi o'lchamsiz parametrlar o'rinli:
 kompressorda bosim ortishi darajasi: $\beta = P_2 / P_1$;
 izobarik kengayish darajasi: $\rho = \vartheta_3 / \vartheta_2$

Ishchi jismga beriladigan solishtirma issiqlik miqdori:

$$q_1 = C_P (T_3 - T_2) \quad (a)$$

Ishchi jismdan soviq manbaga olinadigan solishtirma issiqlik miqdori:

$$q_2 = C_P (T_4 - T_1) \quad (b)$$

TSiklning termik F. I. K.

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{C_P (T_4 - T_1)}{C_P (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{K (T_4 - T_1)}{T_3 - T_2} \quad (v)$$

T_2 , T_3 va T_4 - temperaturalarni ishchi jism boshlang'ich temperaturasi T_1 orqali ifodalab, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\eta_t = 1 - \left(\frac{1}{\beta^{(k-1)/k}} \right) \quad (10. 1)$$

O'zgarmas bosimda issiqlik beriladigan GTQ termik f.i.k. qiymati bosim ortishi darajasi va adiabatada ko'rsatkichi K ga to'g'ri proporsional.

Gaz trubinasidan chiqayotgan ishlatilgan gazni yonish kamerasiga kirayotgan havoni qizdiruvchi issiqlik almashinuv apparatiga yoki issiq suv, bug' olish uchun yuborish maqsadga muvofiq bo'ladi.

10.3 YOQILG'I O'ZGARMAS HAJMDA YONADIGAN GTQ VA UNING TSIKLI

10.4-rasmda yoqilg'i $\rho = \text{const}$ da yonadigan GTQ tasvirlangan. Turbina 1 bilan bitta valga o'tkazilgan kompressor 2 atmosfera havosini kerakli bosimgacha siqadi. Yonish kamerasi 4 ga havo bilan bir yo'la gazsimon yoki suyuq yoqilg'i kompressor 3 yoki yoqilg'i nasosi yordamida beriladi. Ba'zan yonish kamerasiga alohida keladigan yoqilg'i va havo o'rniga oldindan karbyuratorda tayyorlangan yonuvchi aralashma beriladi. Klapanlar yopiq bo'lganda yonish kamerasida yoqilg'i odatda elektrik svecha 8 dan yondiriladi. YOqilg'i yonishi o'zgarmas hajmda sodir bo'ladi. YOqilg'ining yonishi tugagandan so'ng, chiqarish klapani ochiladi va yonish mahsulotlari turbinaning soplolari 5 ga kirib, atmosfera bosimigacha adiabatik kengayadi. Soplodan oqib chiqayotgan gazlar turbina kuraklari 6 ga keladi, tegishlicha ish bajaradi va turbinaning chiqish patrubogi 7 orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi. qurilmaning foydali ishini energiya iste'molchisi 9 qabul qiladi.

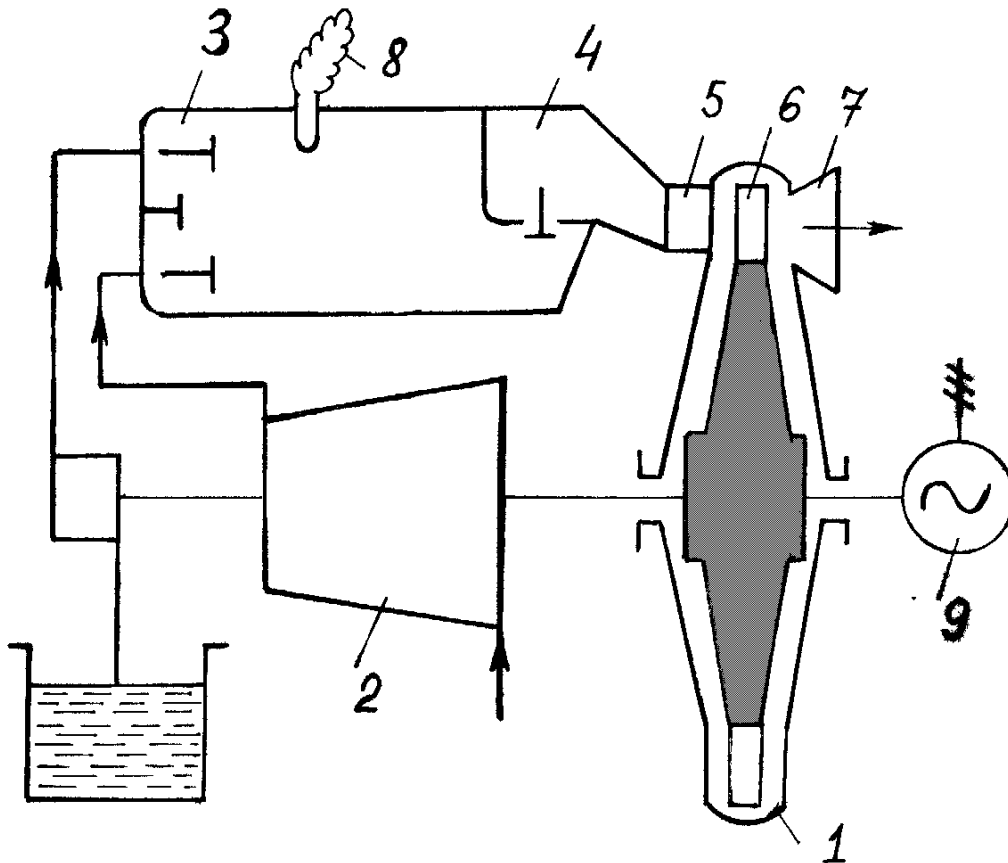
10.5 va 10.6-rasmlarda R, ρ va TS -diagrammalarda GTQning $V = \text{const}$ da issiqlik berilishi bilan boradigan ideal tsikllari tasvirlangan.

Boshlang'ich parametrlari R_1, ρ_1, T_1 bo'lgan ishchi jism 1-2 adiabatada bo'yicha nuqta 2 gacha siqiladi. Keyin 2-3 izohora bo'yicha ishchi jismga q_1 - solishtirma issiqlik miqdori beriladi. Ishchi jism 3-4 adiabatada bo'yicha boshlang'ich bosimgacha kengayadi va 4-1 izobara bo'yicha q_2 - solishtirma issiqlik miqdori olinib boshlang'ich holatiga qaytadi.

TSikl uchun quyidagi o'lchamsiz parametrlar o'rinli:

Kompressorda bosim ortishi darajasi: $\beta = \frac{P_2}{P_1};$

Qo'shimcha bosim ortishi darajasi: $\lambda = \frac{P_3}{P_2};$



10.4-rasm .

Ishchi jismga beriladigan solishtirma issiqlik miqdori:

$$q_1 = C_g (T_3 - T_2) \quad (a)$$

Ishchi jismdan soviq manbaga olinadigan issiqlik miqdori:

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

TSiklning termik f.i.k.

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{C_p (T_4 - T_1)}{C_g (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{K (T_4 - T_1)}{T_3 - T_2} \quad (v)$$

T_2 , T_3 va T_4 - temperaturalarini ishchi jism boshlang'ich temperaturasi T_1 orqali ifodalab, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\eta_t = 1 - \frac{[K (\lambda^{1/k} - T_1)]}{[\beta^{(k-1)/k} \cdot (\lambda - 1)]} \quad (10.2)$$

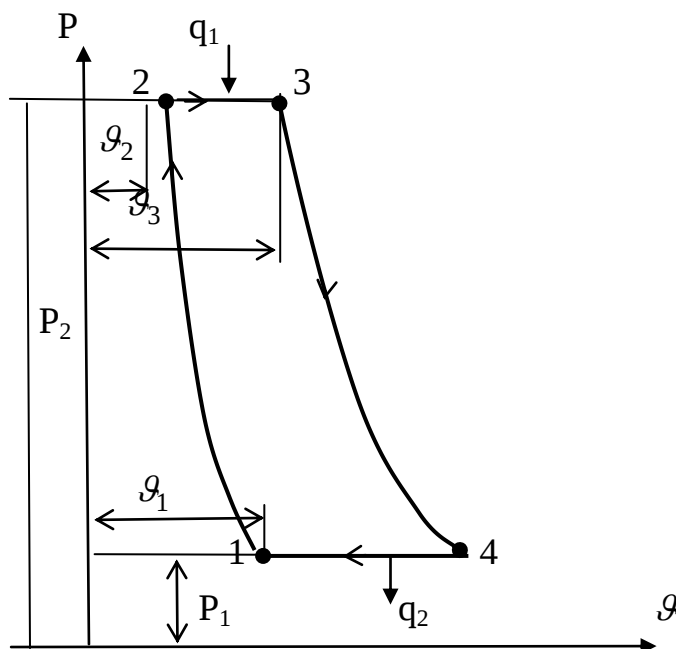
O'zgarmas hajmda issiqlik beriladigan GTQ termik f.i.k. qiymati β , λ va K qiymatlariga to'g'ri proporsional.

TS- diagrammada o'zgarmas hajmda issiqlik berilishi bilan boradigan GTQ tsikli f.i.k. 10.6-rasmida beriladigan va olinadigan solishtirma issiqlik miqdorlari yuzasi farqiga ko'ra aniqlanadi:

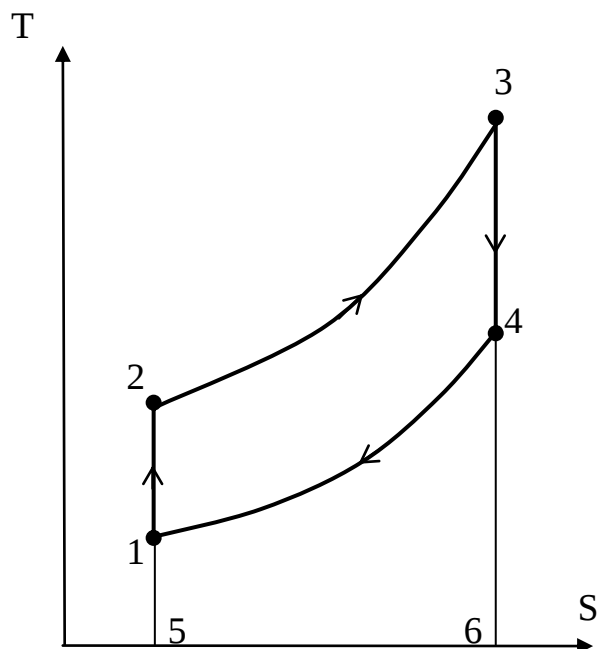
$$\eta_t = (\text{yuza 5236} - \text{yuza 5146}) / \text{yuza 5236} = \text{yuza 1234} / \text{yuza 5236}. \quad (10. 3)$$

Termik f.i.k. jihatidan biroz avfzalligiga qaramasdan yoqilg'i $V = \text{const}$ da yonadigan gaz turbinali qurilmalar yoqilg'i $R = \text{const}$ da yonadigan gaz turbinali qurilmalarga nisbatan kam qo'llaniladi. Chunki bu qurilmada termik f.i.k. katta bo'lishiga qaramasdan, uning absolyut samarali f.i.k. yoqilg'i $R = \text{const}$ da yonadigan gaz turbina qurilmasining absolyut samarali f.i.k.ga nisbatan kichik. Bunga sabab turbinaga beriladigan yoqilg'i parametrlarining vaqt ichida o'zgaruvchan bo'lishidir. Bundan tashqari, konstruktiv jihatdan, $V = \text{const}$ bo'lganda, ichki yonuv turbinasi yoqilg'i $R = \text{const}$ da yonadigan turbinaga nisbatan murakkabroq bo'ladi.

GTQ iqtisodiy samaradorligini oshirishning asosiy usullari issiqlikni regeneratsiya qilish, ishchi jismni bosqichli siqish, kengaytirish va boshqalar. Ushbu usullar maxsus kurslarda keng yoritilgan.



10.5 - rasm.



10.6 - rasm.

SINOV SAVOLLARI:

1. Gaz turbina qurilmalari.
2. YOqilg'i o'zgarmas bosimda yonadigan GTQ.
3. YOqilg'i o'zgarmas hajmda yonadigan GTQ.
4. GTQ lari tsikllari.
5. GTQ lari turlari.
6. GTQ larning I.YO.D. laridan farqi.

7. GTQ lari iqtisodiy samaradorligini oshirish.
8. GTQ tsiklini diagrammada tasvirlash.
9. GTQ f.i.k. ni aniqlash.
10. GTQ tsikllarini taqqoslash.

TAYANCH IBORALAR

Gaz turbina qurilmasi, energetika, yoqil\i ûzgarmas bosimda yonadigan GTQ, yoqil\i ûzgarmas ûajmda yonadigan GTQ, gaz turbinasi, kompressor, yonil\i nasosi, yonish kamerasi, kompressorda bosim ortishi darajasi, qûshimcha bosim ortishi darajasi.

11 - MA`RUZA. ISSIQLIK O`TKAZUVCHANLIK

REJA:

- 11.1 Issiqlik uzatish asoslari.**
- 11.2 Asosiy tushunchalar.**
- 11.3 Issiqlik o`tkazuvchanlikning asosiy qonuni.**
- 11.4 YAssi bir qatlamli devorning issiqlik o`tkazuvchanligi.**
- 11.5 YAssi ko`p qatlamli devorning issiqlik o`tkazuvchanligi.**
- 11.6 Bir qatlamli tsilindrik devorning issiqlik o`tkazuvchanligi.**
- 11.7 Ko`p qatlamli tsilindrik devorning issiqlik o`tkazuvchanligi.**
- 11.8 SHarsimon devorning issiqlik o`tkazuvchanligi.**
- 11.9 Ixtiyoriy shakldagi jismning issiqlik o`tkazuvchanligi.**

ADABIYOTLAR

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 307-324 b.
2. Larikov N.N. Teplotexnika. M.,1986 y. 210-223 b.
3. Asraev R.A., efendiev A.M., Safarov R.T. Issiqlik texnikasi. Buxoro 2001 y. 112-125 b.

11.1 ISSIQLIK UZATISH ASOSLARI

Jismlar orasidagi issiqlik almashinuvi va issiqlikning bir jism ichida tarqalish protsesslarining qonuniyatlarini o`rganadigan fan issiqlik uzatish deyiladi.

Temperaturalar farqi issiqlik almashinuvining zaruriy va etarli shartidir. Issiqlik almashinuvi - bir jinslimas temperatura maydoniga ega bo`lgan bo`shliqda energiyaning (issiqlik shaklida) o`z-o`zidan erkin ko`chishi yuz beradigan qaytmas protsess.

Issiqlik uch xil usulda: issiqlik o`tkazuvchanlik, konvektsiya va nurlanish usulida uzatiladi. Issiqlik o`tkazuvchanlik-jismning turli tempuraturali ayrim qismlari bir-biriga bevosita tekkanda issiqlik energiyasining tarqalish protsessi.

Konvektsiya - ko`proq va kamroq qizdirilgan suyuqlik yoki gazning aralashishi yoki ko`chishi natijasida energiyaning uzatilishi protsessi.

Konvektsiya hodisasi faqat suyuqlik va gazlarda kuzatiladi. Nurlanish-energiyaning elektromagnitaviy to`lqinlar vositasida uzatilish protsessi.

Jismlar orasida nuriy issiqlik almashinuvi uch bosqichda amalga oshadi: ko`proq qizdirilgan jism ichki energiyasining elektromagnit to`lqinlari energiyasiga aylanishi, bu

energiyaning atrof-muhitga tarqalishi, kamroq qizdirilgan jism tomonidan yutilishi va uning isishi.

Bu uch usul orqali issiqlik uzatish issiqlik mashinalari, apparatlari va qurilmalarida issiqlik almashinuvida odatda bir vaqtda sodir bo`ladi. Issiqlik almashinuvi sodir bo`layotgan sharoitga bog`liq holda bir usulda boshqa usullarga nisbatan ko`proq issiqlik uzatilishi mumkin. Har bir usul alohida-alohida qonuniyatlarga bo`ysunishi tufayli ularni ayrim-ayrim holda ko`rib chiqish lozim bo`ladi.

11.2 ASOSIY TUSHUNCHALAR

Notekis qizdirilgan jismda bir-biriga tegib turgan zarrachalar orqali energiya uzatilishiga issiqlik o`tkazuvchanlik deyiladi.

Gazlarda energiya ko`chishi tartibsiz harakatlanadigan molekulalar yordamida, metallarda esa, asosan o`tkazuvchanlik elektronlari orqali, dielektrlarda kristall panjara hosil qiladigan zarralarning bog`liq tebranishlari hisobiga amalga oshadi.

Ma`lumki jism qizdirilganda uning molekulalari kinetik energiyasi ortadi. Jismning ko`proq qizdirilgan qismidagi zarralar o`zining tartibsiz harakati davomida boshqa zarralarga urilib o`zining kinetik energiyasini bir qismini uzatadi.

Bir turdagi izotropik (barcha yo`nalishlarda bir xil fizik xususiyatlarga ega bo`lgan jism) jism qizdirilganda uning turli nuqtalaridagi temperaturasi vaqt o`tishi bilan o`zgarib, issiqlik temperaturasi yuqori bo`lgan nuqtalardan temperaturasi past bo`lgan nuqtalarga tarqaladi.

Qattiq jismlarda issiqlik o`tkazuvchanlik usulida issiqlik uzatilishi temperaturaning fazoda vaqt o`tishi bilan o`zgarishida kuzatiladi. Vaqtning ayni paytida ko`rib chiqilayotgan fazoning barcha nuqtalaridagi temperatura qiymatlarining yig`indisi temperatura maydoni deyiladi.

Agar jism temperaturasi koordinat va vaqt funktsiyasi bo`lsa, u holda temperatura maydoni beqaror deyiladi:

$$t = f(x, y, z, \tau); \quad \delta t / \delta \tau \neq 0 \quad (11.1)$$

Agar jism temperaturasi faqat koordinatalar funktsiyasi bo`lib, vaqt o`tishi bilan o`zgarmasa, temperatura maydoni barqaror deyiladi.

$$t = f(x, y, z); \quad \delta t / \delta \tau = 0 \quad (11.2)$$

Ikki o`lchamli temperatura maydonining tenglamasi:

barqaror rejimda: $t = f(x, y); \quad \delta t / \delta z = \delta t / \delta \tau = 0$

beqaror rejimda: $t = f(x, y, \tau); \quad \delta t / \delta z \neq 0; \delta t / \delta \tau \neq 0$

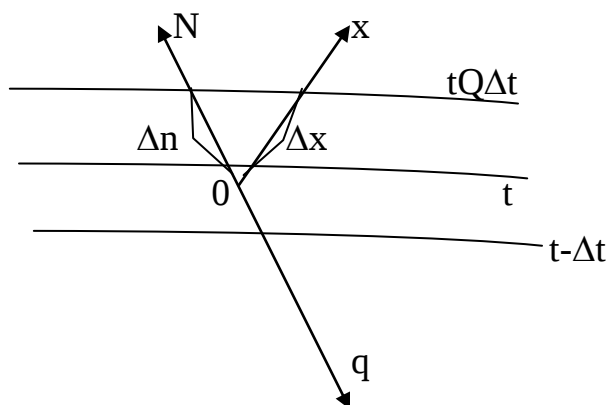
Bir o'ldhamli temperatura maydonining tenglamasi:

barqaror rejimda: $t = f(x)$; $\delta t / \delta \tau = 0$ va $\delta t / \delta y = \delta t / \delta z$

beqaror rejimda: $t = f(x, \tau)$; $\delta t / \delta \tau \neq 0$ va $\delta t / \delta y = \delta t / \delta z$

Agar temperatura maydonida bir xil temperaturali nuqtalarni tutashtirsak izotermik sirt hosil bo'ladi. Izotermik sirtlar bir-biri bilan xech vaqt kesishmaydi. Ularning barchasi jism sirtida tugaydi yoki butunlay uning ichida joylashadi.

Jismning temperaturasi izotermik sirtlarni kesib o'tadigan yo'nalishlardagina o'zgaradi. (11.1 -rasm).



11.1-pacm.

Bunda uzunlik birligida temperaturaning eng katta o'zgarishi izotermik sirtga normal n yo'nalishda sodir bo'ladi. Temperatura o'zgarishi Δt ning izotermadagi normal bo'yicha Δn masofaga nisbati temperatura gradienti deyiladi:

$$\lim\left(\frac{\Delta t}{\Delta n}\right)_{\Delta n \rightarrow 0} = \frac{\delta t}{\delta n} = \text{grad}t \quad (11.3)$$

Temperatura gradienti - izotermik sirtga tushirilgan normal bo'yicha yo'nalgan vektordir.

Uning temperaturaning ko'tarilish tomoniga yo'nalishi musbat yo'nalish hisoblanadi.

11.3 ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIKNING ASOSIY QONUNI

Har qanday jism yoki fazoning turli nuqtalarida temperaturalar farqi bo'lgandagina issiqlik tarqaladi. Bu shart issiqlik o'tkazuvchanlikka ham xos bo'lib, jismning turli nuqtalarida temperatura gradienti nolga teng bo'lmasligi kerakligini ko'rsatadi.

Izotermik sirtida joylashgan elementar yuza δF dan oraliq vaqt $\delta \tau$ da o'tayotgan δQ issiqlik miqdori bilan temperatura gradienti orasidagi bog'lanish Fur'e gipotezasiga ko'ra quyidagicha yoziladi:

$$\delta Q = -\lambda \delta F \text{grad} t \delta \tau \quad (11.4)$$

Tenglamaning o'ng tomonidagi minus issiqlik oqimi yo'nalishi temperaturaning pasayishi tomoniga bo'lib, temperatura gradienti yo'nalishiga teskari ekanligini bildiradi. (11.4) ifodadagi proportsionallik issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti deyiladi.

Ixtiyoriy sirtidan vaqt birligi ichida o'tadigan issiqlik miqdori issiqlik oqimi deyiladi. Issiqlik oqimi Q bilan belgilanib vatt (vt) da o'lchanadi.

Issiqlik oqimining sirt yuzasiga nisbati solishtirma issiqlik oqimi yoki issiqlik oqimining zichligi deyiladi va q bilan belgilanib Vt/m^2 da o'lchanadi:

$$q = \frac{\delta Q}{\delta F} = -\lambda \text{grad} t \quad (11.5)$$

Vektorlar q va $\text{grad} t$ normalda qarama-qarshi yo'nalishda joylashgan bo'ladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti moddaning qay darajada issiqlik o'tkazishini ko'rsatadi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientini (11.5) ifodadan topishimiz mumkin:

$$\lambda = \frac{q}{\text{grad} t} = \frac{Bm/\text{m}^2}{\text{grad} t/\text{m}} = \frac{Bm}{\text{m} \cdot \text{grad} t} \quad (11.6)$$

Demak issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti qiymati son jihatdan temperatura farqi 1°S bo'lganda devorning birlik qatlamidan o'tadigan solishtirma issiqlik oqimiga teng. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti moddaning tuzilishi, zichligi, namligi, bosimi va temperaturasiga bog'liq bo'ladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ ning aniq qiymatlari turli moddalar uchun tajribalar asosida aniqlanadi. Texnik hisoblashlarda λ ning qiymati jadvallardan olinadi.

Ba'zi moddalar uchun issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti qiymati λ , $\text{Vt}/(\text{m} \cdot \text{K})$:

Kumush	458
Toza mis	390-400
Po'lat, chuyan	45 -60
Qizil g'isht	0,55 -0,8
Beton	0,9-1,4
YOg'och	0,11-0,17

Asbest	0,09-0,19
SHlakli tola	0,07
Suv (0-100 °S).....	0,55-0,7
Muz	2,5
Havo (0-1000 °S).....	0,024-0,075

Eng yaxshi issiqlik o'tkazgichlar metallar bo'lib, ularda λ ning qiymati 3 dan 458 Vt/($\mathcal{M} \cdot \kappa$) gacha o'zgaradi. Engil g'ovak materiallar issiqlikni yomon o'tkazadi, chunki ularning g'ovaklari havo bilan to'lgan bo'ladi. Issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsienti 0,2 Vt/($\mathcal{M} \cdot \kappa$) dan kichik bo'lgan materiallar issiqlik izolyatsiya materiallari deyiladi.

Ho'l materialning issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsienti uning quruq holatidagi issiqlik o'tkazuvchanligiga nisbatan ancha katta bo'ladi. Bunga sabab shuki, suv issiqlikni havoga qaraganda 20-25 marta yaxshi o'tkazadi.

Qurilish materiallari va issiqlik izolyatsiya materiallari uchun λ ning qiymati 0,02 dan 3,0 Vt/($\mathcal{M} \cdot \kappa$) gacha bo'lib, uning temperaturaga bog'liqligi quyidagi tenglik bilan ifodalanadi:

$$\lambda = \lambda_0 [1 + \beta t] \quad (11.7)$$

bu erda: β -temperatura ko'effitsienti.

Ko'pchilik qurilish materiallari uchun 0-100 °S temperatura oralig'ida $\beta = 0,0025$.

Toza metallar uchun λ ning qiymati temperatura ortishi bilan kamayib boradi.

Tomchisimon suyuqliklarda λ ning qiymati 0,08 dan 0,65 Vt/($\mathcal{M} \cdot \kappa$) gacha oraliqda o'zgaradi. Gazlarning issiqlik o'tkazuvchanligi 0,005 dan 0,1 Vt/($\mathcal{M} \cdot \kappa$) gacha oraliqda bo'lib, temperatura ortishi bilan ortib boradi. Gazlardan faqat vodorod va geliyning issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsienti boshqa gazlarnikidan ancha yuqori qiymatga ega.

Molekulyar-kinetik nazariyaga ko'ra gazlarning issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsienti quyidagi tenglik bilan aniqlanadi:

$$\lambda = w l C_g \cdot \frac{\rho}{3} \quad (11.8)$$

bu erda: w -molekulalarning o'rtacha harakat tezligi, l -molekulalarning o'rtacha harakatlanish uzunligi; S_g -gazlarning o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imi; ρ - gazlarning zichligi.

11.4 YASSI BIR QATLAMLI DEVORNING ISSIQLIK O`TKAZUVCHANLIGI

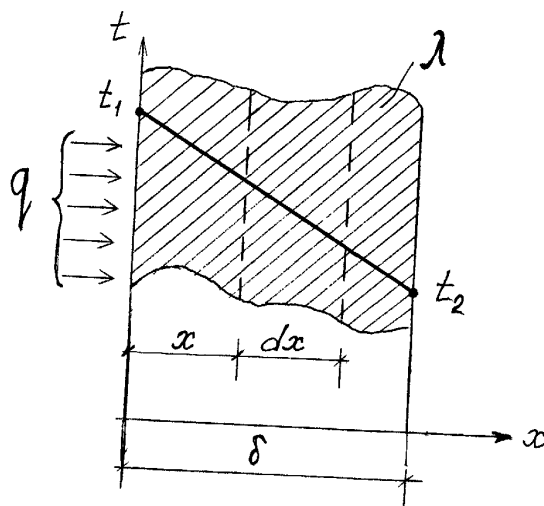
11.2 -rasmida bir jinsli materialdan ishlangan qalinligi δ bo`lgan yassi bir qatlamli devor ko`rsatilgan. Devorning issiqlik o`tkazuvchanlik koeffitsienti va tashqi sirtlaridagi temperaturalar  $t_1$  va  $t_2$ , o`zgarmas bo`lib, temperatura faqat devor sirtiga perpendikulyar bo`lgan o`q X yo`nalishdagina o`zgaradi.

Devor ichida ikkita izotermik sirt bilan chegaralangan, qalinligi dx bo`lgan elementar qatlam uchun Fur'e tenglamasi quyidagi ko`rinishda bo`ladi:

$$q = -\lambda \frac{\delta t}{\delta x} \quad \text{ëku} \quad \delta t = -\frac{q}{\lambda} \delta x \quad \text{ëa} \quad t = -\frac{q}{\lambda} x + c$$

Integrallash doimiysi S chegaraviy shartlardan aniqlanadi:

$X = 0$ bo`lganda  $t = t_1$ ;  $x = \delta$  bo`lganda $t = t_2 - \frac{q}{\lambda} \delta + t_1$ bo`ladi.



11.2- rasm.

Bundan issiqlik oqimining zichligini aniqlash mumkin:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2) = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t \quad (11.7)$$

Agar $t = -\frac{q}{\lambda} x + c$ tenglikka $c = 1$ va $q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t$ qiymatlarni kuysak, temperatura egri chizig'ining tenglamasini olish mumkin:

$$t_x = t_1 - \frac{\Delta t}{\delta} x \quad (11.8)$$

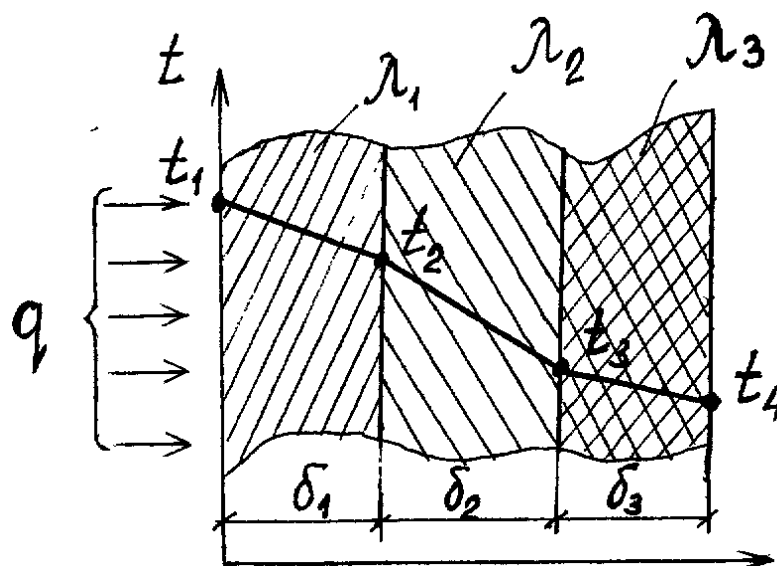
Demak temperatura bir jinsli devorda to`g`ri chiziq bo`ylab o`zgaradi (11.7) formuladan issiqlik oqimining zichligini topib, devorning yassi sirti orqali vaqt ichida uzatilgan umumiy issiqlik miqdorini topishimiz mumkin:

$$Q = qF \tau = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t F \tau \quad (11.9)$$

Yassi devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik bilan uzatilgan issiqlik miqdori issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ , temperaturalar farqi Δt , devor yuzasi F va vaqt τ ga to'g'ri proporsional va devor qalinligi δ ga teskari proporsional bo'ladi.

11.5 YASSI KO'P QATLAMLI DEVORNING ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIGI

Oziq-ovqat sanoatida qo'llaniladigan ko'plab issiqlik almashinuv qurilmalarida issiqlik o'tkazuvchanligi turlicha bo'lgan materiallardan yasalgan bir qancha qatlamli yassi devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan issiqlik uzatish protsessini ko'rib chiqamiz.



11.3 - rasm.

Qatlamlarning qalinligi δ_1 , δ_2 va δ_3 bilan, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari esa tegishlicha λ_1 , λ_2 va λ_3 bilan belgilangan.

Tashqi sirtlarning temperaturalar t_1 va t_4 berilgan, qatlamlar orasidagi temperaturalar t_2 va t_3 noma'lum.

Bunday devorning barcha qatlamlari bir-biriga zich yopishib turadi. Ko'p qatlamli devor orqali issiqlik uzatish protsessini barqaror rejimda ko'rib chiqamiz, shu sababli devorning har qaysi qatlami orqali, o'tadigan solishtirma issiqlik oqimi kattaligi jihatdan o'zgarmas va barcha qatlamlar uchun bir xil bo'ladi:

$$q = (\lambda_1 / \delta_1)(t_1 - t_2); \quad q = (\lambda_2 / \delta_2)(t_2 - t_3);$$

$$q = (\lambda_3 / \delta_3)(t_3 - t_4);$$

Bu tengliklardan har qaysi qatlamda temperaturaning o'zgarishini topamiz:

$$t_1 - t_2 = q \frac{\delta_1}{\lambda}; \quad t_2 - t_3 = q \frac{\delta_2}{\lambda};$$

$$t_3 - t_4 = q \frac{\delta_3}{\lambda};$$

(11.10) tenglikning chap va o'ng tomonini bir-biriga qo'shib quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$t_1 - t_4 = q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right)$$

Bu nisbatdan uch qatlamli devor orqali o'tadigan solishtirma issiqlik oqimining kattaligini aniqlash mumkin:

$$q = \frac{t_1 - t_4}{\delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3} \quad (11.11)$$

Ko'p qatlamli devor uchun (11.11) formula ko'rinishda yoziladi:

$$q = \frac{(t_1 - t_{n+1})}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (11.12)$$

Devor qalinligining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientiga nisbati δ / λ devor qatlamining termik qarshiligi deyiladi.

$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ - devorning to'liq ichki qarshiligi deyiladi. Ba'zi vaqtda ko'p qatlamli yassi

devorni (11.12) tenglikka ekvivalent issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ_{Σ} ni kiritib bir qatlamli devor kabi hisoblanadi:

$$q = \frac{\lambda_{\Sigma}(t_1 - t_2)}{\sum_{i=1}^n \delta_i} \quad (11.13)$$

bu erda:

$$\lambda_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (11.14)$$

(11.10) va (11.12) formulalar asosida devor qatlamlari orasidagi temperaturalar t_2 va t_3 ning qiymatlarini topishimiz mumkin:

$$t_2 = t_1 - q \cdot \frac{\delta_1}{\lambda_1} \quad (11.15)$$

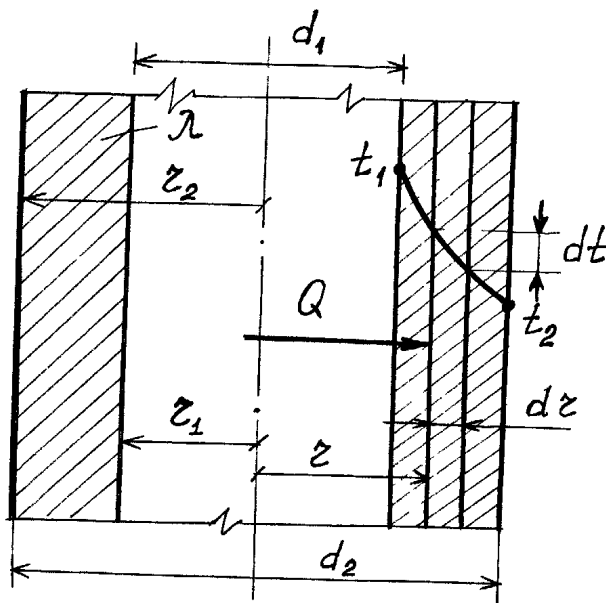
$$t_3 = t_2 - q \cdot \frac{\delta_2}{\lambda_2}$$

$$t_3 = t_4 + q \cdot \frac{\delta_3}{\lambda_3}$$

11.6 BIR QATLAMLI TSILINDRIK DEVORNING ISSIQLIK O`TKAZUVCHALIGI

Issiqlik mashinalari va issiqlik almashinuv apparatlari devorlarining sirtlari, ko`pincha, konsentrik joylashgan ikkita tsilindrik sirt bilan chegaralangan bo`ladi.

11.4-rasmda uzunligi cheksiz l ichki diametri d_1 va tashqi diametri d_2 bo`lgan bir jinsli tsilindrik devor ko`rsatilgan.



11.4-rasm.

Quvurning ichki va tashqi sirtlarining temperaturalar t_1 va t_2 bo`lib, o`zgarmasdan qoladi. Temperatura maydoni bir o`lchamli va faqat radial yo`nalishda kamayadi.

Devor ichida radiusi r va qalinligi dr bo`lgan elementar tsilindrik qatlam ajratamiz. U holda ajratilgan shu yassi qatlamni devor sifatida qarash mumkin. CHekka sirtlar orasidagi temperaturalar farqi dt ni cheksiz kichik deyish mumkin.

Fur'e qonuniga ko`ra:

$$Q = -\lambda F \frac{dt}{dr},$$

yoki elementar tsilindrik qatlam uchun:

$$Q = -\lambda \alpha \pi r l \frac{dt}{dr}$$

bundan:

$$dt = -\frac{Q}{2\pi\lambda l} \cdot \frac{dr}{r}$$

(a) tenglikni $\lambda = \text{const}$ bo'lganda integrallab quyidagini olamiz:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt = -\int_{r_1}^{r_2} \left(\frac{Q}{2\pi\lambda l}\right) \left(\frac{dr}{r}\right)_1 (t_1 - t_2) = \left[\frac{Q}{2\pi\lambda l}\right] \ln \frac{r_2}{r_1}$$

bundan tsilindrik devordan o'tuvchi issiqlik oqimini aniqlash formulasini olamiz:

$$Q = \frac{2\pi\lambda l(t_1 - t_2)}{\ln \frac{d_2}{d_1}}$$

YUqoridagi tengliklardan ko'rinib turibdiki, tsilindrik devorda temperatura logarifmik egri chiziq bo'yicha o'zgarib boradi. Issiqlik oqimi uzunlik birligiga nisbatan q_e va ichki yoki tashqi sirtga nisbatan q_1 va q_2 aniqlanishi mumkin:

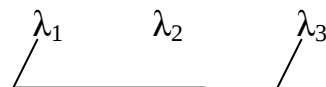
$$q_e = \frac{Q}{l} = \frac{[2\pi\lambda(t_1 - t_2)]}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (11.17)$$

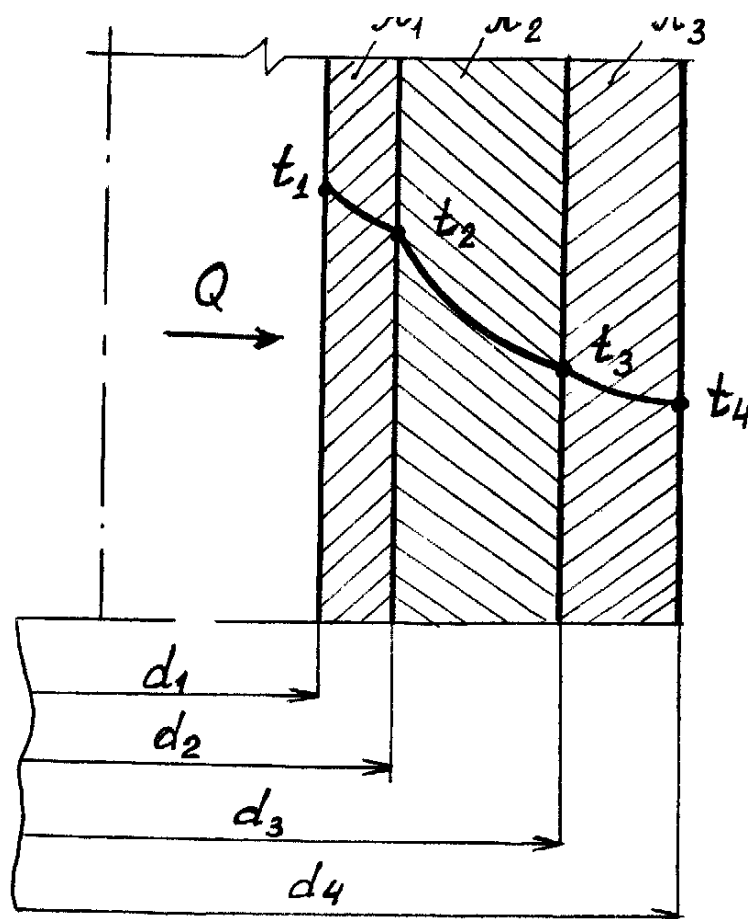
$$q_1 = \frac{Q}{\pi d_1 l} = \frac{[2\lambda(t_1 - t_2)]}{(d_1 \ln \frac{d_2}{d_1})} \quad (11.18)$$

$$q_2 = \frac{Q}{\pi d_2 l} = \frac{[2\lambda(t_1 - t_2)]}{(d_2 \ln \frac{d_2}{d_1})} \quad (11.19)$$

11.7 KO'P QATLAMLI TSILINDRIK DEVORNING ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIGI

TSilindrik devor bir-biriga zich yopishib turgan uch qatlamdan iborat deb faraz qilamiz. Devor ichki sirtining temperaturasi t_1 va tashqi sirtining temperaturasi t_4 , qatlamlarining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari λ_1 , λ_2 , va λ_3 , diametrlari d_1 , d_2 , d_3 va d_4 bilan belgilangan (11.5-rasm).





11.5-rasm.

Devorning har bir qatlamida temperatura logarifmik egri chiziqlik bo'yicha o'zgarib boradi. Ko'p qatlamli devor orqali issiqlik uzatish protsessini barqaror rejimda ko'rib chiqamiz. SHu sababli devorning har qaysi qatlami orqali o'tadigan issiqlik oqimi Q , kattaligi jihatdan o'zgarmas va barcha qatlamlar uchun bir xil bo'ladi:

$$Q = [2\pi\lambda_1 l(t_1 - t_2)] \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$Q = [2\pi\lambda_2 l(t_2 - t_3)] \ln \frac{d_3}{d_2}$$

$$Q = [2\pi\lambda_3 l(t_3 - t_4)] \ln \frac{d_4}{d_3}$$

Bu tengliklardan har qaysi qatlamda temperaturaning o'zgarishini topamiz:

$$t_1 - t_2 = \left[\frac{Q}{2\pi\lambda_1 l(t_1 - t_2)} \right] \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$t_2 - t_3 = \left[\frac{Q}{2\pi\lambda_2 l(t_2 - t_3)} \right] \cdot \ln \frac{d_3}{d_2}$$

$$t_3 - t_4 = \left[\frac{Q}{2\pi \lambda_3 l (t_3 - t_4)} \right] \cdot \ln \frac{d_4}{d_3}$$

(11.20) tenglikning chap va o'ng tomonlarini bir-biriga qo'yib quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$t_1 - t_4 = \frac{Q}{2\pi l} \left(\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3} \right)$$

Bu nisbatdan uch qatlamli tsilindrik devor orqali o'tadigan issiqlik oqimi Q ning kattaligini aniqlash mumkin:

$$Q = \frac{2\pi l (t_1 - t_4)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3}} \quad (11.21)$$

Ko'p qatlamli tsilindrik devor uchun (11.20) formula quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$Q = \frac{2\pi l (t_1 - t_{n+1})}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (11.22)$$

(11.22) tenglikka ekvivalent issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $\lambda_{\text{эк}}$ ni kiritib issiqlik oqimini bir qatlamli devordagi kabi hisoblash mumkin:

$$Q = \frac{2\pi \lambda_{\text{эк}} (t_1 - t_2)}{\sum_{i=1}^n \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (11.23)$$

bu erda:

$$\lambda_{\text{эк}} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (11.24)$$

(11.22) tenglikdan foydalanib devor qatlamlari orasidagi temperaturalar qiymatini topishimiz mumkin:

$$\begin{aligned} t_2 &= t_1 - \left[\frac{Q}{(2\pi \lambda_1 l)} \right] \ln \frac{d_2}{d_1} \\ t_3 &= t_2 - \left[\frac{Q}{(2\pi \lambda_{21} l)} \right] \ln \frac{d_3}{d_2} \end{aligned} \quad (11.25)$$

11.8 SHARSIMON DEVORNING ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIGI

Issqlik manbai shar ichida bo`lib, o`zgarmas issiqlik oqimi sharsimon devor tomon yo`nalgan. Temperatura faqat radius yo`nalishida o`zgaradi. Ichki sirt temperaturasi t_1 , tashqi sirt temperaturasi t_2 , devor radiusi r_1 , tashqi radius r_2 .

Radiusi r va qalinligi dr bo`lgan sharsimon qatlamdan o`tayotgan issiqlik oqimini Fur'e tenglamasidan topamiz:

$$Q = \lambda F \left(\frac{dt}{dr} \right) = -\lambda 4\pi r^2 \left(\frac{dt}{dr} \right), \quad \text{ëku}$$

$$dt = -\left(\frac{Q}{4\pi \lambda} \right) \cdot \left(\frac{dr}{r^2} \right)$$

Oxirgi tenglikni t va r bo`yicha integrallab, o`zgarmas integral doimiysini $r = r_1$, $t = t_1$ va $r = r_2$, $t = t_2$ chegaraviy shartlardan aniqlab, quyidagiga ega bo`lamiz:

$$Q = \frac{\pi \lambda (t_1 - t_2)}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)} = \frac{2\pi \lambda (t_1 - t_2)}{\left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right)} \quad (11.26)$$

11.9 IXTIYORIY SHAKLDAGI JISMNING ISSIQLIK O`TKAZUVCHANLIGI

YUqoridagi paragraflardan ma`lumki, turli shakldagi jismlar uchun alohida issiqlik o`tkazuvchanlik tenglamasi mavjud va noto`g`ri shakldagi jismlar uchun ularni ko`llab bo`lmaydi.

Noto`g`ri shakldagi jism devoridan o`tayotgan issiqlik miqdori (masalan, devor yassi emas va egri sirtlar bilan chegaralangan, yoki sirt tsilindrsimon bo`lmay,ovalsimon) quyidagi tenglik bo`yicha aniqlanishi mumkin:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F_{yp} (t_1 - t_2) \quad (11.27)$$

bu erda: F_{ur} - sirt yuzasi, uni jism shakliga bog`liq ravishda aniqlanadi.

YAssi va tsilindrsimon devor uchun $F_2 / F_1 < 2$ (bu erda F_1 va F_2 jism ichki va tashqi sirti yuzasi) bo`lganda:

$$F_{yp} = (F_1 + F_2) / 2 \quad (11.28)$$

F_1 / F_2 bo`lganda tsilindrsimon devor uchun:

$$F_{yp} = \frac{(F_2 - F_1)}{(2,3 \lg \frac{p_2}{p_1})} \quad (11.29)$$

SHarsimon devor uchun:

$$F_{yp} = \sqrt{F_1 - F_2} \quad (11.30)$$

YUqoridagi ifodalardan taxminiy hisoblashlarda foydalanish mumkin. Murakkab ob`ektlar uchun issiqlik o`tkazuvchanlikni elementlari bo`yicha alohida hisoblanadi. Bu usul ham yuqori aniqlik bermaydi. Murakkab ob`ektlar uchun issiqlik o`tkazuvchanlikni tajriba yo`li bilan aniqroq topish mumkin.

Agar devorning turli joylarida temperatura har-xil bo`lsa, u holda butun devor uchun quyidagi ifoda bo`yicha o`rtacha temperatura aniqlanadi:

$$t_{yp} = \frac{(F_1 t_1 + F_2 t_2 + \dots + F_n t_n)}{(F_1 + F_2 + \dots + F_n)}$$

bu erda: $F_1, F_2, \dots, F_n$ - bir xil temperaturali devor bo`limi sirti yuzasi;

$t_1, t_2, \dots, t_n$ - alohida bo`limlar temperaturalari.

SINOV SAVOLLARI:

1. Issiqlik uzatilishi turlari.
2. Temperatura maydoni.
3. Temperatura gradienti.
4. Issiqlik o`tkazuvchanlik.
5. Issiqlik o`tkazuvchanlik koeffitsienti.
6. YAssi devor orqali issiqlik o`tkazuvchanlik.
7. TSilindrik devor orqali issiqlik o`tkazuvchanlik.
8. Konvektsiyani tushuntiring.
9. SHarsimon devorning issiqlik o`tkazuvchanligi.
10. Ixtiyoriy shakldagi jismning issiqlik o`tkazuvchanligi.

TAYANCH IBORALAR

Issiqlik uzatish, issiqlik o`tkazuvchanlik, konvektsiya, nurlanish, temperatura maydoni, temperatura gradienti, izotermik sirt, issiqlik oqimi, issiqlik oqimining zichligi, issiqlik o`tkazuvchanlik koeffitsienti, Fur'e qonuni.

12 - MA`RUZA. KONVEKTIV ISSIQLIK ALMASHINUVI

REJA:

12.1 Asosiy tushunchalar.

12.2 Issiqlik berish koeffitsenti konvektiv issiqlik almashinuvi differentsial tenglamasi.

12.3 O`xshashlik nazariyasi.

12.4 Erkin va majburiy harakatlanishda issiqlik berilishi.

ADABIYOTLAR

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 370-379 b.
2. CHernyak O.V. Teplotexnika va gidravlika asoslari. Toshkent, 1997 y. 169-179 b.
3. Asraev R.A., efendiev A.M., Safarov R.T. Issiqlik texnikasi. Buxoro 2001 y. 127-137 b.

12.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR

Notekis qizdirilgan suyuq, gazsimon yoki sochiluvchan muhitda, muhitning harakatlanishi va issiqlik o`tkazuvchanligi natijasida energiyaning issiqlik shaklida uzatilishiga konvektiv issiqlik almashinuvi deyiladi.

Harakatlanuvchi muhit va uning boshqa muhit bilan chegara sirti orasidagi konvektiv issiqlik almashinuvi issiqlik berish deyiladi.

Issiqlik berish protsessi juda ko`p omillarga bog`liq, ulardan asosiylarini ko`rib chiqamiz.

1. Suyuqlik oqishining vujudga kelish sabablari. Vujudga kelish sabablariga qarab suyuqlikning harakati erkin va majburiy harakatlarga bo`linadi.

Erkin harakatlanish notekis qizdirilgan muhitda vujudga keladi. Bunda vujudga keladigan temperaturalar farqi zichliklarning farq qilishiga va muhitdagi zichligi kamroq zarrachalarning yuqoriga harakat qilishiga olib keladi. Bu holda erkin harakatlanish tabiiy harakatlanish yoki issiqlik konveksiyasi deyiladi.

Erkin harakatlanishning jadallik bilan borishi muhitning fizik xossasiga bog`liq bo`ladi.

Suyuqlikning majburiy harakatlanishi tashqi qo`zg`atuvchilar: ventilyatorlar, nasoslar, aralashtirgichlar va shunga o`xshashlarning ta`sir etishi bilan bog`liq. Bular

yordamida muhitni katta tezlikda harakatlantirish yoki tezligini keng kulamda o'zgartirish va shu bilan issiqlik almashinuvi jadalligini boshqarish mumkin.

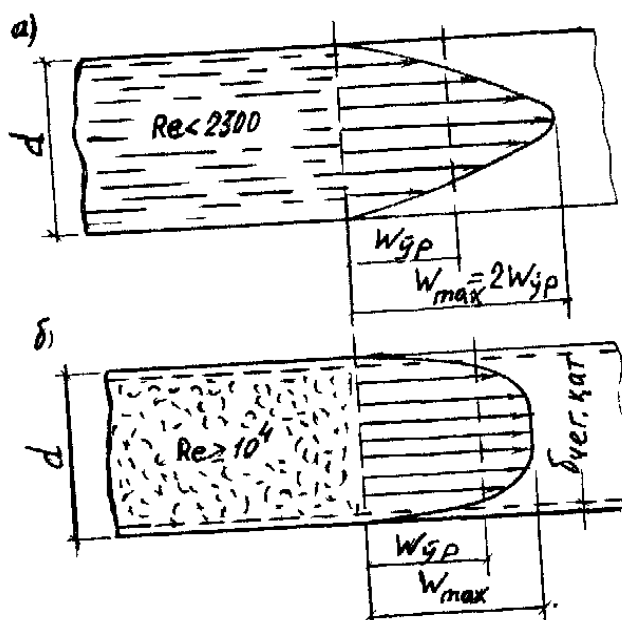
Agar majburiy harakatlanish tezligi kichik va suyuqlik zarrachalari temperaturalari orasida farq bo'lsa, majburiy harakatlanish bilan birgalikda erkin harakatlanish ham sodir bo'ladi.

2. Suyuqlikning oqish rejimi.

Suyuqlikning harakati laminar yoki turbulent bo'lishi mumkin. Laminar oqishda suyuqlik zarrachalari osoyishta faqat bir-biriga parallel traektoriya bo'yicha harakatlanadi va ularning harakat yo'nalishi umumiy oqim yo'nalishi bilan mos keladi. Laminar harakatda quvurning kesimi bo'yicha tezlikning taqsimlanishi parabola xarakterida bo'ladi (12.1-rasm). Tezlikning bu kabi taqsimlanishi suyuqlik zarrachalari orasidagi qovushoqlik kuchlari sababli vujudga keladi.

Suyuqlik zarrachalarining eng yuqori harakat tezligi quvurning o'qi bo'ylab sodir bo'lib, u o'rtacha harakat tezligidan ikki barobar yuqori bo'ladi.

Turbulent oqishda suyuqlik qatlamlarining uzluksiz aralashishi kuzatilib, oqim tartibsiz xaotik harakatda bo'lgan zarrachalar yig'indisidan iborat bo'ladi. Turbulent oqish rejimining qaror topishi tezlikning quvur o'qi yaqinida kamayishi va devorlari yaqinida ortishi bilan xarakterlanadi, shu sababli tezlik profili 12.1-rasmda tasvirlangan ko'rinishni oladi.



а) Ламинар

б) Турбулент ошимда.

12.1-rasm. Quvur kesimida tezliklarning taqsimlanishi:

Suyuqlik zarrachalarining eng yuqori harakat tezligi quvurning o'qi bo'ylab sodir bo'lib, u o'rtacha harakat tezligidan 1,2-1,3 barobar yuqori bo'ladi.

Quvurga kirishdagi kesimda suyuqlikning harakatlanish tezligi o'zgarmas bo'ladi. Lekin suyuqlik quvur bo'ylab oqa boshlashi bilan devorlar yaqinidagi

suyuqlik zarralari devorlarga yopishadi, natijada devorlar yaqinida tezlik keskin pasayadi. Suyuqlik sarfi o'zgarmaganligi sababli tezlik quvur kesimining o'rtasida tegishliicha ko'payadi. Bunda quvur devorlarida chegara qatlam hosil bo'ladi. Suyuqlik harakatining xarakteriga qarab laminar va turbulent chegara qatlamlar bo'ladi.

Turbulent chegara qatlamda doimo qovushqoq deyiladigan juda yupqa qatlamcha bo'ladi, unda qovushoqlik kuchlari ta'sirida turbulent pul'satsiyalar asta-sekin so'nadi.

Suyuqlik quvurga kirgan paytdan to barqarorlashgan oqim qaror topgunga qadar chegara qatlam qalinligi barcha kesimni to'ldirgancha quvur uzunligi bo'ylab asta-sekin ortib boradi. SHu paytdan boshlab tezlikning o'zgarmas profili yuzaga keladi va oqim barqarorlashadi.

Doiraviy quvurda suyuqlik harakatining xarakteri o'lchamsiz kompleks bilan aniqlanib, Reynol'ds soni deyiladi va quyidagicha belgilanadi:

$$Re = \frac{wd}{\nu} \quad (12.1)$$

bu erda: w -suyuqlik o'rtacha harakat tezligi, m/s;

d -doiraviy quvurning diametri, m;

ν -suyuqlikning kinematik qovushoqligi, m^2/s .

Doiraviy bo'lmagan kanallarda xarakterli o'lcham sifatida ekvivalent diametrdan foydalaniladi:

$$d_{\text{экв}} = \frac{4F}{\vartheta}$$

bu erda: F - kanal ko'ndalang kesimining yuzasi;

ϑ - uning perimetri.

Agar $Re \leq 2300$ bo'lsa oqim laminar, $Re \geq 10000$ da esa turbulent bo'ladi. Ba'zi hollarda (kanal ichki yuzasi silliq va kirishda yuzaga keladigan turli qo'zg'alishlar yo'qotilganda) Reynol'ds soni Re ning qiymati 10 000 gacha bo'lganda ham laminar oqimni saqlash mumkin. Bunda hosil qilingan laminar oqim beqaror bo'lib, salgina qo'zg'alish natijasida turbulent oqimga aylanib ketadi.

Suyuqlikning oqim rejimi issiqlik berish jadalligiga ta'sir qiladi. Laminar rejimda issiqlikning uzatilishi oqim yo'nalishiga normal bo'yicha asosan issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan amalga oshadi. Suyuqlikning issiqlik o'tkazuvchanligi ancha kichik bo'lganligi sababli laminar oqishda issiqlik almashinish jadalligi katta bo'lmaydi.

Turbulent oqishda issiqlik oqim ichida issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan, shuningdek, suyuqlikning deyarli barcha massasining aralashishi yo'li bilan tarqaladi,

bunda suyuqlikning qatlam osti soviqroq qismi ishtirok etmaydi chunki, issiqlikning molekulyar uzatilishi turbulent uzatilishdan ustun turadi. SHuning uchun turbulent oqishda issiqlik almashinish jadalligi laminar oqishdagiga qaraganda ancha katta bo'ladi.

3. Suyuqlikning fizikaviy xossalari.

Texnikada gaz va suyuq issiqlik tashuvchilar sifatida ko'p moddalar qo'llaniladi: havo, suv, gazlar, moy, neft, spirt, simob va boshqalar. Bu moddalarning fizik xususiyatlariga ko'ra issiqlik berishi har-xil bo'ladi. Issiqlik almashinuviga quyidagi fizik parametrlar ta'sir etadi: issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ , solishtirma issiqlik sig'imi s , zichligi ρ , temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsienti $a = \lambda / \rho c$ va dinamik qovushoqlik koeffitsienti μ .

Barcha real suyuqliklarda μ turli tezlik bilan harakatlanayotgan suyuqlikning qo'shni qatlamlari yoki zarrachalari orasidagi ishqalanishni xarakterlaydi. Agar μ ning qiymati qancha katta bo'lsa, suyuqlikning okuvchanligi shuncha kichik bo'ladi. Gidrodinamika va issiqlik uzatish tenglamalarida dinamik qovushoqlikning suyuqlik zichligiga bo'lgan nisbati kinematik qovushoqlik ν ham uchraydi.

$$\nu = \mu / \rho, \text{ m}^2 / \text{s}$$

Har qaysi modda uchun bu parametrlarning muayyan qiymatlari bor va ular temperaturaning, ba'zilar esa bosimning ham funktsiyasi hisoblanadi.

4. Issiqlik beruvchi sirtning shakli va o'lchamlari.

Issiqlik beruvchi sirtning shakli, o'lchamlari va joylashishi (tik, yotiq, qiya) katta ta'sir ko'rsatadi. Jismning har qanday oddiy shakllaridan (quvur, plita va shunga o'xshashlar) ko'p xil issiqlik beruvchi sirtlar hosil qilish mumkin. Oddiy sirtidan tortib eng murakkab sirtgacha har bir sirt issiqlik tashuvchining harakatlanishi va issiqlik berishning o'ziga xos sharoitlarini vujudga keltiradi.

12.2 ISSIQLIK BERISH KOEFFITSENTI. KONVEKTIV ISSIQLIK ALMASHINUVI DIFFERENTIAL TENGLAMASI

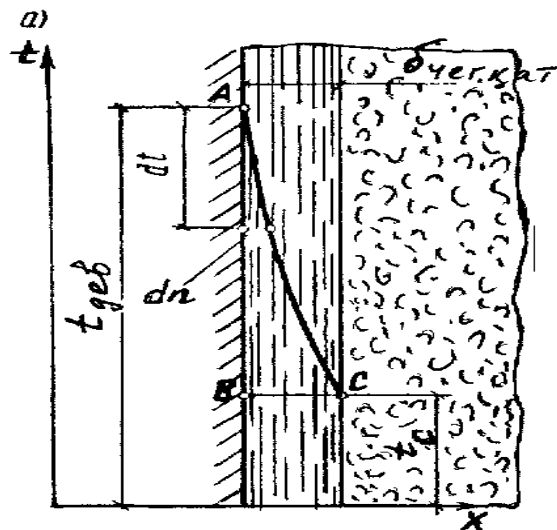
Issiqlik berish jarayoniga ta'sir qiladigan omillardan ko'rinib turibdiki, konvektiv issiqlik almashinuvida issiqlik miqdorini topish juda qiyin. Issiqlik berish jarayonining jadalligi laminar chegara qatlamining borligi hamda uning qalinligi bilan uzviy bog'liq. SHuning uchun issiqlik o'tkazuvchanlik usuli bilan uzatiladi deb muammoni Fur'e qonuniga ko'ra quyidagi tenglik bilan ifodalash mumkin:

$$Q = -\lambda \int_F \text{grad } t_F dF \quad (12.2)$$

Ammo hisoblashlarda bu tenglikni ko'llash juda qiyin chunki devorning temperatura gradienti $\text{grad } t_F$ va uning butun issiqlik almashinuvi yuzasi F da o'zgarishini aniqlash mumkin emas.

Hisoblashga qulay bo'lishi uchun 12.2-rasmga ko'ra temperatura gradientining qiymati dt/dn ni elementar uchburchak va uchburchak ABC o'xshashligiga ko'ra quyidagi nisbat bilan almashtirish mumkin.

$$\begin{aligned} -\frac{dt}{d\Pi} &= -\frac{AB}{BC} = \frac{t_{\text{dev}} - t_c}{\delta_{\text{qez.kam}}} & \text{ëku} & \quad -\frac{dt}{dn} = \frac{\Delta t}{\delta_{\text{qez.kam}}} & \text{ëku} \\ q &= -\lambda \frac{dt}{dn} = \frac{\lambda}{\delta_{\text{qez.kam}}} \Delta t & \text{belgilaymiz} & \quad \frac{\lambda}{\delta_{\text{qez.kam}}} = \alpha, & \text{u holda} \\ Q &= \alpha \Delta t F & \text{va} & \quad q = \alpha \Delta t & \end{aligned} \quad (12.3)$$



12.2-rasm.

Bu tenglama issiqlik texnikasida N'yuton tenglamasi deyiladi. Bu ifodada $-\Delta t$ temperatura bosimi, ya'ni devor sirti bilan devor sirtini yuvib o'tadigan suyuqlikning temperaturalar farqi, F -devor sirtining yuzasi, suyuqlik bilan jism sirti orasidagi issiqlik almashinuvining konkret shart-sharoitlarini hisobga oluvchi proportsionallik koeffitsenti.

α - issiqlik berish koeffitsenti deyiladi, o'lchov birligi $\frac{Bm}{m^2 K}$

Issiqlik berish koeffitsenti son jihatdan devor sirti va suyuqlik orasidagi temperaturalar farqi 1° bo'lganda, bir birlik yuzadan o'tayotgan issiqlik oqimining qiymatiga teng bo'ladi. Issiqlik berish koeffitsenti juda murakkab bo'lib, yuqorida 4-guruxga bo'lib ko'rib chiqilgan omillarga bog'liq.

SHuni ta'kidlash kerakki qovushoqlik ortishi bilan chegara qatlam qalinligi ortadi va issiqlik berish koeffitsienti kamayadi. Issiqlik tashuvchi oqim tezligining ortishi chegara qatlam qalinligini kamayishiga va issiqlik berish koeffitsientini ortishiga sabab bo'ladi.

Elementar issiqlik almashinish sirtidan, suyuqlikning laminar chegara qatlami orqali uzatilayotgan issiqlik oqimi Fur'e qonuni bo'yicha, 12.2- formulaga ko'ra quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} dF$$

SHu issiqlik oqimi 12.3 - formulaga ko'ra quyidagiga teng:

$$dQ = \alpha \Delta t dF$$

Tengliklarni o'ng tomonlarini tenglashtirib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$-\lambda \frac{dt}{dn} = \alpha \Delta t \quad \text{ëku} \quad \alpha = -\frac{\lambda}{\Delta t} \cdot \frac{dt}{dn} \quad (12.4)$$

Tenglik (12.4) issiqlik almashinuvining differentsial tenglamasi deyiladi. U jismning chegarasidagi issiqlik berish jarayonini tasvirlaydi. Issiqlik berish koeffitsienti α ni topish uchun temperatura gradientini, ya'ni suyuqlikda temperaturani taqsimlanishini bilish kerak. Ammo amalda bu tenglamani echish juda ko'p qiyinchiliklarga olib keladi.

Differentsial tenglamalar issiqlik berish jarayonini umumiy ko'rinishda xarakterlaydi. Konvektiv issiqlik almashinishiga doir aniq masalalarni echishda differentsial tenglamalarga o'xshashlik shartlarini, ya'ni ko'rib chiqilayotgan masalaning o'ziga xos xususiyatining matematik ta'rifini qo'shish kerak bo'ladi.

O'xshashlik shartlari quyidagi o'ziga xos belgilari bilan xarakterlanib, bir butun hodisalardan ularni ajratib turadi. Ular quyidagilardan iborat:

1. Jarayon borayotgan joydagi, jism yoki jismlar sistemasining o'lchami va shaklini aniqlovchi geometrik shartlar.
2. Berilgan sistemani tashkil qiluvchi jismga xos fizik shartlar.
3. Sistemaning atrof - muhit bilan o'zaro ta'sirini belgilovchi chegara shartlar.
4. Ko'rib chiqilayotgan jarayonning ma'lum vaqtga bog'liq xususiyatlarini belgilovchi vaqtinchalik shartlar (barqaror jarayonlar uchun vaqtinchalik shartlar kerak bo'lmaydi).

Differentsial tenglamalar va o'xshashlik shartlari konkret ayrim hodisalarni aniqlashi mumkin. Ko'pchilik hollarda konvektiv issiqlik almashinishini tekshirishda o'rganilayotgan hodisalarning qiyinligidan differentsial tenglamalar va o'xshashlik shartlarini qanoatlantiradigan echimini topish juda qiyin.

Issiqlik berish koeffitsienti tajriba yo`li bilan to`g`riroq aniqlanishi mumkin. Ammo bu usul murakkab va katta issiqlik qurilmalari uchun  $\alpha$  ni topish qiyin bo`lib, ko`p kuch va mablag` talab qiladi. Bundan tashqari olingan natijalar aynan shu qurilmaga tegishli bo`lib, loyixalanayotgan yoki qurilayotgan boshqa bu kabi qurilmalarga tadbiq qilish aniq natijalar bermaydi.

SHuning uchun hozirgi paytda issiqlik berish koeffitsentini tajriba yo`li bilan aniqlash issiqlik qurilmalarining o`zida emas, balki ularning, tajriba o`tkazishga qulayroq soddalashtirilgan nusxalarida (modellarida) olib boriladi. Nusxada olingan natijalar esa shunga o`xshash hodisalarga umumlashtirilib tadbiq qilinishi mumkin.

Eksperimental tekshirish usulining kamchiligi tajribadan olingan natijalarni o`rganilgan hodisalardan boshqalariga tadbiq qilish mumkin emasligida bo`lsa, matematik (nazariy) fizikaviy kamchiligi ko`p tabiat qonunlari va tajriba natijalari umumlashmasini o`z ichiga oladigan, differentsial tenglamalar va o`xshashlik shartlarini ayrim konkret hodisaga tadbiq qilish mumkin emasligidadir.

Amaliy misollarni echishda bu har ikkala usuldan alohida foydalanish yaxshi natijalar bermaydi. Hozirgi vaqtda konvektiv issiqlik almashinuvini tekshirish uchun o`xshashliklar nazariyasidan foydalaniladi. U protsessni analitik va eksperimental tekshirish usullarini o`zida umumlashtiradi.

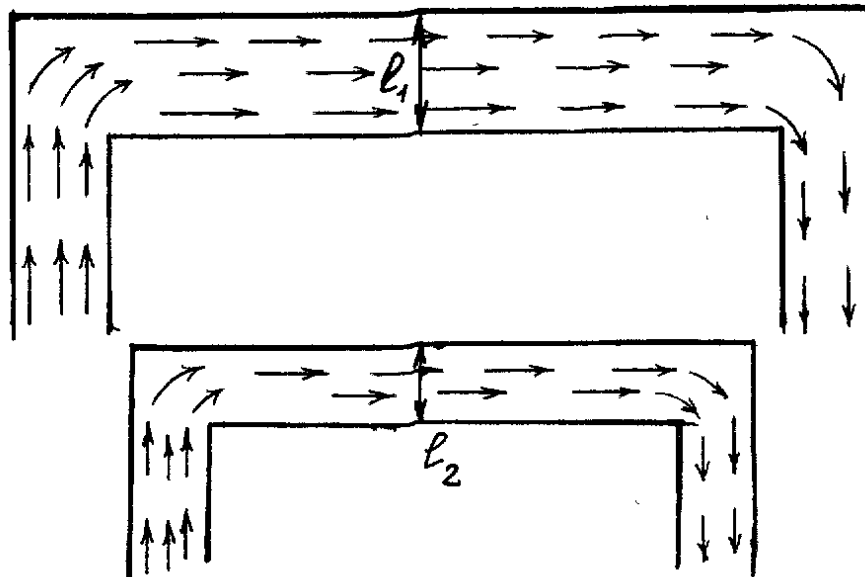
12.3 O`XSHASHLIK NAZARIYASI

O`xshashlik nazariyasi konkret qurilmada olingan tajriba natijalarini boshqa shunga o`xshash hodisalarga qachon tatbik etish mumkinligini, ya`ni protsesslarning o`xshashligini aniqlashga imkon beradi.

O`xshashlik nazariyasi differentsial tenglamalar va o`xshashlik shartlari asosida, integrallashlarsiz, xulosa chiqarishga imkon berib, tajribani quyishga va eksperiment natijalarini ishlashga nazariy asos bo`ladi.

Ma`lumki har bir fizik protsess, matematik fizika tenglamalari bilan ifodalanishi mumkin. Bu tenglamalarni tahlil qilish natijasida, qaysi omillar izlanayotgan qiymatga ta`sir qilishi va tenglamaning umumiy ko`rinishi aniqlanishi mumkin.

Masalan, ikkita bir-biriga o`xshash kanalda har-xil suyuqliklar turli tezlikda harakat qilayapti (12.3-rasm).



12.3-rasm.

Agar kanallarning istalgan mos nuqtalaridagi tezliklari va suyuqlikning fizik xususiyatlari proporsional bo'lsa hodisa gidrodinamik o'xshash bo'ladi:

$$\frac{l_1}{l_2} = K_l; \quad \frac{w_1}{w_2} = K_w; \quad \frac{\mu_1}{\mu_2} = K_\mu; \quad \frac{\rho_1}{\rho_2} = K_\rho$$

O'zgarmas K_l, K_w, K_μ, K_ρ -kattaliklar o'xshashlik konstantalari deyiladi.

Kanallarda harakatlanayotgan ikki oqim issiqlik almashinishining o'xshash bo'lishi uchun geometrik o'xshashlikdan tashqari, tezliklar maydoni va suyuqliklar xususiyatlari (zichlik, qovushoqlik va boshqa) o'xshash bo'lib, undan tashqari temperatura maydonlari ham o'xshash bo'lishi zarur.

SHunday qilib, fizik protsesslar o'xshash bo'lishi uchun: birinchidan ular mohiyatiga ko'ra bir xil bo'lib, bir xil matematik tenglik bilan ifodalanishi, ikkinchidan protsesslar geometrik o'xshash qurilmalarda borishi, uchinchidan fizik parametrlar maydoni (tezlik, maydoni va boshqa) o'xshash bo'lishi kerak.

Tezlik maydoni, temperatura maydoni yoki boshqa maydonlar tenglama ko'rinishida yozilishi mumkin:

$$t = f(x, \tau, \alpha, \lambda, t_0, t_{amm}, \delta) \quad (12.5)$$

O'zgaruvchilarning ko'p bo'lganligi bu tenglamani analitik ochishni qiyinlashtiradi. Barcha o'zgaruvchilarni birlashtirib, o'lchamsiz kattaliklarga o'tish natijasida protsessning matematikaviy bayoni o'lchamsiz holga keladi.

Bunda masshtablar, shuningdek, masalaga kiruvchi fizikaviy konstantalar o'xshashlik sonlari yoki kriteriylari deyiladigan o'lchamsiz komplekslar holida birlashtiriladi. eng ko'p ishlatiladigan o'xshashlik sonlarini ko'rib chiqamiz.

Nussel't soni, qattiq jism bilan suyuqlik chegarasidagi issiqlik almashinuvini xarakterlaydi:

$$Nu = \frac{\alpha l_0}{\lambda} \quad (12.6)$$

bu erda: α -issiqlik berish koefitsienti;

l_0 -jismning aniqlovchi chizig'iy o'lchami;

λ -suyuqlikning issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti.

Reynol'ds soni, inertsia kuchlari bilan qovushoqlik nisbatini xarakterlaydi:

$$Re = \frac{wl_0}{\nu} \quad (12.7)$$

bu erda: w -suyuqlikning o'rtacha tezligi;

ν -suyuqlikning kinematik qovushoqligi.

Eyler soni, bosim kuchlari bilan inertsia kuchlarining nisbatini xarakterlaydi:

$$Eu = \frac{P}{\rho w^2} = \frac{\Delta F}{\rho w^2} \quad (12.8)$$

bu erda: R - bosim

Pekle soni, issiqlikning konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan tarqalish nisbatini xarakterlaydi:

$$Pe = \frac{wl_0}{a} \quad (12.9)$$

bu erda: a - suyuqlikning temperatura o'tkazuvchanlik koefitsienti.

Grasgof soni, zichliklarning farqi tufayli suyuqlikda paydo bo'ladigan ko'tarish kuchlarining qovushoqlik kuchlariga nisbatini xarakterlaydi:

$$Gr = \frac{g \beta \Delta t l_0^3}{\nu^2} \quad (12.10)$$

bu erda: g - erkin tushish tezlanishi;

Δt - devor va suyuqlik orasidagi temperaturalar farqi;

β - suyuqlik hajmiy kengayishining temperaturaviy koefitsienti (gazlar uchun $\beta = 1/T$)

Prandtl soni, suyuqlikning fizikaviy xossalarini xarakterlaydi:

$$Pr = \frac{\nu}{a} \quad (12.11)$$

Aniqlanadigan va aniqlovchi o'xshashlik sonlari orasidagi bog'liqlik o'xshashlik tenglamasi yoki kriterial tenglama deyiladi. Issiqlik apparatlarida issiqlik berish koefitsienti α va gidravlik qarshilik ΔR izlanadigan qiymatlar hisoblanadi.

Nu sonida noma'lum issiqlik berish koefitsienti α , eyler sonida gidravlik qarshilik ΔR mavjud. SHuning uchun Nu va Ei soni aniqlanadigan, Pr, Gr va Re sonlari aniqlovchi hisoblanadi.

Konvektiv issiqlik almashinishda o'xshashlik tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$Nu = f_1(Re \cdot Gr \cdot Pr) \quad (12.12)$$

$$Nu = f_2(Re \cdot Gr \cdot Pr) \quad (12.13)$$

Suyuqlik majburiy harakatda bo'lganda bu tengliklar soddalashadi:

$$Nu = f(Re \cdot Pr) \quad (12.14)$$

Suyuqlik erkin harakat qilganda:

$$Nu = f(Gr \cdot Pr) \quad (12.15)$$

Suyuqliklar uchun issiqlik berish koefitsienti α devor qizdirilganda va sovitilganda har xil qiymatga ega bo'lishi tajribalarda aniqlangan. SHuning uchun issiqlik oqimi yo'nalishi quyidagi qiymat bilan hisobga olinadi:

$$\left(\frac{Pr_{\text{cylOK}}}{Pr_{\text{deg}}} \right)^{0,25}$$

U holda konvektiv issiqlik almashinishi uchun umumiyashtirilgan o'xshashlik tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi.

$$Nu = c Re^n \cdot Gr^g \cdot Pr^m \left(\frac{Pr_{\text{cylOK}}}{Pr_{\text{deg}}} \right)^{0,25} \quad (12.16)$$

O'xshashlik sonlari orasidagi miqdoriy bog'lanish eksperiment natijalari asosida topiladi.

12.4 ERKIN VA MAJBURIY HARAKATLANISHDA ISSIQLIK BERILISHI

Erkin harakatlanishda issiqlik almashinuvi protsessi ko'pchilik issiqlik qurilmalarida kuzatiladi. Masalan, xona havosi pech' yoki isitish asbobi yordamida erkin konvektsiya yo'li bilan isitiladi. Bug' qozonlarida suvni qizdirish ham shu usulda amalga oshiriladi.

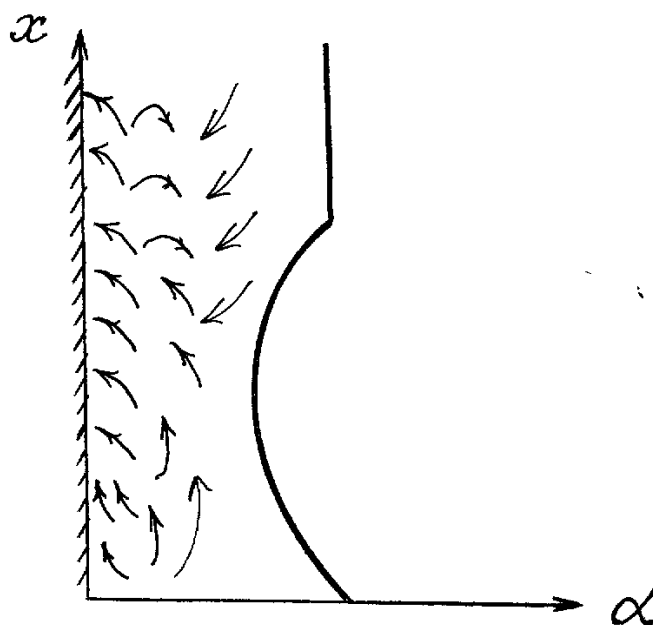
Erkin harakatlanish faqat issiqlik almashinuvi bo'lgandagina vujudga kelishi va davom etishi mumkin. Bunda issiqlik almashinuvi qanchalik kuchli bo'lsa, muhit ham shunchalik tez harakat qiladi.

Erkin konvektsiya yo'li bilan issiqlik almashinuvida qizigan zarralar yuqoridan tushayotgan soviq zarralarga qarshi, ya'ni pastdan yuqoriga tomon harakat qiladi.

Bunda murakkab harakat vujudga kelib koʻtariluvchi va tushuvchi oqimlar toʻqnashadi. 12.4-rasmda havoning qizigan vertikal devor atrofida harakatlanishi koʻrsatilgan.

Devorning pastki qismida issiqlik tashuvchining devor sirtiga bevosita tegib turgan yupqa qatlami kichikroq tezlik bilan yuqoriga koʻtarilib, laminar oqim hosil qiladi. SHundan keyin harakatlanish davomida issiqlik tashuvchining zarralarini ilashtirib ketishi hisobiga harakatlanuvchi qatlam qalinligi asta-sekin ortib boradi. Bunda tezlik ortadi, laminar oqish rejimi boʻziladi, lekin hali turbulent oqish rejimiga oʻtmagan boʻladi. Bunday oqish rejimi oraliq rejim deyiladi. Oraliq oqim barqaror boʻlmaydi, u turbulent oqish bilan almashinadi, quvurning yuqori qismining hammasida oqish rejimi turbulent boʻladi.

Issiqlik tashuvchining harakatlanish xarakteri oʻzgarishiga qarab, issiqlik berish koeffitsientining qiymati ham 12.4-rasmda koʻrsatilgandek oʻzgaradi.



12.5 - rasm.

Tabiiy konveksiyada umumiy oʻxshashlik tenglamasi quyidagi koʻrinishda boʻladi:

$$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n \left(\frac{Pr_{\text{снук}}}{Pr_{\text{дес}}} \right)^{0,25} \quad (12.17)$$

S va P konstantlar argument $(Gr \cdot Pr)$ ning oʻzgarish intervaliga bogʻliq.

(12.17) - formuladan Nu sonining qiymatini aniqlab va uni (12.16) - formulaga qoʻyib, issiqlik berish koeffitsientini aniqlash mumkin:

$$\alpha = \frac{Nu \lambda}{l_0} \quad (12.18)$$

Ko'p o'tkazilgan tajribalar natijalarini umumlashtirib, quyidagi emperik o'xshashlik tenglamalari olingan:

yotiq quvur uchun: $10^3 \leq Gr \cdot Pr < 10^8$

$$Nu = 0,5(Gr \cdot Pr)^{0,25} \left(\frac{Pr_{\text{сж}}}{Pr_{\text{дег}}} \right)^{0,25} \quad (12.19)$$

tik yuzalar uchun:

a) laminar rejimda:

$$Nu = 0,75(Gr \cdot Pr)^{0,25} \left(\frac{Pr_{\text{сж}}}{Pr_{\text{дег}}} \right)^{0,25} \quad (12.20)$$

b) turbulent rejimda: $Gr \cdot Pr > 10^9$

$$Nu = 0,15(Gr \cdot Pr)^{0,33} \left(\frac{Pr_{\text{сж}}}{Pr_{\text{дег}}} \right)^{0,25} \quad (12.21)$$

Bu tengliklar suyuqlik uchun $Pr \geq 0,7$ bo'lganda, barcha fizikaviy konstantlar suyuqlikning o'rtacha temperaturasida olinganda, aniqlovchi o'lcham yotiq quvur uchun diametr va tik yuza uchun balandlik bo'lganda o'rinli bo'ladi.

Majburiy harakatlanishda issiqlik berilishi jadalligi, asosan muhitning harakatlanish tezligiga bog'liq bo'lib, soni kattalashganda suyuqlik bilan devor orasida issiqlik almashinuvi kuchayadi.

To'g'ri quvurlarda suyuqlikning majburiy laminar harakatlanishida issiqlik almashinuvini hisoblash uchun M.A.Mixeev formulasi qo'llaniladi.

$$Nu = 0,15 Re^{0,33} Pr^{0,43} (Gr \cdot Pr)^{0,1} \left(\frac{Pr_{\text{сж}}}{Pr_{\text{дег}}} \right)^{0,25} \quad (12.22)$$

Bu formula $\frac{l}{d} > 50$ bo'lganda issiqlik berish koeffitsientining o'rtacha qiymatini topishga imkon beradi. U har qanday suyuqlik uchun o'rinli bo'lib, erkin konvektsiya va issiqlik oqimi yo'nalishi ta'sirini ham to'liq hisobga oladi. Havo va ikki atomli gazlar uchun Prandtl soni amalda temperaturaga bog'liq bo'lmaydi, shuning uchun $\frac{Pr_{\text{сж}}}{Pr_{\text{дег}}} = 1$ bo'ladi.

Turbulent oqish rejimida $Re > 10^4$ va $\frac{l}{d} > 50$ bo'lganda, quvurlardagi issiqlik berilishini hisoblash uchun M.A.Mixeev tomonidan taklif etilgan quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$Nu = 0,0215 Re^{0,8} Pr^{0,43} \left(\frac{Pr_{cylok}}{Pr_{deg}} \right)^{0,25} \quad (12.23)$$

Havo uchun bu formula ($Pr = 0.7$ bo'lganda) soddalashadi.

$$Nu = 0,018 Re^{0,8} \quad (12.24)$$

SINOV SAVOLLARI:

1. Issiqlik berish.
2. Issiqlik berish koeffitsienti.
3. Issiqlik berish jarayoniga ta'sir etuvchi asosiy omillar.
4. $\hat{U}$ xshashlik sonlari.
5. $\hat{U}$ xshashlik tenglamalari.
6. $\hat{U}$ xshashlik nazariyasi.
7. Konvektiv issiqlik almashinuvi differentsial tenglamasi.
8. Issiqlik berish koeffitsientini aniqlash.
9. Erkin $\hat{u}$ arakatlanishda issiqlik berilishi.
10. Majburiy $\hat{u}$ arakatlanishda issiqlik berilishi.

TAYANCH IBORALAR

Konvektiv issiqlik almashinuvi, issiqlik berish koeffitsienti, erkin $\hat{u}$ arakatlanish, laminar oqim, turbulent oqim, Reynol'ds soni, temperatura $\hat{u}$ tkazuvchanlik koeffitsienti, dinamik qovushoqlik koeffitsienti, chegara qatlam, $\hat{u}$ xshashlik nazariyasi, Nussel't soni, Gragsof soni, Prandtl soni, $\hat{u}$ xshashlik tenglamasi.

13 - MA`RUZA. NURIY ISSIQLIK ALMASHINUVI

REJA:

13.1 Asosiy tushunchalar.

13.2 Issiqlik nurlanishning asosiy qonunlari. Kirxgof qonuni.

13.3 Jismlar orasida nuriy issiqlik almashinuvi.

13.4 Biri ikkinchisini ichida joylashgan jismlar orasida nuriy issiqlik almashinuvi.

13.5 Jismlar orasida ekran bo`lganda nuriy issiqlik almashinuvi.

13.6 Gaz va bug`larning nurlanishi.

ADABIYOTLAR

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 402-423 b.
2. Larikov N.N. Teplotexnika. M., 1986 y. 262-273 b.
3. Asraev R.A., efendiev A.M., Safarov R.T. Issiqlik texnikasi. Buxoro 2001 y. 141-153 b.

13.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR

Barcha jismlar absolyut noldan yuqori temperaturada o`zidan fazoga to`xtovsiz ravishda turli uzunlikdagi elektromagnitaviy to`lqinlar tarqatib turadi. Nur chiqarayotgan jismdan tarqaladigan elektr va magnitaviy maydonlarning tebranishlari elektr magnitaviy to`lqinlar deyiladi.

Moddaning atom va molekulalari elektr magnitaviy to`lqinlarning manbai bo`ladi. elektr magnitaviy nurlanishning bir necha turlari mavjud, ulardan har biri to`lqin uzunligiga qarab jismga turlicha fizikaviy ta`sir ko`rsatadi.

Jismlar turli to`lqin uzunligidagi Rentgen, infraqizil, ultrabinafsha, j, issiqlik, yorug`lik kabi nurlarni barcha yo`nalishlarda va to`g`ri chiziq bo`ylab atrof-muhitga yorug`lik tezligida tarqatadi. Issiqlik texnikasida qo`llaniladigan temperaturalarda issiqlik nurlanishi to`lqin uzunligi  $\lambda = 0,4-800$  mkm ( $1 \text{ mkm} = 10 \text{ mm}$ ) gacha bo`lib, to`lqin uzunligi  $0,8-800$  mkm bo`lgan infraqizil va to`lqin uzunligi  $\lambda = 0,4-0,8$  mkm bo`lgan yorug`lik nurlarini o`z ichiga oladi.

Bir-biriga nisbatan qanday joylashganligidan qat`iy nazar, bir xil yoki har-xil temperaturali jismlar orasida uzluksiz nuriy issiqlik almashinuvi sodir bo`lib turadi.

Turli jismlarning nur chiqarishi jismning tabiatiga, uning temperaturasi va sirtining holatiga bog'liq bo'ladi. Nur chiqarayotgan jismning faqat temperaturasi va optik xossalari bilan aniqlanadigan nurlanish issiqlik nurlanishi deyiladi.

Jismga yutilgan issiqlik nurlari atom va molekullarning tartibsiz issiqlik harakat energiyasiga aylanadi va jismning temperaturasi oshiradi.

Nur chiqarayotgan jismlarning temperaturasi ko'tarilishi bilan nurlanish jadalligi ortadi.

Agar past temperaturalarda (taxminan 1000 °S gacha) konvektsiya va issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan issiqlik almashinuvi asosiy bo'lsa, yuqoriroq temperaturalarda issiqlik almashinuvining asosiy turi nuriy issiqlik almashinuvi bo'ladi.

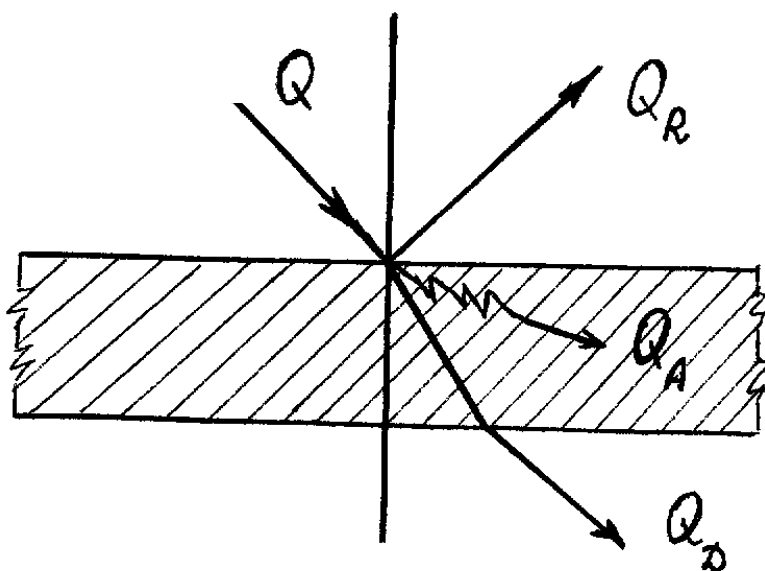
Jismning birlik sirtidan vaqt birligi ichida barcha to'lqin uzunlikdagi chiqarilgan nuriy energiya miqdori, nurlanish oqimining yuza zichligi yoki nurlanish xususiyati deyiladi va Bt/m^2 bilan belgilanadi:

$$E = \frac{Q}{F \cdot \tau} \quad (13.1)$$

bu erda: Q - nuriy energiya miqdori, J ;

τ - nurlanish vaqti, sek.;

F - nurlanayotgan sirt yuzasi, m^2 .



13.1-rasm.

Jism sirtiga tushgan barcha nuriy energiya miqdori Q ning bir qismi Q_A jismga yutiladi, bir qismi Q_R undan qaytariladi, qolgan qismi Q_D esa jism orqali o'tib ketadi, (13.1-rasm), ya'ni:

$$Q = Q_A + Q_R + Q_D$$

Jismga tushayotgan issiqlik oqimining taqsimlanishi.

Bu tenglikning ikkala qismini Q ga bo'lsak va

$$\frac{Q_A}{Q} = A, \frac{Q_R}{Q} = R, \frac{Q_D}{Q} = D$$

belgilash kiritsak, quyidagi tenglik hosil bo'ladi:

$$AQRQD=1 \quad (13.2)$$

A - jismning yutish xususiyati yoki koeffitsienti;

R - jismning qaytarish xususiyati yoki koeffitsienti;

D - jismning o'tkazish xususiyati yoki o'tkazish koeffitsienti.

(13.2) - tenglik nurlanish energiyasi issiqlik balansining tenglamasi deyiladi.

Agar $A=1$ bo'lsa, u holda jism o'ziga tushadigan nuriy energiyani qaytarmay va o'tkazib yubormay hammasini yutadi. Bunday jism absolyut qora jism deyiladi.

Agar $D=1$ bo'lsa, jism o'ziga tushgan barcha nuriy energiyani qaytaradi. Bunday jism absolyut oq jism deyiladi. Bunda agar nuriy energiyani sirtga tushish burchagi kaytish burchagiga teng bo'lsa, jismning sirti kuzgu sirt deyiladi.

Agar $D=1$ bo'lsa, u holda jism o'ziga tushayotgan nurlarning hammasini o'tkazib yuboradi va absolyut tiniq jism deyiladi.

Tabiatda absolyut oq, absolyut qora va absolyut tiniq jismlar bo'lmaydi. Real jismlar oz yoki ko'p darajada qora, oq va tiniq bo'ladi. Masalan, sirtga sayqal berilgan metallar uchun $R=0,97$; neft' qurumi, qor va muz uchun $A=0,95 : 0,96$; ikki atomli gazlar O_2, N_2, H_2 uchun $D \approx 1$

Havo ham amalda tiniq hisoblanadi, ammo havo tarkibida suv bug'i va karbonat angidrid gazi miqdori oshishi bilan uning tiniqligi kamayadi.

Kvarts issiqlik nurlarini o'tkazmaydi, ammo yorug'lik va ul'trabinafsha nurlarini o'tkazadi. Deraza oynasi yorug'lik nurlarini o'tkazib, ul'trabinafsha va issiqlik nurlarini deyarli o'tkazmaydi. Issiqlik nurlarini qattiq va suyuq jismlar deyarli o'tkazmaydi, nuriy energiyaning yutilishi esa jismning yuza qismida tugallanadi (0.01 mm). Bu jismlarda nur tarqatish ham yuza qismida sodir bo'ladi.

Spektral yutish xususiyati har qanday temperaturada tushayotgan nurlanishning to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lmagan jismlar kul rang jismlar deyiladi. Barcha real jismlar uchun A, R va D koeffitsientlar doimo birdan kichik bo'ladi. Metallarda yutish koeffitsienti temperatura ortishi bilan ortadi, metallmaslarda esa kamayadi.

SHuni ta'kidlash kerakki issiqlik nurlarini yutish va qaytarish jismning rangiga bog'liq bo'lmasdan, jism yuzasining holatiga bog'liq bo'ladi. Oq yuza (gazlama, bo'yoq) faqat yorug'lik nurini yaxshi qaytarib, issiqlik nurini esa boshqa jismlar kabi yutadi.

13.2 ISSIQLIK NURLANISHNING ASOSIY QONUNLARI.

KIRXGOF QONUNI

Jismning nurlanish (nur chiqarish) xususiyatining yutish xususiyatiga nisbati jismning tabiatiga bog'liq emas, balki barcha jismlar uchun bir xil bo'lgan temperatura funktsiyasidir: u absolyut qora jismning shu temperaturadagi nurlanish xususiyatiga teng.

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = \frac{E_0}{A_0} = E_0(T) \quad (13.3)$$

Bu erda $E_0(T)$ absolyut qora jismning nurlanish xususiyati. Agar kul rang jism nurlanish yuza zichligi E ni bir xil temperaturada absolyut qora jism nurlanish yuza zichligi E_0 ga nisbatini kul rang jismning qoralik darajasi deb- ε bilan belgilasak, Kirxgof qonuni quyidagi tenglik bilan ifodalanadi:

$$\frac{E}{E_0} = A = \varepsilon \quad (13.4)$$

Qora jismlar uchun $\varepsilon = 1$ va kul rang jismlar uchun $0 < \varepsilon < 1$ bo'ladi.

PLANK QONUNI

Qora jism nurlanishi jadalligini to'liq uzunligi va temperaturaga bog'liqligi kvant nazariyasi asosida yaratilgan Plank qonuniga ko'ra quyidagicha ifodalanadi:

$$I_{0\lambda} = C_1 \frac{\lambda^{-5}}{l^{C_2/\lambda I_1}} \quad (13.5)$$

Bu erda: $I_{0\lambda}$ - nurlanish jadalligi, Wt/m^3 ;

S_1 - o'zgarmas kattalik, $3,7 \cdot 10^{-16} \text{ Bm} \cdot \text{M}^2$;

S_2 - o'zgarmas kattalik, $0,0144 \text{ M} \cdot \kappa$

To'liq uzunligi λ ning λ_0 gacha ortishi bilan nurlanish eng yuqori qiymatgacha ortib boradi va so'ngra λ ortishi bilan kamayib boradi va $\lambda = \infty$. bo'lganda nolga teng bo'ladi.

Temperaturaning ortishi bilan spektral' nurlanish har qanday to'liq uzunligida ham ortadi.

STEFAN - BOL'TSMAN QONUNI

Absolyut qora jism nurlanishidagi to'liq energiya miqdori:

$$E_0 = \int_0^{\infty} I_{0\lambda} d\lambda = \int_0^{\infty} \frac{C_1 d\lambda}{\lambda^5 (l^{C_2/\lambda I_1} - 1)} \quad \text{yoki}$$

$$E_0 = \frac{6,494 C_1}{C_2^4} - T^4 = G_0 T^4 \quad (13.6)$$

bu erda: $G_0 = 5,77 \cdot 10^{-8} \text{ Bm}/(\text{M}^2 \cdot \text{K}^4)$ - Stefan doimiysi absolyut qora jismning nurlanish xususiyati uning absolyut temperaturasining to'rtinchi darajasiga to'g'ri proporsional bo'ladi. Amalda (13.6) tenglama quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (13.7)$$

bu erda: $S_0 = 5,77 \text{ Bm}/(\text{M}^2 \cdot \text{K}^4)$ - absolyut qora jismning nurlanish ko-effitsienti.

Stefan- Bol'tsman qonunini kul rang jismlarga tadbiq etish mumkin. Qora jismlarda bo'lgani singari, kul rang jismlarda ham nurlanish xususiyati absolyut temperaturaning to'rtinchi darajasiga to'g'ri proporsional bo'ladi:

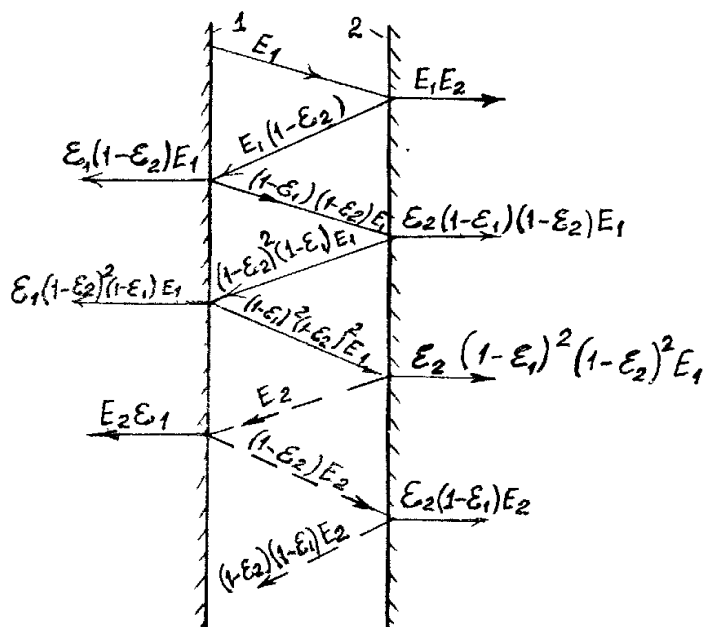
$$E = C \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (13.8)$$

bu erda: S - kul rang jismning nurlanishi ko-effitsienti.

13.3 JISMLAR ORASIDA NURIY ISSIQLIK ALMASHINUVI

Nuriy issiqlik almashinuvi nihoyatda murakkabligi bilan ajralib turadi va juda ko'p omillarga bog'liq. eng oddiy hollardan biri, bir biriga parallel joylashgan va tiniq muhit bilan ajraladigan kul rang plastinalar orasidagi nuriy issiqlik almashinuvini ko'rib chiqamiz. Plastinalarning o'lchami ular orasidagi masofadan ancha katta bo'lib, biridan chiqqan nur ikkinchisiga to'liq tushadi.

Plastinalarning temperaturasi, nurlanish oqimining yuza zichligi va qoralik darajasi mos ravishda T_1, E_1, ε_1 va T_2, E_2, ε_2 $T_1 > T_2$ deb faraz qilamiz. (13.2-rasm).



13.2-pacm.

Birinchi plastinadan chiqqan nur toʻliq ikkinchi plastinaga tushadi, uning bir qismi yutilib, qolgan $(1 - \varepsilon_2) E_1$ qismi esa birinchi plastinaga qaytariladi va bunda $(1 - \varepsilon_2) E_1$ qismi yutilib, $(1 - \varepsilon_1)(1 - \varepsilon_2)$ qismi esa yana qaytariladi va shu kabi cheksiz takrorlanadi.

U holda yozishimiz mumkin:

$$Q_{1-2} = E_1 F \varepsilon_2 - E_2 F \varepsilon_1$$

Stefan-Bol'tsman qonuniga koʻra yuza 1 dan yuza 2 ga uzatilgan nuriy issiqlikning toʻliq miqdori ushbu formuladan topiladi:

$$Q_{1-2} = \varepsilon_1 \varepsilon_2 C_0 F \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = C_{1-2} \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 F \quad (13.9)$$

bu erda: S - issiqlik almashinuvida ishtirok etayotgan jismlar sistemasining keltirilgan nurlanish koeffitsienti.

$$C_{1-2} = \frac{1}{\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0} \right)} \quad (13.10)$$

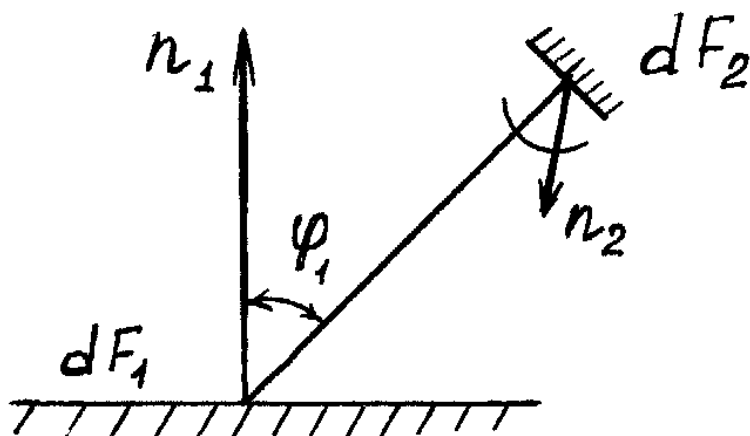
yoki

$$\varepsilon_{1-2} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} \quad (13.11)$$

bu erda: C_{1-2} jismlar sistemasining keltirilgan qoralik darajasi.

Ikkita ixtiyoriy joylashgan jismlar orasidagi nuriy issiqlik almashinuvi analitik ifodasini keltirib chiqarish qiyin va quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin:

$$Q_{1-2} = C_{1-2} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \int_{F_1} dF_1 \int_{F_2} \frac{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{\pi r^2} \cdot dF \quad (13.12)$$



13.3-расм.

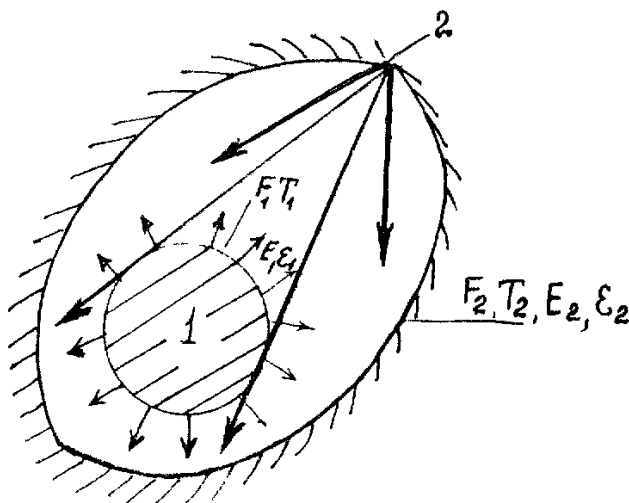
bu erda:

$$\int_{F_1} dF_1 \int_{F_2} \frac{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{\pi r^2} \cdot dF - \text{nurlanishning burchak koeffitsienti.}$$

U geometrik tavsifnoma bo`lib, nurlanayotgan jismlarning shakli, o`lchami va o`zaro joylashishiga bog`liq. Burchak koeffitsientini hisoblash oddiy holatlar uchun ham qiyin bo`lgani uchun, uni grafik usulda aniqlanadi. Texnik masalalarni echishda odatda burchak koeffitsienti qiymati jadvallardan olinadi.

13.4 BIRI IKKINCHISINI ICHIDA JOYLASHGAN JISMLAR ORASIDA NURIY ISSIQLIK ALMASHINUVI

Texnikada ko`p hollarda bir jism (I) ikkinchi jism (II) ichida joylashgan holatdagi masalalarni echishga to`g`ri keladi (13.4 - rasmi).



13.4-расм.

Ichki jism sirti qavariq (chuqurcha hosil qilmagan): tashqi jism ichki sirti botiq. F_1 va F_2 -jismlar sirti yuzasi, $F_1 < F_2$, E_1 va E_2 nurlanish yuza zichligi, T_1 va T_2 jismlar temperaturasi ($T_1 > T_2$), E_1 va E_2 -jismlar qoralik darajasi. Birinchi va ikkinchi jismlardan chiqayotgan umumiy energiya miqdori Q_1 va Q_2 . U holda issiqlik almashinuvi natijasida berilgan issiqlik miqdori quyidagi tenglik bilan aniqlanadi:

$$Q_{1-2} = Q_1 - \varphi Q_2 \quad (a)$$

bu erda: Q_1 - ichki (birinchi) jismga tushayotgan energiya ulushi nuriy energiya qolgan $(1 - \varphi) Q_2$ qismi birinchi jismni chetlab, o'zining sirtiga tushadi.

Ichki jismning samarali nurlanishi o'zining nurlanishi $E_1 F_1$ shuningdek unga ikkinchi jismdan tushayotgan va birinchi jism qaytarayotgan qismidan iborat, ya'ni:

$$Q_1 = E_1 F_1 + (1 - \varepsilon_1) \varphi Q_2 \quad (b)$$

Ikkinchi jismning samarali nurlanishi o'zining nurlanishi, $E_2 F_2$ unga tushayotgan energiya Q_1 ning qaytarayotgan qismi $(1 - \varphi) Q_2$ dan iborat, ya'ni:

$$Q_2 = E_2 F_2 + (1 - \varepsilon_2) Q_1 + (1 - \varepsilon_2)(1 - \varphi) Q_2 \quad (v)$$

(b) va (v) tengliklarni birgalikda echib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$Q_1 = \frac{E_1 F_1 [\varepsilon_2 + (1 - \varepsilon_2) \varphi] + \varphi (1 - \varepsilon_1) E_2 F_2}{\varepsilon_2 + \varphi \varepsilon_1 (1 - \varepsilon_2)} \quad (g)$$

va

$$Q_2 = \frac{E_2 F_2 + (1 - \varepsilon_2) E_1 F_1}{\varepsilon_2 + \varphi \varepsilon_1 (1 - \varepsilon_2)} \quad (d)$$

Q_1 va Q_2 qiymatlarini (g) tengliklardan (a) tenglikka qo'yamiz:

$$Q_{1-2} = \frac{1}{\varepsilon_2 + \varphi \varepsilon_1 (1 - \varepsilon_2)} (\varepsilon_2 E_1 F_1 - \varphi \varepsilon_1 E_2 F_2)$$

Stefan-Bol'tsman qonuniga ko'ra E_1 va E_2 larni almashtirib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$Q_{1-2} = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2 C_0}{\varepsilon_2 + \varphi \varepsilon_1 (1 - \varepsilon_2)} \left[F_1 \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \varphi F_2 \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

yoki

$$Q_{1-2} = \frac{C_0}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \varphi \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} \left[F_1 \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \varphi F_2 \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (e)$$

Koeffitsient φ jismlar temperaturasiga bog'liq bo'lmasdan, faqat ularning o'lchamlari va o'zaro joylashishiga ko'ra aniqlanadi. U holda $T_1 = T_2$ deb qabul kilsak (e) tenglikdan φ ni aniqlaymiz.

T_1 va T_2 bir xil bo'lganda $Q_{1-2} = 0$ yoki Q_{1-2} ni topish ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$Q_{1-2} = C_{1-2} \cdot [F_1 \left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \varphi F_2 \left(\frac{T_2}{100}\right)^4] \quad (13.13)$$

bu erda: S_{1-2} - keltirilgan nurlanish koefitsienti, quyidagiga teng:

$$C_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}\right)} \quad (13.14)$$

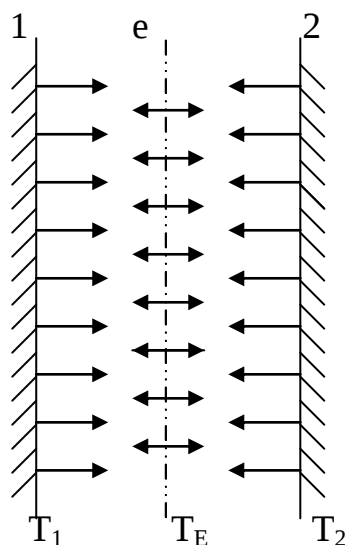
13.5 JISMLAR ORASIDA eKRAN BO`LGANDA NURIY ALMASHINUVI

ISSIQLIK

Texnikaning turli sohalarida nuriy oqim bilan issiqlik uzatilishini kamaytirish talab qilinadi. Masalan, ba`zi tsexlarda yuqori temperaturali sirtlardan chiqayotgan nurlardan ishchilarini ximoya qilish zarur bo`ladi. Bunday hollarda ekran o`rnatilishi mumkin. Odatda ekran yuqori qaytarish xususiyatiga ( $A \rightarrow O : R \rightarrow 1$ ) ega bo`lgan yupqa metallardan tayyorlanishi mumkin (13.5-rasm).

Ekran qo`yilishi samaradorligini aniqlash uchun, ikkita yassi parallel devor sirti orasiga ekran qo`yilgan holatdagi nuriy issiqlik almashinuvini ko`rib chiqamiz. ekran va devor sirlari bir xil, devor temperaturali  $T_1$  va  $T_2$  devorlar va ekranning nurlanish koefitsienti o`zaro teng deb faraz qilamiz.

U holda ekransiz sirtlar, birinchi sirt va ekran, ekran va ikkinchi sirt orasidagi keltirilgan nurlanish koefitsienti o`zaro teng bo`ladi.



13.5-pacm.

Ekran bo`lmaganda bir sirtidan ikkinchi sirtga uzatilayotgan nurlanish oqimining yuza zichligi quyidagiga teng:

$$q_0 = C_{1-2} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

Birinchi sirtidan ekranga uzatilayotgan nurlanish oqimining yuza zichligi quyidagiga teng:

$$q_1 = C_{1-3} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_3}{100} \right)^4 \right]$$

Ekrandan ikkinchi sirtga esa:

$$C_{3-2} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = C_{3-2} \cdot \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] =$$

barqaror muvozanat holatda $q_1 = q_2$, va

$$q_2 = C_{3-2} \cdot \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

bundan:

$$\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 = \frac{\left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 + \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{2}$$

Hosil bo`lgan ekran temperaturasini istalgan tenglikka qo`yib, quyidagiga ega bo`lamiz:

$$q_{1-2} = C_{1-2} \cdot \frac{\left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{2}$$

(a) va (e) tengliklarni taqqoslasak, qabul qilingan shartlarda bitta ekran o`rnatilishi nuriy issiqlik berishni ikki marta kamaytiradi:

$$q_{1-2} = \frac{q_0}{2}$$

SHuningdek ikkita ekran o`rnatilishi nuriy issiqlik berishni uch marta va n ta ekran o`rnatilishi ($nQ1$) marta kamaytiradi. ekran o`rnatish samaradorligi qoralik darajasi kichik materialdan ekran ishlatilganda juda katta bo`ladi. Masalan, yassi parallel qoralik darajasi $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon = 0.8$ bo`lgan (oksidlangan temir) sistemada qoralik darajasi  $\varepsilon_3 = 0.05$  (sayqallangan alyuminiy) bo`lgan bitta ekran o`rnatilgan bo`lsa:

$$q_{(1,2)g} = \frac{\frac{2}{\varepsilon} - 1}{2(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon_g})} q_{1,2} = \frac{\frac{2}{0,8} - 1}{2(\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,05})} q_{1,2} = 0,037 q_{1,2}$$

nuriy issiqlik oqimi zichligi 27 barobar kamayadi.

13.6 GAZ VA BUG'LARNING NURLANISHI

Turli gazlarning nurlanish (nur chiqarish) va nur yutish xususiyatlari turlicha bo'ladi. Masalan, bir va ikki atomli gazlar (vodorod, kislorod, azot, geliy va boshqalar) issiqlik nurlarini amalda o'tkazadi. Uch va ko'p atomli gazlar (karbonat angidrid, suv bug'i, ammiak va boshqalar) ning nurlanish va nur yutish xususiyatlari ancha kuchli bo'lib, bundan amalda keng foydalaniladi. YOqilg'i yonishidan hosil bo'ladigan uch atomli gazlarning yuqori temperaturalarda nurlanishi issiqlik almashinuvi qurilmalarini ishlatishda muhim ahamiyatiga ega.

Agar qattiq jismlar nur energiyasini faqat sirtiga yutsa va sirtidan nurlantirsa, gazlar butun hajmiga va to'liq uzunligining muayyan intervalidagi nurlarigina yutadi va chiqaradi. SHunday qilib, ularning nurlanish va yutish spektrlari tanlovchi xarakterda bo'ladi. Spektrning ko'pchilik qismida gazlar issiqlik nurlarini o'tkazadi.

SINOV SAVOLLARI:

1. Nuriy issiqlik almashinuvi.
2. Kirrxgof qonuni.
3. Stefan – Bol'tsman qonuni.
4. Jismlar orasidagi nuriy issiqlik almashinuvi.
5. Gaz va bu'larning nurlanishi.
6. Nurlanish.
7. Plank qonuni.
8. Biri ikkinchisini ichida joylashgan jismlar orasida issiqlik almashinuvi.
9. Jismlar orasida ekran b'lganda nuriy issiqlik almashinuvi.
10. Nurlanishning burchak ko'effitsienti.

TAYANCH IBORALAR

Nuriy issiqlik almashinuvi, elektr magnitaviy tûlkinlar, issiqlik nurlanishi, absolyut qora jism, absolyut oq jism, absolyut tiniq jism, kul rang jism, Kirxgof qonuni, Plank qonuni, Stefan – Bol'tsman qonuni, qoralik darajasi, nurlanish koeffitsienti.

14 - MA`RUZA. ISSIQLIK UZATISH

REJA:

14.1 Asosiy tushunchalar.

14.2 YAssi devor orqali issiqlik uzatish.

14.3 TSilindrik devor orqali issiqlik uzatish.

14.4 Issiqlik izolyatsiyasining kritik diametri.

14.5 Issiqlik uzatishni jadallashtirish.

ADABIYOTLAR

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 326-338 b.
2. Larikov N.N. Teplotexnika. M.,1986 y. 274-285 b.
3. Asraev R.A., efendiev A.M., Safarov R.T. Issiqlik texnikasi. Buxoro 2001 y. 154-167 b.

14.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR

Issiqlikning issiq muhitdan (gaz yoki suyuqlik) soviq muhitga ular orasidagi ajratuvchi qattiq devor orqali berilishi issiqlik uzatish deyiladi.

Oldingi boblarda ko`rib chiqilgan issiqlikning issiqlik o`tkazuvchanlik, konvektsiya va nuriy berilishi sanoatda qo`llaniladigan issiqlik almashinuv qurilmalarida devor orqali issiqlik uzatish jarayonining bir qismi hisoblanadi.

Issiqlik uzatishga quyidagilarni misol keltirish mumkin: bug` qozonida tutun gazlaridan suvga issiqlik, qaynatuvchi quvur devori orqali uzatiladi yoki qizitadigan asbob devori orqali issiq suvdan yoki bug`dan xona havosiga issiqlik uzatiladi.

Bu qurilmalarda issiqlik tashuvchilar o`rtasidagi issiqlik almashinuvi protsessi asosiy ish protsessi hisoblanib, devor issiqlik o`tkazgich bo`lib xizmat qiladi va issiqlik o`tkazuvchanlik koefitsienti yuqori bo`lgan materialdan tayyorlanadi.

Issiqlik yo`qotilishini kamaytirish talab qilinganda devor yaxshi izolyatsiya xususiyatiga ega bo`lgan, ya`ni issiqlik o`tkazuvchanlik koefitsienti kam bo`lgan materialdan tayyorlanadi.

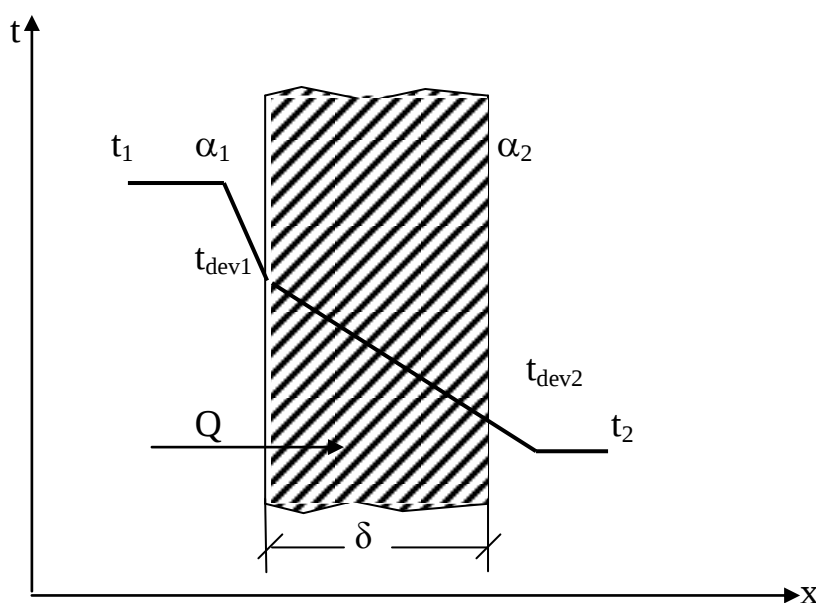
Issiqlik o`tkazishni hisoblashda birlik vaqt ichida ajratuvchi devor orqali issiqlik tashuvchilar orasidagi uzatilgan issiqlik miqdori aniqlanadi. YOki berilgan issiqlik miqdorini issiq muhitdan soviq muhitga uzatish uchun talab qilinadigan sirt yuzasi aniqlanishi mumkin.

Bundan tashqari devorlarni konstruksiyalashda har bir qatlam sirtidagi temperaturalar ham hisoblanadi.

Devorlar har-xil, ya`ni yassi, tsilindrik, sharsimon, qovurg`asimon va boshqa shakllarda bo`lishi mumkin.

14.2 YASSI DEVOR ORQALI ISSIQLIK UZATISH

Temperaturasi t_1 bo`lgan issiq muhitdan temperaturasi  $t_2$  bo`lgan soviq muhitga qalinligi δ , issiqlik o`tkazuvchanlik koeffitsienti  $\lambda$  bo`lgan bir qatlamli yassi devor orqali issiqlik uzatish jarayonini ko`rib chiqamiz.



14.1-pacm.

Qalinligi δ , issiqlik o`tkazuvchanlik koeffitsienti  $\lambda$  bo`lgan bir qatlamli yassi devor orqali temperaturasi t_1 bo`lgan issiq muhitdan temperaturasi  $t_2$  bo`lgan soviq muhitga issiqlik uzatish jarayonini ko`rib chiqamiz. Bunda isituvchi muhitdan isitilayotgan muhitga devor orqali o`tdigan issiqlik oqimi Q va devor sirtlarining temperaturalarini t_{dev1} va t_{dev2} ni aniqlash talab etiladi.

Issiqlik uzatish murakkab jarayon bo`lib, bunda issiqlik barcha usullarda ya`ni, issiqlik o`tkazuvchanlik, konveksiya va nurlanish usulida uzatiladi. Bu issiqlik uzatish jarayoni uch qismdan iborat bo`ladi. Birinchi qism - issiqlikni konveksiya usulida issiq muhitdan devorga berilishi. Konveksiya bir vaqtning o`zida issiqlik o`tkazuvchanlik va nurlanish bilan birga kuzatiladi. Ikkinchi qism - devor orqali issiqlik o`tkazuvchanlik. Uchinchi qism - issiqlikni konveksiya usulida ikkinchi sirtidan soviq muhitga berilishi.

Bu jarayonda ham konvektsiya, issiqlik o'tkazuvchanlik va nurlanish bilan birga kuzatiladi.

Issiqlik muhitdan devorga konvektiv issiqlik almashinishi usulida beriladigan issiqlik miqdori N'yuton-Rixman qonuniga ko'ra quyidagi tenglikdan topiladi:

$$Q = \alpha_1 F (t_1 - t_{\text{dev1}}) \quad (14.1)$$

bu erda: α_1 - issiqlik muhitdan devor sirtiga issiqlik berish koeffitsienti;

F - yassi sirt yuzasi;

Issiqlik o'tkazuvchanlik usulida yassi devor orqali o'tadigan issiqlik oqimi quyidagi tenglikdan topiladi:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F (t_{\text{dev1}} - t_{\text{dev2}}) \quad (14.2)$$

Devorning ikkinchi sirtidan soviq muhitga issiqlikning konvektiv usulda berilishi N'yuton -Rixman formulasiga ko'ra topiladi:

$$Q = \alpha_2 F (t_{\text{dev2}} - t_2) \quad (14.3)$$

bu erda α_2 - devorning ikkinchi sirtidan soviq muhitga issiqlik berish koeffitsienti.

Barqaror rejimda (14.1), (14.2) va (14,3) tengliklaridagi issiqlik oqimi Q bir xil bo'ladi. Bu uch tenglikni temperaturalar farqiga ko'ra echib quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\left. \begin{aligned} t_1 - t_{\text{dev1}} &= \frac{Q}{\alpha_1 F} \\ t_{\text{dev1}} - t_{\text{dev2}} &= \frac{\delta Q}{\lambda F} \\ t_{\text{dev2}} - t_2 &= \frac{Q}{\alpha_2 F} \end{aligned} \right\}$$

Bu tengliklarni bir-biriga qo'shib, to'liq temperatura bosimini olamiz:

$$t_1 - t_2 = \frac{Q}{F} \left[\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right] \quad (14.4)$$

bundan issiqlik oqimining kattaligini topamiz:

$$Q = \frac{F(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (14.5)$$

yoki issiqlik oqimining zichligi:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

(14.5) tenglikdagi $\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$ kattalik K harfi bilan belgilanib, $\text{Vt}/(\text{m}^2\text{k})$ da

o'lchanadi va issiqlik uzatish koeffitsienti deyiladi.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (14.6)$$

u holda $Q = KF(t_1 - t_2)$ *ёки* $q = K(t_1 - t_2)$ (14.7)

Hosil qilingan (14.7) tenglik issiqlik uzatishning asosiy tenglamasi deyiladi.

Issiqlik uzatish koeffitsienti son jihatdan bir birlik devor sirtidan temperaturalari farqi 1° bo'lgan issiq muhitdan soviq muhitga uzatiladigan issiqlik oqimining qiymatiga teng bo'ladi.

Issiqlik uzatish koeffitsientiga teskari kattalik issiqlik uzatilishining termik qarshiligi deyiladi:

$$R = \frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (14.8)$$

bu erda: $\frac{1}{\alpha_1}$ *ёа* $\frac{1}{\alpha_2}$ - tashqi termik qarshilik;

$\frac{\delta}{\lambda}$ - devorning ichki termik qarshiligi.

Ko'p qatlamli yassi devor orqali issiqlik uzatilganda har bir qatlamning termik qarshiligi qo'shib hisoblanadi:

$$R = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}$$

u holda ko'p qatlamli yassi devor uchun issiqlik uzatish koeffitsienti quyidagi tenglikdan topiladi:

$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (14.9)$$

Ko'p qatlamli yassi devor uchun (14.7) tenglikka ko'ra issiqlik uzatish tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = \frac{F(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (14.10)$$

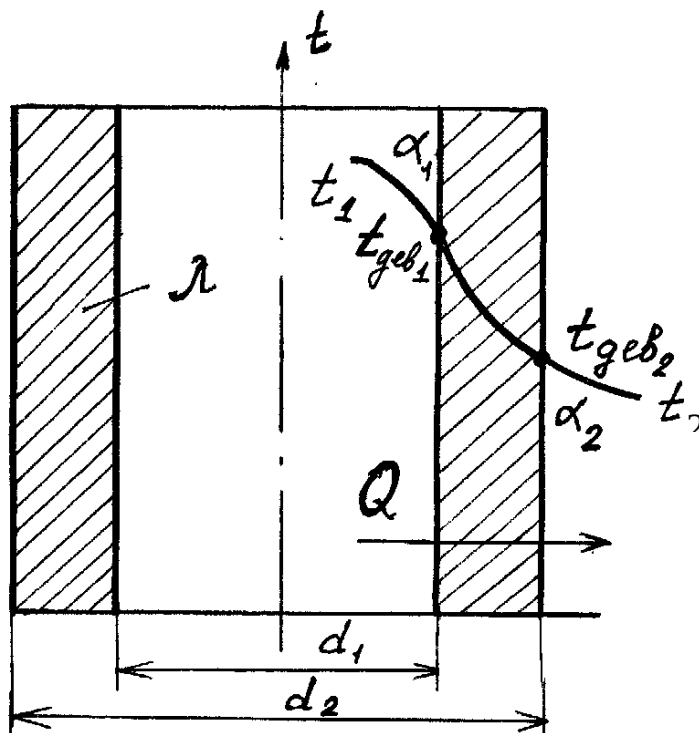
Yassi devor sirtidagi temperaturalar quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} t_{\text{des1}} &= t_1 - \frac{Q}{\alpha_1 F} \\ t_{\text{des2}} &= t_{\text{des1}} - \frac{\delta Q}{\alpha_2 F} \\ t_{\text{des2}} &= t_2 + \frac{Q}{\alpha_2 F} \end{aligned} \right\} \quad (14.11)$$

14.3 TSILINDRIK DEVOR ORQALI ISSIQLIK UZATISH

Issiq muhitdan soviq muhitga tsilindrik devor orqali uzatilayotgan issiqlik miqdori yassi devor uchun topilgan uslubda topiladi.

Aytaylik, diametri uzunligidan juda kichik bo'lgan quvur ichidan issiq suyuqlik yoki gaz o'zgarmas t_1 temperaturada harakat kilsin. quvur atrofidagi soviq muhitning temperaturasi o'zgarmas va t_2 ga teng bo'lsin (14.2-rasm).



14.2-pacm.

Quvur devori bir qatlamli bo'lib, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ , ichki diametri d_1 tashqi diametri d_2 ga teng. Issiq muhitning devorga issiqlik berish koeffitsienti α_1 va devor sirtidan soviq muhitga issiqlik berish koeffitsienti α_2 . Devor sirtlarining noma'lum temperaturalari t_{dev1} va t_{dev2} .

Barqaror rejimda issiq muhitdan devor sirtiga beriladigan, devor orqali o'tadigan va devor sirtidan soviq muhitga beriladigan issiqlik oqimi o'zgarmas va bir-biriga teng bo'ladi. U holda issiqlik oqimi uchun quyidagi uchta tenglikni yozishimiz mumkin:

$$\left. \begin{aligned} Q &= \alpha_1 \pi d_1 l (t_1 - t_{\partial \epsilon \epsilon 1}) \\ Q &= \frac{\pi l}{\left(\frac{1}{2\lambda}\right) \ln \frac{d_2}{d_1}} (t_{\partial \epsilon \epsilon 1} - t_{\partial \epsilon \epsilon 2}) \\ Q &= d_2 \pi l d_2 (t_{\partial \epsilon \epsilon 2} - t_2) \end{aligned} \right\} \quad (14.12)$$

Bu tengliklar sistemasini temperaturalar farqiga ko`ra echib va qo`shib quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$Q = \frac{\pi l (t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} \quad (14.13)$$

bu erda:

$$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} = K_y$$

chiziqli issiqlik uzatish koefitsienti deyiladi va birligi $\left[\frac{Bm}{M \cdot K}\right]$ bo`ladi.

TSilindrik devor orqali uzatilayotgan issiqlik oqimining zichligi:

$$q_y = \frac{Q}{l} = K_y \pi (t_1 - t_2)$$

CHiziqli issiqlik uzatish koefitsientining son qiymati 1 m uzunlikdagi quvurdan temperaturalar farqi 1^0 bo`lgan issiq muhitdan soviq muhitga uzatiladigan issiqlik oqimining qiymatiga teng bo`ladi. SHuning uchun (14.12) tenglikni quyidagicha yozishimiz kerak:

$$Q = K_y \pi l (t_1 - t_2) \quad (14.14)$$

Ko`p qatlamli tsilindrik devor orqali issiqlik uzatilganda , issiqlik oqimi quyidagi tenglikdan topiladi:

$$Q = \frac{\pi l (t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}}} \quad (14.15)$$

Devorning ichki yoki tashqi sirtiga qaratilgan issiqlik oqimining zichligi quyidagi tenglamalar yordamida topiladi:

$$q_{y_1} = \frac{Q}{\pi d_1 l} = \frac{K_y}{d_1} (t_1 - t_2) \quad q_{y_2} = \frac{Q}{\pi d_2 l} = \frac{K_y}{d_2} (t_1 - t_2)$$

CHiziqli issiqlik uzatish koeffitsientiga teskari boʻlgan $1/K_{ts}$ kattalik, tsilindrik devor orqali umumiy chiziqli termik qarshilik deyiladi:

$$R_y = \frac{1}{K_y} = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}} \quad (14.16)$$

bu erda: $\frac{1}{\alpha_1 d_1}$ esa $\frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}}$ tashqi termik qarshilik;

$\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}$ koʻp qatlamli tsilindrik devorning ichki termik qarshiligi;

R_{ts} – ning birligi $\left[\frac{(M \cdot K)}{Bm} \right]$

Ichki sirtning temperaturasi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$t_{des1} = t_1 - \frac{Q}{\alpha_1} \cdot \pi l d_1 \quad (14.17)$$

Tashqi sirtning temperaturasi:

$$t_{des2} = t_2 - \frac{Q}{d_2} \cdot \pi l d_{n+1} \quad (14.18)$$

14.4 ISSIQLIK IZOLYATSIYASINING KRITIK DIAMETRI

Atrof muhitga issiqlik yoʻqotilishini kamaytiradigan, har qanday issiq sirt qoplamasi – issiqlik izolyatsiyasi deyiladi.

Issiqlik izolyatsiyasi sifatida – asbest, poʻkak, slyuda, penobeton, jun, shishali momiq va shunga oʻxshash boshqa issiqlik oʻtkazuvchanlik koeffitsienti past boʻlgan materiallar ishlatiladi.

Aytaylik, tsilindrik devor bir qatlamli izolyatsiya bilan koplangan. Izolyatsiya qalinligi oʻzgarganda α_1 , α_2 , d_1 , d_2 , λ_1 , λ_2 , t_1 va t_2 oʻzgarmas boʻlib, toʻliq termik qarshilik quyidagiga teng:

$$R_y = \frac{1}{K_y} = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 d_3}$$

Izolyatsiyaning tashqi diametri d_3 ortishi bilan izolyatsiya qatlamining qarshiligi $\left(\frac{1}{2\lambda_2} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2} \right)$ ham ortadi, lekin bir vaqtda izolyatsiya tashqi sirtining issiqlik berish

qarshiligi $\frac{1}{\alpha_2 d_3}$ kamayadi.

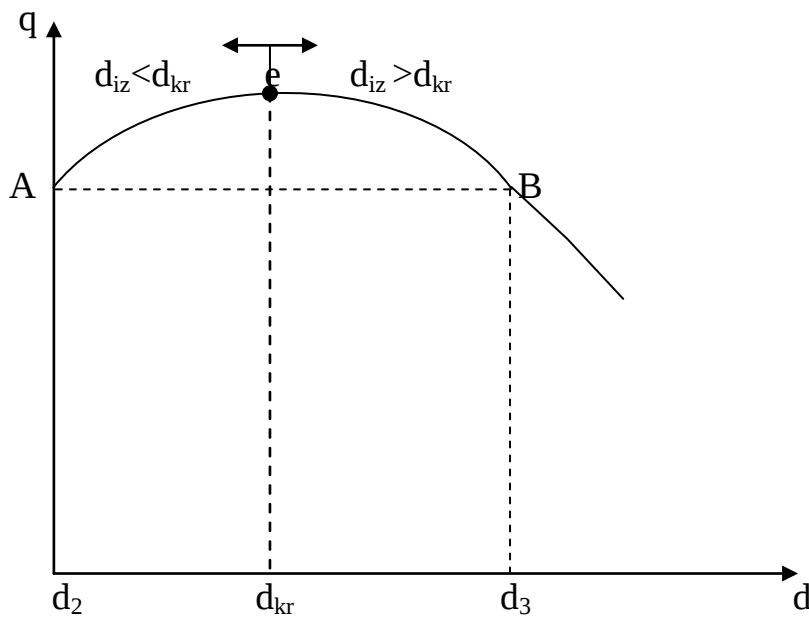
Tenglamaning o'ng tomonidagi birinchi kattalikdan d_3 bo'yicha hosila olib va Q ga tenglashtirib, quyidagiga ega bo'lamiz.

$$\frac{d(K_u)}{d(d_3)} = \frac{1}{2\lambda_2 d_3} - \frac{1}{d_2 d_3^2} = 0 \quad \text{bundan}$$

$$\frac{1}{2\lambda_2 d_3} = \frac{1}{d_2 d_3^2}; \quad d_{kp} = d_{u3} = \frac{2\lambda_2}{\alpha_2} \quad (14.19)$$

Formuladan ko'rinib turibdiki, izolyatsiyaning kritik diametri d_{kr} quvurning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti qanchalik kichik va izolyatsiyaning tashqi sirtidan atrof - muhitga issiqlik berish koeffitsienti α_2 qanchalik katta bo'lsa, shunchalik kichik bo'ladi.

K_{ts} dan olingan ikkinchi hosila Q dan katta bo'ladi. SHuning uchun kritik diametrda issiqlik qarshiligi eng kichik, issiqlik oqimi esa eng katta qiymatga erishadi. (14.3-rasm).



14.3-pacm.

(14.19) tenglamaga ko'ra agar izolyatsiyaning tashqi diametri $d_{iz} = d_{kr}$ bo'lsa atrof - muhitga issiqlik yo'qotilishi maksimal qiymatga erishadi. K (nuqta) va izolyatsilamagandagi qiymatiga teng bo'ladi.

Agar d ortsa, lekin d_{kr} dan kichik bo'lsa issiqlik yo'qotilishi ortadi (AK chiziq).

Agar izolyatsiyaning tashqi diametri ortib borsa $d_{iz} \rightarrow d_{kr}$ issiqlik yo'qotilishi kamayib boradi (KV).

Demak izolyatsiyaning yaxshi natija berishi uchun kritik diametr – izolyatsiyalanmagan quvur diametridan kichik bo'lishi kerak $d_{kr} < d_2$ yoki izolyatsiya materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti quyidagicha bo'lishi kerak:

$$\lambda \leq \frac{\alpha_2 d_2}{2} \quad (14.20)$$

14.5 ISSIQLIK UZATISHNI JADALLASHTIRISH

Issiqlik qurilmalarini amalda ishlatish issiq muhitdan soviq muhitga issiqlik uzatilishini yaxshilash sharoitlarini talab qiladi. Bu sharoit asosan issiqlik uzatish koefitsientiga bog'liq.

Barcha issiqlik uzatish termik qarshiliklari nisbatlarining tahlili issiqlik uzatish jarayonini tadqiqot qilish va issiqlik oqimi qiymatini sezilarli o'zgartirish imkonini beradi.

Issiqlik uzatishni jadallashtirishni ikki usulini ko'rib chiqamiz:

a) issiqlik berish koefitsienti K ni oshirish hisobiga.

Issiqlik uzatishning asosiy tenglamasi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

devorning termik qarshiligi juda kichik deb faraz qilamiz, ya'ni

$$\lim \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0 \quad \text{va}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{\alpha_1}{1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_2}} = \frac{\alpha_2}{1 + \frac{\alpha_2}{\alpha_1}}$$

$$\alpha_1 \ll \alpha_2, \quad \text{ya'ni} \quad \alpha_2 \rightarrow \infty \quad \text{bulganda} \quad K \approx \alpha_2$$

$$\alpha_2 \ll \alpha_1, \quad \text{ya'ni} \quad \alpha_1 \rightarrow \infty \quad \text{bulganda} \quad K \approx \alpha_1$$

hamma vaqt $K < \alpha_{\min}$. Demak, katta qiymatga ega bo'lgan α ni (ya'ni α_1 birinchi holda, α_2 ikkinchi holda) o'zgartirish issiqlik uzatish koefitsientini deyarli o'zgartirmaydi.

Issiqlik berish koefitsientini oshirish uchun, ya'ni issiqlik berishni jadallashtirish uchun kichik kiyatga ega bo'lgan α ni oshirish zarur bo'ladi. Agar $\alpha_1 \approx \alpha_2$ bo'lsa, K qiymatini istalgan α ni hisobiga oshirish mumkin.

Misol ko'rib chiqamiz.

Bug' qozoni o'txonasidagi gazlardan devorga issiqlik berish koefitsienti $\alpha_1=30 \frac{Bm}{M \cdot K}$, devordan qaynayotgan suvga issiqlik berish koefitsienti $\alpha_2=5000 \frac{Bm}{M \cdot K}$, po'lat

devorning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $\lambda=50 \frac{Bm}{M \cdot K}$ qalinligi $\delta=20$ mm. Devor yassi deb faraz qilamiz. U holda:

$$K = \frac{1}{1/30 + 0,02/50 + 1/5000} = 2,95 \frac{Bm}{M^2 \cdot K}$$

Agar issiqlik uzatish koeffitsientini oshirish uchun devordan suvga issiqlik berish sharoiti yaxshilansa (α_2 qiymati oshirilsa) yoki issiqlik o'tkazuvchanligi yaxshirok bo'lgan yupqa devor ishlatilsa K ni sezilarli o'zgartirib bo'lmaydi. Agar o'txona gazlaridan devorga issiqlik berish yaxshilansa (α_1 qiymati oshirilsa) K qiymati ham sezilarli oshadi.

Faraz qilaylik $\alpha_2=10000 \frac{Bm}{M^2 \cdot K}$ ga oshdi, u holda:

$$K = \frac{1}{1/30 + 0,02/50 + 1/10000} = 29,6 \frac{Bm}{M^2 \cdot K}$$

yoki $\alpha_1=60 \frac{Bm}{M^2 \cdot K}$ oshdi, u holda:

$$K = \frac{1}{1/60 + 0,02/50 + 1/5000} = 57,9 \frac{Bm}{M^2 \cdot K}$$

Demak kichkina qiymatga ega bo'lgan α ni oshirish natijasida K ham ancha oshdi va uning qiymati kichik α qiymatidan ham kam bo'ldi.

b) Devorni qavariqsimon qilish hisobiga.

$Q = KF(t_1 - t_2)$ tenglikdan barcha sirtlar uchun termik qarshilikni quyidagicha yozish mumkin:

$$R = \frac{1}{KF} = \frac{1}{\alpha_1 F_{u\check{c}ku}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i F_i} + \frac{1}{\alpha_2 F_{ma\check{u}ku}} \quad (14.21)$$

Belgilash kiritamiz.

$$R_1 = \frac{1}{\alpha_1 F_{u\check{c}ku}} ; \quad R_2 = \frac{1}{\alpha_2 F_{ma\check{u}ku}} \quad (14.22)$$

(14.21) tenglik tahlilidan ko'rinadiki qavariqsimon sirt yuzasini quyidagi qiymatgacha oshirish ma'noga ega:

$$\alpha_1 F_{u\check{c}ku} = \alpha_2 F_{ma\check{u}ku}$$

Qavariqsimon devorlar texnikada issiqlik berishni jadallashtirish maqsadida issiqlik almashinuvi qurilmalarida keng ishlatiladi.

Masalan isitish asboblari (radiator, konvektor) tashqi sirti qavariqsimon qilinadi, chunki sirtdan havoga issiqlik berish koeffitsienti ($\alpha_2=2-60 \frac{Bm}{M^2 \cdot K}$) issiq suvdan devorga issiqlik berish koeffitsientidan ($\alpha_1=2500 - 6000 \frac{Bm}{M^2 \cdot K}$) ancha kichik.

SINOV SAVOLLARI:

1. Issiqlik uzatish nima ?
2. Yassi devor orqali issiqlik uzatish.
3. Silindrik devor orqali issiqlik uzatish.
4. Issiqlik uzatish koeffitsienti.
5. Issiqlik uzatish qarshiligi.
6. Izolyatsiya materiallari.
7. Issiqlik uzatishni jadallashtirish.
8. Kûp qatlamli yassi devor orqali issiqlik uzatish.
9. Issiqlik uzatish koeffitsientini aniqlash.
10. Issiqlik izolyatsiyasining kritik diametri.

TAYANCH IBORALAR

Issiqlik uzatish, issiqlik uzatish koeffitsienti, termik qarshilik, issiqlik izolyatsiyasi, kritik diametr, konvektsiya, nurlanish, issiqlik ûtkazuvchanlik, issiqlik oqimi, chiziqli issiqlik uzatish koeffitsienti.

15 – MA`RUZA. ISSIQLIK ALMASHINUV APPARATLARI

REJA:

15.1 Asosiy tushunchalar.

15.2 Issiqlik almashinuv apparatlarini hisoblash metodikasi.

15.3 O`rtacha temperaturalar farqi.

ADABIYOTLAR

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980. 424-432 b.
2. Larikov N.N. Teplotexnika. M., 1986 y. 285-294 b.
3. Asraev R.A., efendiev A.M., Safarov R.T. Issiqlik texnikasi. Buxoro 2001 y. 169-173 b.

15.1 ASOSIY TUSHUNCHALAR

Issiqlik tashuvchini qizdirish yoki sovitish uchun mo`ljallangan qurilma issiqlik almashinuv apparati deyiladi. Issiqlik tashuvchi sifatida suyuqlik yoki gaz ishlatiladi.

Issiqlik almashinuv apparatlarini ishlash printsipiga ko`ra reko`perativ, regenerativ va aralashtirgichli apparatlarga bo`lish mumkin.

Regenerativ issiqlik almashinuv apparatlarida bitta isitilish sirtining o`zi goh kaynok, goh soviq issiqlik tashuvchi bilan yuvilib turadi. Dastlab regenerator kanallaridan qizigan issiqlik tashuvchi yuboriladi va regeneratorning isitish sirti qiziydi. So`ngra soviq issiqlik tashuvchi yuboriladi va qizigan sirt issiqligini unga beradi.

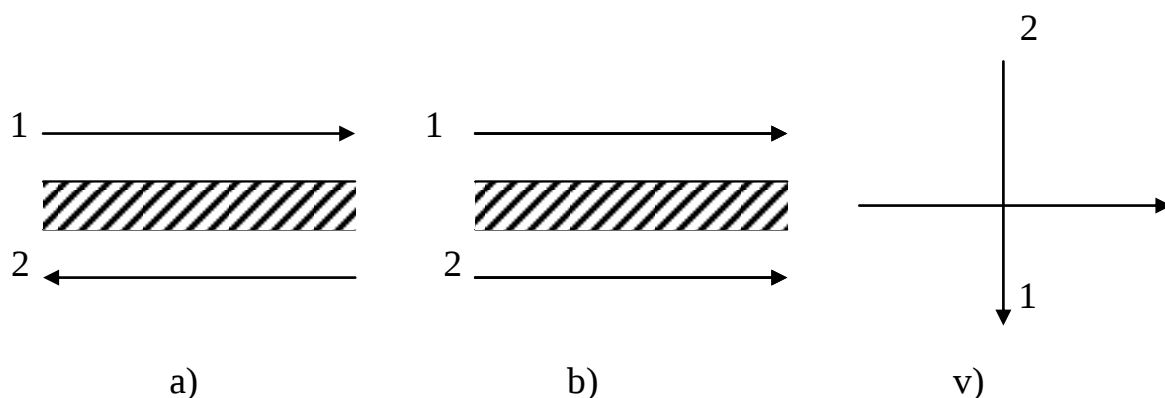
Regenerativ issiqlik almashtirgichlar metallurgiya, shisha pishirish va shunga o`xshash qizigan havo beriladigan boshqa pechlarda ishlatiladi.

Aralashtirgichli issiqlik almashtirgichlarda issiqlik almashinuvi qizigan va soviq issiqlik tashuvchilarning bir-biriga bevosita tegishi va aralashishi yo`li bilan amalga oshiriladi.

Aralashtiruvchi issiqlik almashinuv apparatlariga gradirnyalar, skrubberlar va boshqa qurilmalar kiradi.

Reko`perativ issiqlik almashinuv apparatlarida issiqlik isituvchi issiqlik tashuvchidan isitiladigan issiqlik tashuvchiga ajratgich devor orqali uzatiladi. Bunday apparatlarga bug` generatorlari, bug` qizdirgichlari, suv isitgichlari, havo isitgichlari va turli xil bug`latish apparatlari kiradi.

Reko`perativ issiqlik almashinuv apparatlari texnikada eng ko`p qo`llaniladi. Ularda suyuqlikning harakati asosan uch xil sxemada amalga oshiriladi.



15.1 - rasm.

To`g`ri oqimli issiqlik almashinuv apparatida soviq va kaynok issiqlik tashuvchilar bir yo`nalishda bir-biriga parallel ravishda oqadi (15.1-rasm, a).

Qarshi oqimli apparatda issiqlik tashuvchilar bir-biriga parallel, lekin qarama-qarshi yo`nalishda oqadi (15.1-rasm, b).

Ko`ndalang oqimli apparatda issiqlik tashuvchilar perpendikulyar yo`nalishda oqadi (15.1-rasm, v).

15.2 ISSIQLIK ALMASHINUV APPARATLARINI HISOBLASH METODIKASI

YAngi issiqlik almashinuv apparatlarini loyixalashda quyidagi kattaliklarni topishga to`g`ri kelishi mumkin:

1. Qaynok issiqlik tashuvchidan soviq issiqlik tashuvchiga uzatiladigan issiqlik miqdorini ta`minlaydigan, qizigan sirt yuzasi F ;
2. YUza F ma`lum bo`lganda, issiq muhitdan soviq muhitga uzatiladigan issiqlik miqdori Q ;
3. Q va F ma`lum bo`lganda issiqlik tashuvchilarning oxirgi temperaturalari.

Barqaror holatda issiqlik almashinuvini hisoblashda issiqlik uzatish va issiqlik balansi tenglamalari asosiy hisoblanadi.

$$Q = KF(t_1 - t_2) \quad (15.1)$$

bu erda: Q -issiqlik oqimi, Vt ;

K -o`rtacha issiqlik uzatish koeffitsienti, $Vt/m^2 \text{ gr}$;

F - issiqlik almashinuv sirti yuzasi, m^2 ;

t_1 va t_2 - issiq va soviq issiqlik tushuvchilar temperaturasi, $^{\circ}\text{S}$.

Issiqlik yo`qotilishi va agregat holatlar o`zgarishi bo`lmaganda issiqlik balansi tenglamasi:

$$\begin{aligned} Q &= M_1 C_1 (t_1' - t_1'') = M_2 C_2 (t_2'' - t_2') \quad \text{ëku} \\ Q &= V_1 \rho_1 C_1 (t_1' - t_1'') = V_2 \rho_2 C_2 (t_2'' - t_2') \quad \text{ëku} \\ Q &= W_1 (t_1' - t_1'') = W_2 (t_2'' - t_2') \end{aligned} \quad (15.2)$$

bu erda: $W = V \rho C$ - muhitning suvli ekvivalenti;

M_1, V_1, ρ_1, C_1 - issiq muhitning massasi, hajmi, zichligi va issiqlik sig'imi;

M_2, V_2, ρ_2, C_2 - soviq muhitning massasi, hajmi, zichligi va issiqlik sig'imi;

t_1' va t_1'' - issiq muhitning boshlang'ich va oxirgi temperaturasi;

t_2' va t_2'' - soviq muhitning boshlang'ich va oxirgi temperaturasi.

Issiqlik almashinuv apparatlarida issiq va soviq muhitlarning temperaturalarini o`zgarmasdan kolmaydi, shuning uchun (15.1) tenglamani faqat differentsial ko`rinishda qo`llash mumkin:

$$dQ = K dF \Delta t \quad (15.3)$$

U holda, F yuzadan uzatiladigan issiqlik miqdori (15.3) tenglamani integrallash natijasida topiladi:

$$Q = \int_0^F K d\Delta t = K F \Delta t_{yp} \quad (15.4)$$

bu erda: Δt_{ur} - o`rtacha temperaturalar farqi.

Regenerativ issiqlik almashinuv apparatlarini issiqlik hisobi, ularda issiqlik uzatish beqaror bo`lganligi uchun juda murakkab hisoblanadi. Texnikada regeneratrlarni hisoblash tsikl ishi davomiyligi o`rtacha temperaturalarini qiymati bilan amalga oshiriladi $\tau_y = \tau_1 + \tau_2$

bu erda: τ_1 va τ_2 qizish va sovish davri muddati.

Bu holda issiqlik uzatish tenglamasi quyidagi ko`rinishda bo`ladi:

$$Q_y = K_y F (t_1 - t_2) \quad (15.5)$$

bu erda: K_{ts} - tsiklning issiqlik uzatish tenglamasi

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \tau_1} + \frac{1}{\alpha_2 \tau_2}} \cdot \varepsilon_k \quad (15.6)$$

bu erda: α_1, α_2 - qizish va sovish davri uchun issiqlik berish koeffitsienti;

ε_k - qizish va sovish davri uchun jism sirti o`rtacha temperaturasi.

Notekisligini hisobga oluvchi tuzatma koeffitsient (odatda $\varepsilon_k = 0.8$).

SHuni nazarda tutish lozimki, issiqlik almashinuv apparatlarini hisoblash faqat qizigan sirt yuzasi, issiqlik tashuvchilar oxirgi temperaturalari va gidravlik qarshiligini hisoblashdan iborat emas.

Hisoblash masalasiga shuningdek qizdirish sirti yuzasining qulay shakli, joylashishi va ishchi suyuqliklarning optimal harakat tezligi ham kiradi. Umuman ushbu masalalarni echish uchun issiqlik almashinuv qurilmasini qurishga kapital sarflar va ishlatishga sarflarni hisobga olish zarur bo`ladi.

Issiqlik almashinuv apparatlari iqtisodiy samaradorligi ularning foydali ish koeffitsienti bilan aniqlanadi.

Issiqlik almashtirgich issiqlik balansi tenglamasi quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$Q_1 Q_2 Q_3 = Q_x \text{ yoki } q_1 Q_2 Q_3 = 100 \% \quad (15.7)$$

bu erda: Q_x - issiq muhitni atrof-muhit temperaturasigacha sovishidagi issiqlik sarfi;

Q_1 - soviq muhitni qizdirishda foydalanilgan issiqlik;

Q_2 - issiqlik almashtirgichdan issiq muhit bilan chiqib ketayotgan issiqlik miqdori;

Q_3 - atrof-muhit tomonidan yutilgan issiqlik miqdori.

Quyidagi nisbat issiqlik almashinuv apparati f. i. k. ni ifodalaydi:

$$\eta = q_1 = \frac{Q_1}{Q_x} \cdot 100 \% \quad (15.8)$$

15.3 O`RTACHA TEMPERATURALAR FARQI

Agar issiqlik tashuvchilarning temperaturalarini to`g`ri chiziqli bo`ylab o`zgarsa (15.2 rasmda punktir chiziqlar), issiqlik almashinuvi apparatidagi o`rtacha temperaturalar farqi o`rtacha arifmetik qiymatlar farqiga teng bo`ladi:

$$\Delta t_{yp} = \frac{(t_1' + t_1'')}{2} - \frac{(t_2' + t_2'')}{2} \quad (15.9)$$

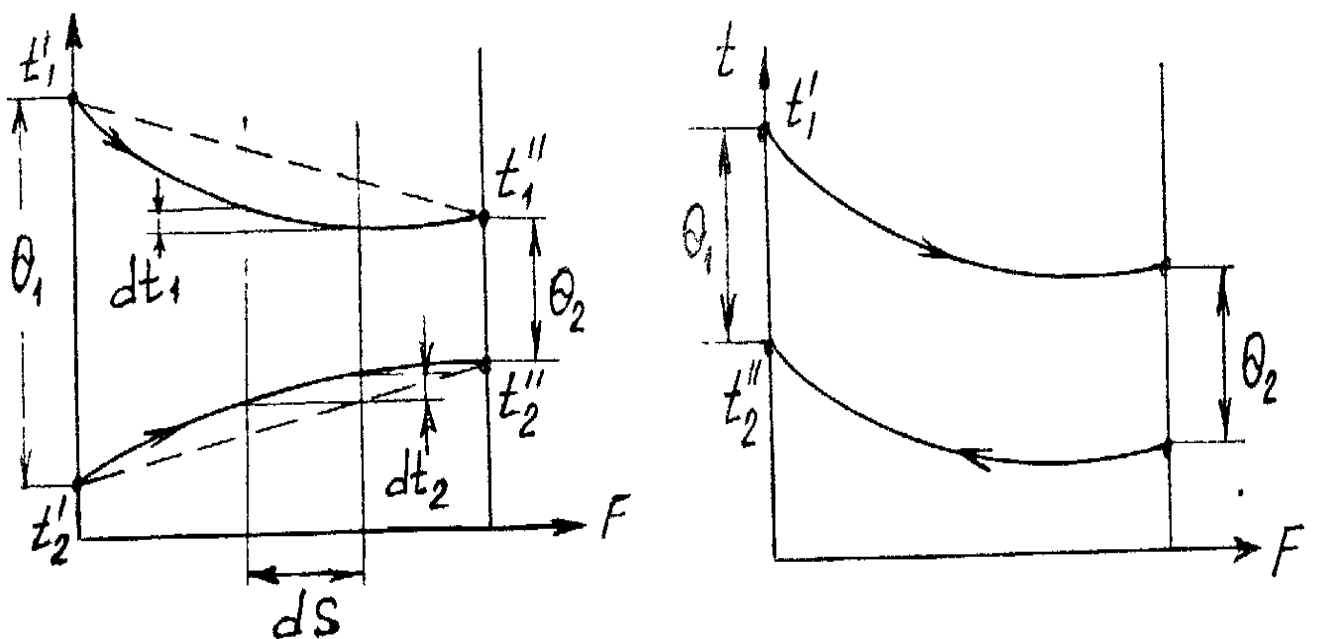
Ammo issiqlik tashuvchilar temperaturalarini egri chiziqli bo`ylab o`zgaradi. SHuning uchun (15.9) ifodadan issiqlik tashuvchilar temperaturalarini apparatda kichik qiymatga o`zgarganda foydalanish mumkin.

O`rtacha temperaturalar farqini quyidagi ifoda bilan aniqlaymiz:

$$\Delta t_{yp} = \frac{Q_1 - Q_2}{\ln \frac{Q_1}{Q_2}} \quad (15.10)$$

bu erda to`g`ri oqim uchun $Q_1 = t_1' - t_2'$ va $Q_2 = t_1'' - t_2''$

Qarshi oqimli apparat uchun o`rtacha temperaturalar farqi (15.2- rasm) dagi grafikka ko`ra $Q_1 = t_1' - t_2''$ va $Q_2 = t_1'' - t_2'$ bo`ladi.



15.2 - rasm.

Agar qiymati katta temperaturalar farqini Q_{maks} qiymati kichik temperaturalar farqini Q_{min} deb belgilasak, to'g'ri va qarshi oqim uchun o'rtacha logarifmik temperaturalar farqini topish uchun umumiy formulaga ega bo'lamiz:

$$\Delta t_{\text{log}} = \frac{Q_{\text{maks}} - Q_{\text{min}}}{\ln \frac{Q_{\text{maks}}}{Q_{\text{min}}}} \quad (15.11)$$

Qarshi oqimli apparatlar uchun Δt_{ur} - ning son qiymati hamma vaqt to'g'ri oqimli apparatlar Δt_{ur} - ning son qiymatidan katta bo'ladi. SHuning uchun qarshi oqimli apparatlar o'lchamlari kichik bo'ladi.

Agar issiqlik tashuvchilar temperaturalari o'zgarishini chiziqli deb qabul kilsak, o'rtacha arifmetik temperaturalar farqi o'rtacha logarifmik temperaturalar farqidan katta bo'ladi.

SINOV SAVOLLARI:

1. Issiqlik almashinuvi apparatlari turlari.
2. Issiqlik tashuvchilarning ùarakatlanish sxemalari.
3. Issiqlik almashinuvi apparatlarini ùisoblash usullari.
4. Òrtacha temperatura farqini aniqlash.
5. Rekuperativ issiqlik almashinuvi apparatlari.
6. Issiqlik balansini tuzish.
7. Issiqlik almashinuv apparati f.i.k. ni aniqlash.
8. Issiqlik uzatish tenglamasi.
9. Òrtacha arifmetik temperaturalar farqi.
10. Òrtacha logarifmik temperaturalar farqi.

TAYANCH IBORALAR

Issiqlik almashinuvi aparati, regenerativ, rekuperativ, aralashtiruvchi, issiqlik balansi, òrtacha temperaturalar farqi, tû'ri oqim, qarshi oqim, issiqlik uzatish tenglamasi, muùitning suvli ekvivalenti.

XVI - B O B

YOQILG'I VA YONISH PROTSESSLARI

16.1. YOQILG'I HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHALAR

YOqilg'i - asosiy tarkibiy qismi ugleroddan iborat yonuvchi modda. eneretika, sanoat va isitish qurilmalarida issiqlik olish manbai sifatida, kimyo sanoatida xom ashyo sifatida ishlatiladi.

YOnuvchi moddaning yoqilg'i sifatida maesadga muvofiq qo'llanilishi texnik-iqtisodiy omillara ko`ra asoslanishi kerak. YA`ni yoqilg'ining sifati, zaxirasi, kazib olish va iste`molchiga tashib etkazish qiymati, foydalanishga qulayligi va boshqa omillarga asoslanishi kerak.

Elektrik, mexanik va issiqlik eneriyasi olishning asosiy manbai sifatida organik yoqilg'idan foydalaniladi. Hozirgi vaqtda er sharida olinadigan energiyaning 70% - organik yoqilg'ining kimyoviy energiyasidan va 30%- shamol, suv, quyosh va atom energiyasidan olinadi.

Agregat holatiga ko`ra yoqilg'i qattiq, suyuq va gaz yoqilg'iga, kelib chiqishiga yoki olinish usuliga ko`ra tabiiy va sun`iy yoqilg'iga bo`linadi.

Tabiatda qanday hosil bo`lgan bo`lsa, shundayligicha olingan yoqilg'i tabiiy yoqilg'i deyiladi. Unga yog'och, torf, antratsit, yonuvchi slanetslar, qazilma ko`mirlar neft' va tabiiy gaz kiradi.

Tabiiy yoqilg'ini turli usullar bilan qayta ishlash natijasida olingan yoqilg'i sun`iy yoqilg'i deyiladi. Unga yog'och, ko`mir, yarim koks, mazut, kerosin, benzin, neft' gazi, koks gazi, domna gazi, generator gazi va shu kabilar kiradi.

Keyingi yillarda O`zbekiston yoqilg'i balansida eng arzon va qimmatbaho ximik xom ashyo bo`lgan tabiiy gazning axamiyati tobora ortib borayapti.

16.2. YOQILG'INING TARKIBI VA eNERGETIKAVIY XOSSALARI

YOqilg'i tarkibiga yonuvchan massa, namlik va yoqilganda kulga o`ladigan mineral aralashmalar kiradi. YOqilg'ining tarkibi kimyoviy elementlarning massaviy

protsent miqdori, namligi W va kul miqdori A bilan xarakterlanadi. YOqilg'i o'txonaga qaysi holda berilsa, shu holdagi tarkibini ish tarkibi deyiladi.

$$S^u Q C^u Q H^u Q O^u Q N^u A^u Q W^u = 100\% \quad (16.1)$$

YOqilg'i tarkibida namlik bo'lmaganda, yoqilg'i quruq massasining tarkibi quyidagi tenglik bilan ifodalanadi:

$$S^k Q H^k Q O^k Q N^k Q S^k A^k = 100\% \quad (16.2)$$

Ishchi massadan quruq massaga o'tish uchun quyidagi ifodadan foydalanish mumkin:

$$C^k = C^u \frac{100}{100 - W^u}; \quad H^k = H^u \frac{100}{100 - W^u}; \quad (16.3)$$

YOqilg'i tarkibida namlik va kul bo'lmaganda, yonuvchan massaning tarkibi:

$$C^{yo} Q H^{yo} Q O^{yo} Q N^{yo} S^{yo} = 100\% \quad (16.4)$$

YOnuvchan massa shartli atama, chunki uning haqiqiy yonuvchi elementlari faqat S, R va S dan iborat bo'ladi. YOqilg'ida yonuvchan massa qanchalik ko'p va ballast kam bo'lsa, uning sifati shunchalik yaxshi bo'ladi.

Ballast jumlasiga suv va yonish paytida kulga o'tadigan mineral aralashmalar kiradi.

Quruq va ishchi massadan yonuvchan massaga quyidagi formulalar yordamida o'tiladi:

$$C^{\check{e}} = C^k \frac{100}{100 - A^k}; \quad C^u = \frac{100}{100 - A^u - W^u}; \quad (16.5)$$

Gaz yoqilg'ining tarkibi hajmiy ulushlarda berilib, uni umumiy ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin:

$$\sum_{i=1}^n C_n H_{2n+2} + \sum_{i=1}^n C_n H_{2n} + CO + H_2S + O_2 + N_2 + CO_2 = 100\% \quad (16.6)$$

bu erda: n- uglerodning atom soni.

Tabiiy gazning asosiy tarkibini metan SN_4 tashkil etadi.

YOnish issiqligi

1 kg qattiq yoki suyuq va 1 m³ gaz yoqilg'i to'la yonganda ajraladigan issiqlik miqdori yoqilg'ining yonish issiqligi deyiladi.

YOqilg'ining issiqlik ajratishi ikki xil:

YUqori Q_{yu}^u va past Q_n^u bo'ladi. Past yonish issiqligi yuqori yonish issiqligidan yoqilg'i yonganda hosil bo'ladigan suv hamda undagi namning bug'lanishi uchun sarflanadigan issiqlik miqdoriga kichik bo'ladi.

Qattiq va suyuq yoqilg'ining yonish issiqligi D.I. Mendeleevning empirik formulasidan topiladi:

$$Q_n^u = 340C^u + 1035H^u - 109(O^u - S^u) - 25W^u \quad (16.7)$$

$$Q_n^u = 340C^u + 1260H^u - 109(O^u - S^u) \quad (16.8)$$

Quruq gazning yonish issiqligi:

$$Q_n^K = 358CH_4 + 915C_3H_4 + 1190C_4H_{10} + 1465C_5H_{12} + 126CO + 107H_2 + 234H_2S + 640C_2H_6 \quad (16.9)$$

$$Q_{io}^K = 398CH_4 + 700C_2H_6 - 995C_3H_8 + 1285C_4H_{10} + 1575C_5H_{12} + 126CO + 127H_2 + 247H_2S \quad (16.10)$$

YOnish issiqligi yoqilg'ining asosiy xarakteristikasi hisoblanadi.

SHartli yoqilg'i - har xil turdagi yoqilg'ilarni taqqoslashda va ularning umumiy zaxiralarini hisoblashda, yonish issiqligi 29300 kJ/kg bo'lgan shartli yoqilg'i tushunchasidan foydalaniladi.

YOqilg'ining Q_n^u yonish issiqligini shartli yoqilg'i yonish issiqligi Q_{shyo} ga nisbati yoqilg'i ekvivalenti deyiladi:

$$\vartheta = \frac{Q_n^u}{Q_{u\ddot{e}}} = \frac{Q_n^u}{29300} \quad (16.11)$$

Berilgan yoqilg'i sarfidan shartli yoqilg'i sarfiga o'tish uchun quyidagi ifodadan foydalanish mumkin:

$$R_{u\ddot{e}} = B \cdot \vartheta = B \cdot \frac{Q_n^u}{29300} \quad (16.12)$$

16.3. YOQILG'INING YONISH PROTSESSLARI

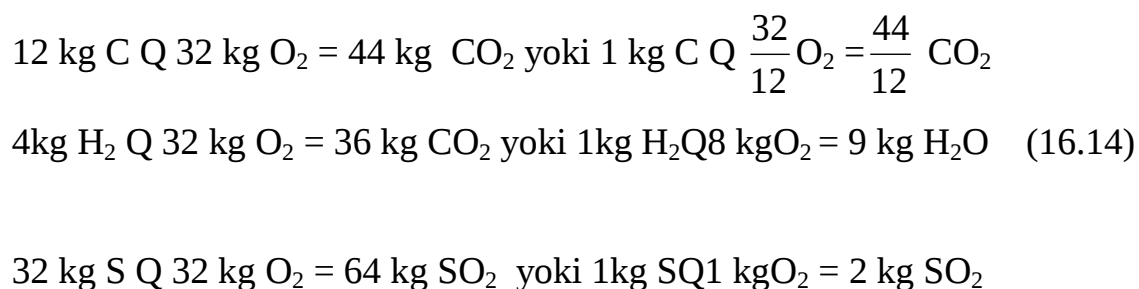
YOnish- issiqlik va yorug'lik ajratish protsesslari bilan birga boradigan murakkab, tez o'tadigan kimyoviy o'zgarish. Oksidlagichli moddaning ekzotermik oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi yonishning asosini tashkil qiladi.

Hozirgi paytda yoqilg'i yoqishning uch xil- qatlamli, mashalali va uyurmali yoqish usullaridan foydalaniladi. YOnish to'lie va to'liemas bo'ladi. YOqilg'ining yonuvchan elementlari kislorod bilan reaksiyaga kirishib to'lie yonsa, bunday yonish to'lie yonish deyiladi:



YOnish mahsulotlari ichida yonuvchan yoqilg'i zarralari eolgan bo'lsa, bunday yonish to'liemas yonish deyiladi. Bunga mexanikaviy to'la yonmaslik va yoqilg'i yonuvchan elementlarining chala oksidlanishi sabab bo'ladi.

YOqilg'i to'lie yonishi uchun o'txonaga eat'iy miqdorda havo berilishi va yoqilg'ining havo bilan yaxshi aralashishini ta'minlash zarur. YOqilg'idagi har qaysi yonuvchan elementning yonishi uchun zarur bo'lgan kislorod miqdori yonish reaksiyasidan aniqlanadi.



Qattiq va suyuq yoqilg'i tarkibiga massaviy foizlarda:

$C^u Q H^u Q S^u Q O^u Q N^u$ kiradi va 1 kg yoqilg'ining yonishi uchun sarflash lozim bo'lgan kislorodning umumiy miqdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$M_{O_2}^o = \frac{2,67C^u + 8H^u + S^u - O^u}{100}\quad (16.15)$$

YOqilg'ini yondirish uchun o'txonaga sof kislorod emas, balki tarkibida 23,2% O₂ bo'lgan havo beriladi. YOqilg'ining to'lie yonishi uchun zaruriy havoning massaviy birliklarda hisoblangan nazariy miqdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$M_x^o = \frac{100}{23,2} M_{o_2}^o = 0,115 C^u + 0,345 H^u + 0,043(C^u - O^u), \frac{\kappa^2}{\kappa^2} \quad (16.16)$$

Normal sharoitlarda $\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$, u holda hajmiy miqdorda:

$$V_x^o = 0,0889(C^u + 0,375 S^u) + 0,265 H^u - 0,0333 O^u, \frac{M^3}{\kappa^2} \quad (16.17)$$

Gazni yoqish uchun zarur bo'lgan havoning nazariy miqdori:

$$V_x^o = 0,0476[0,560 + 0,5H_2 + 1,5H_2S + \sum_{i=1}^m (m + \frac{n}{4}) C_m H_n - O_2], \frac{M^3}{M^3} \quad (16.18)$$

YOnish protsessini kislorodning hammasi yoqilg'i bilan reaksiyaga kirishadigan qilib o'tkazib bo'lmaydi. Uning bir qismi yonish reaksiyasiga kirishmaydi va tutun gazlar bilan birga erkin holda chiqib ketadi. YOqilg'ining to'lie yonishi uchun havoni hisoblab topilgandan ko'ra ko'proq miqdorda berish zarur.

O'txonaga beriladigan havoning haqiqiy miqdorini, zarur nazariy miqdoriga nisbati ortiqcha havo koeffitsienti deyiladi:

$$\alpha = \frac{V_x^k}{V_{x_0}^o} \quad (16.19)$$

α -ning kattaligi yoqilg'ining turiga, yoqish usuliga, o'txonaning konstruktsiyasiga va xokazolarga bog'liq bo'lib, qiymati 1,02-1,5 orasida bo'ladi.

YONISH MAHSULOTLARINING TARKIBI

YOqilg'i $\alpha = 1$ da to'lie yonganda yonish mahsulotlari tarkibida SO₂, SO₂, H₂O, va N₂ bo'ladi. Agar $\alpha > 1$ bo'lsa, ulardan tashqari ortiqcha havo, ya'ni qo'shimcha kislorod va azot bo'ladi.

Uch atomli gazlar (RO₂ = CO₂ Q SO₂) hajmi qattiq va suyuq yoqilg'i uchun quyidagiga teng bo'ladi:

$$V_{RO_2} = 0,0187(C^u + 0,375 S^u), \frac{M^3}{\kappa^2} \quad (16.20)$$

Gaz yoqilg'i uchun:

$$V_{RO_2} = 0,01[\sum_{i=1}^m m C_m H_m + RO_2 + CO + H_2S], \frac{M^3}{M^3} \quad (16.21)$$

Qattiq va suyuq yoqilg'i yonish mahsulotlari tarkibidagi azotning hajmiy miqdori:

$$V_{N_2}^o = 0,79V_{x_o}^o + 0,008N^u, \quad \mathcal{M}^3 / \kappa\mathcal{Z} \quad (16.22)$$

Gaz yoqilg'i uchun:

$$V_{N_2} = 0,79V_x^o \cdot a + 0,008N^u, \quad \mathcal{M}^3 / \mathcal{M}^3$$

Qattiq va suyuq yoqilg'i yonish mahsulotlari tarkibidagi suv bug'larining hajmiy miqdori:

$$V_{H_2O}^o = 0,111H^u + 0,0124W^u + 0,0161V_x^o \quad \mathcal{M}^3 / \kappa\mathcal{Z} \quad (16.23)$$

Qattiq va suyuq yoqilg'i yonish mahsulotlari tarkibidagi suv bug'larining hajmiy miqdori:

$$V_{H_2O} = 0,01\left[\sum_{i=1}^m \frac{n}{2} C_m H_n + H_2 + 0,124d\right] + 0,0161V_x^o \alpha, \quad \mathcal{M}^3 / \mathcal{M}^3 \quad (16.24)$$

Gaz yoqilg'i uchun:

$$V_{H_2O} = 0,01\left[\sum_{i=1}^m \frac{n}{2} C_m H_n + H_2 S + H_2 + 0,124d\right] + 0,0161V_x^o \alpha, \quad \mathcal{M}^3 / \mathcal{M}^3 \quad (16.25)$$

bu erda: d - gazning nam saclami, g/m³

YOnish mahsulotlarining umumiy hajmi:

$$V_{\Gamma} = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O} \quad (16.26)$$

Misol.

Tarkibi C^u = 83 % ; H^u = 10,4 % ; S^u = 2,8 %; O^u = 0,7 % ; A^u = 0,1 %; W^u = 3,0 % bo'lgan 1 kg yuqori oltingugurtli mazut to'lie yonganda hosil bo'ladigan va o'txonadan chiqayotgan yonish mahsulotlari ental'piyasini aniqlang. Gazlarning o'txonadan chiqishdagi temperaturasi $\vartheta = 1000$ °S, o'txonadagi ortiqcha havo koefitsienti $\alpha = 1,15$.

Echish.

1 kg mazutni to'lie yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy miqdorini aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} V_x^o &= 0,0889(C^u + 0,375S^u) + 0,265H^u - 0,0333O^u = \\ &= 0,0889(83 + 0,375 \cdot 2,8) + 0,265 \cdot 10,4 - 0,0333 \cdot 0,7 = 10,2 \quad \mathcal{M}^3 / \kappa\mathcal{Z} \end{aligned}$$

YOnish mahsulotlari hajmi:

$$V_{RO_2} = 0,0187(C^u + 0,375 S^u) = 0,0187(83 + 0,375 \cdot 2,8) = 1,57 \text{ } \mathcal{M}^3 / \kappa\mathcal{Z}$$

$$V_{N_2}^o = 0,79V_{x_o}^o + 0,008N^u = 0,79 \cdot 10,2 + 0,008 \cdot 0 = 8,05 \text{ } \mathcal{M}^3 / \kappa\mathcal{Z}$$

$$\begin{aligned} V_{H_2O}^o &= 0,111H^u + 0,0124W^u + 0,0161V_x^o = \\ &= 0,111 \cdot 10,4 + 0,0124 \cdot 3 + 0,0161 \cdot 10,2 = 1,35 \text{ } \mathcal{M}^3 / \kappa\mathcal{Z} \end{aligned}$$

$\alpha=1$ va $\vartheta = 1000$ ^0C da yonish mahsulotlari ental'piyasi:

$$\begin{aligned} I_u^o &= (V_{RO_2} \cdot C_{CO_2} + V_{N_2}^o \cdot C_{N_2} + V_{H_2O}^o \cdot C_{H_2O}) \cdot \vartheta_I = \\ &= (1,57 \cdot 2,2 + 8,05 \cdot 1,39 + 1,35 \cdot 1,72) \cdot 1000 = 16905 \text{ } \kappa\mathcal{K} / \kappa\mathcal{Z} \end{aligned}$$

$\alpha = 1$ bo'lganda havoning ental'piyasi:

$$I_x^o = V_x^o (C\vartheta)_x = 10,2 \cdot 1,3 \cdot 1000 = 13260 \text{ } \kappa\mathcal{K} / \kappa\mathcal{Z}$$

YOnish mahsulotlarining o'txonadan chiqishdagi ental'piyasi:

$$I = I_u^o + (\alpha - 1)I_x^o = 16905 + (1,15 - 1) \cdot 13260 = 18965 \text{ } \kappa\mathcal{K} / \kappa\mathcal{Z}$$

XVII - BOB
QOZON QURILMALARI
17.1. ASOSIY TUSHUNCHALAR

YOqilg'i yoqish hisobiga suv bug'i yoki issiq suv olinadigan qurilmalar va agregatlar majmuasi qozon qurilmalari deyiladi .Uning tarkibiga qozon agregati va yordamchi jixozlar (muri, ventilyator, chang tayyorlash qurilmalari, qul tutgich va uni chiqarib yuborish qurilmasi, ta`minlash nasoslari) kiradi.

Qozon agregati qozon qurilmasining asosiy qismi bo`lib, u bug' qozoni, o`choq, bug'latish, sirlari, bug' o`taqizdirgich, suv ekonomayzeri va havo isitkichlaridan iborat. Qozon agregatiga karkas, obmurovka (tashqi devor) va qoplama, quvurlar, armaturalar, tekshirish va avtomatika asboblari ham kiradi.

Qozon qurilmalari ishlatilishiga ko`ra quyidagilarga bo`linadi:

- a. energetikaviy qozon qurilmalari, bularda bug'dan olingan issiqlik energiyasining hammasi avval mexanikaviy, keyin esa elektr energiyasiyaga aylantirish uchun turbinaga beriladi:
- b. issiqlik-energetikaviy qozon qurilmalar, bularda issiqlik energiyasining kamroq qismi issiqlik tashuvchi tarzida iste`molchining ehtiyojlari uchun yuboriladi: issiqlikning asosiy qismi elektr energiyasi olishga sarflanadi.
- c. isitish qozon qurilmalari, bularda past bosimli suv yoki issiq suv hosil eililib, uylarni va korxonalarni isitish, ventilyatsiyalash va issiq suv bilan ta`minlashda foydalaniladi.

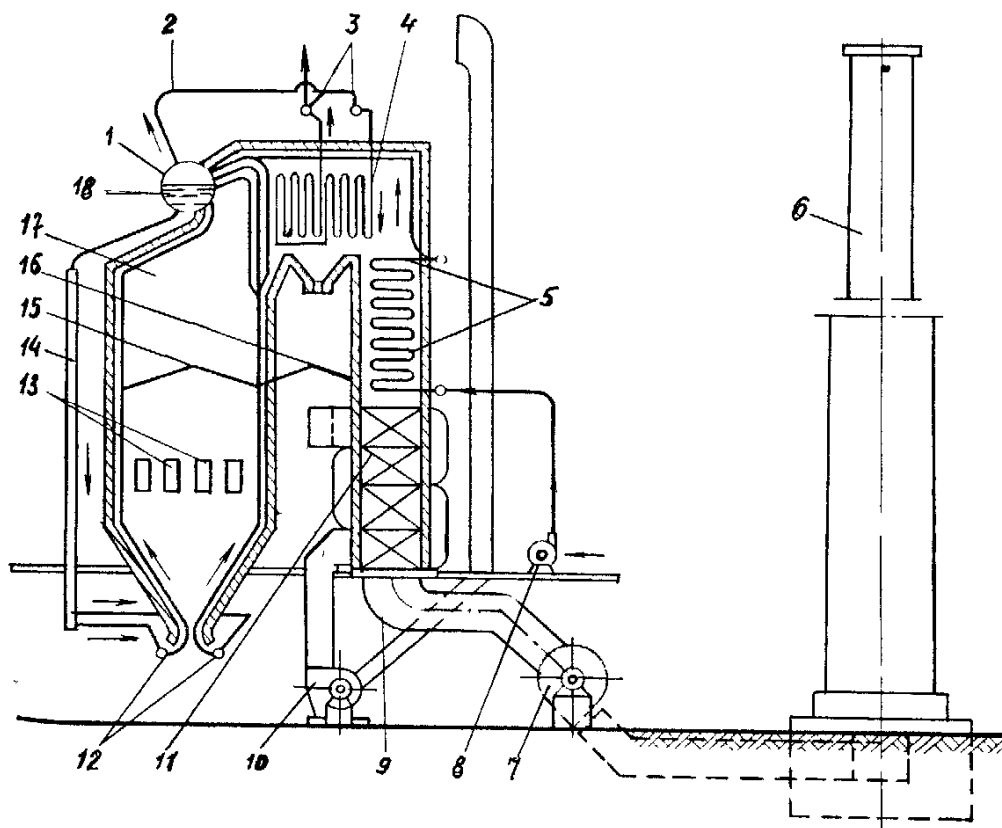
Bug' qozon agregatining ish jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat:

1. yoqilg'ining yonishi;
2. bug' gazlaridan suvga yoki bug'ga issiqlik uzatish;
3. suvni qizdirish natijasida qaynashi, bug'lanishi va to`yingan bug'ning o`ta qizishi.

Suv isitadigan qozon agregatining ish jarayoni boshdagi ikki bosqichdan iborat bo`ladi.

17.1 -rasmda bug' qozon qurilmasining printsiptial sxemasi ko`rsatilgan.

YOqilg'i gorelka 13 yordamida o'choq 17 ga beriladi. O'choqdan issiq yonish mahsulotlari bug' o'ta qizdirgich joylashgan gaz yo'lga o'tadi va ekonomayzer 5 hamda havoqizdirgich 11 joylashgan konvektiv shaxtaga o'tadi. Bug' gazlarni qozon agregatidan bug' so'rgich 7 so'rib, mo'ri 6 dan atmosferaga chiqarib tashlaydi.



17.1 - rasm.

1-bug' qozoni: 2- bug' uzatkich quvuri: 3 - bug' o'ta qizdirgich kollektori: 4- bug' o'ta qizdirgich: 5 -ekonomayzer: 6- tutun quvur: 7-tutun so'rgich: 8- ta'minlash nasosi: 9- yonuvchi aralashmalar kanali: 10 - ventilyator:11 -havoqizdirgich: 12 -ekranlar kollektorlari: 13- gorelka: 14-tushirish quvurlari: 15-ekranlar: 16-obmurovka: 17-o'txona: 18-baraban.

Ventilyator haydab bergan havo reko'perativ havo qizdirgich orqali o'tib, tutun gazlar issiqligi hisobiga isiydi va o'txona kamerasining gorelkasiga yo'naladi.

Suv dastlab kimyoyaviy suv tozalagichda qattiq tuzlardan va deaeratorida aktiv (korroziya hosil qiladigan gazlar SO , O_2 , SO_2) gazlardan tozalanib, ta'minlash nasosi 8 yordamida ekonomayzerga uzatiladi. ekonomayzerda suv tutun gazlar issiqligi hisobiga qizib, qozon barabani 18 ga tushadi. Barabanda ta'minlash suvi qozon suvi bilan aralashadi va tushirish quvurlari orqali pastki kollektor 12 ga kiradi. Undan

ekranli bug'latgich quvurlari 15 ga o'tadi. Kollektor va bug'latgich quvurlari yuqori temperaturalar zonasida bo'lganligi uchun, yoqilg'ini yonishi natijasida hosil bo'lgan issiqlik hisobiga suv qaynash temperaturasigacha qiziydi va hosil bo'lgan bug'-suv aralashmasi zichligi kamligi sababli qozon barabaniga ko'tariladi. Barabanda bug' suvdan ajralib bug' qizdirgich 4-ga tushadi va uning kollektorlari 3 orqali iste'molchiga yuboriladi.

SHunday qilib, qozonda suv va bug'-suv aralashmasining tabiiy tsirkulyatsiyasi vujudga keladi.

Atrof muhitga issiqlik yo'qotilishini kamaytirish va qozon agregatiga xizmat ko'rsatishda xavfsizlikni ta'minlash maqsadida qozon qurilmasining tashqi devorlari (obmurovka) o'tga chidamli va issiqlik izolyatsiyasi materiallari bilan eoplanadi.

Qozon qurilmasida qattiq yoqilg'i yoqilganda bug'-so'rgich oldiga tutun gazlarni kul changlaridan tozalaydigan kul ajratgich va gorelka oldiga yoqilg'i tayyorlaydigan sistema o'rnatiladi.

17.2. QOZON AGREGATINING ISSIQLIK BALANSI

Qozon qurilmasining issiqlik balansi agregatga issiqlik kelishi va sarflanishi orasidagi tenglikni ifodalaydi. Issiqlik balansi asosida yoqilg'i sarfi aniqlanadi va foydali ish ko'effitsienti hisoblanadi. Qozon agregatida yoqilg'ining kimyoviy energiyasi yonish natijasida, yonish mahsulotlarining fizikaviy issiqligiga aylanadi. Bu issiqlik suvni qizdirish yoki bug' ishlab chiqarish va o'ta qizdirish uchun sarf bo'ladi. Issiqlik uzatish va yonish protsesslari davomida ma'lum issiqlik yo'qotiladi va hosil bo'layotgan mahsulot suv yoki qizigan bug' issiqlikning bir qismini o'ziga oladi.

Qozon agregatining issiqlik balansini tuzish agregatga kirayotgan issiqlik bilan foydalanilayotgan va sarf bo'layotgan issiqliklar orasidagi tenglikni ifodalashdan iborat bo'ladi. Issiqlik balansi 1 kg qattiq yoki suyuq yoki 1 m³ gaz yoqilg'isi uchun tuziladi. Agregatning issiqlik holati muvozanatlashganda issiqlik balansi tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$Q_n^u = Q_1 + \sum Q_c$$

yoki

$$Q_n^u = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (17.1)$$

bu erda: Q_1 - bug' hosil bo'lishiga foydalanilgan issiqlik miqdori;

Q_2 - chiqib ketayotgan gazlar bilan issiqlikning yo'qotilishi;

Q_3 - kimyoviy to'la yonmaslikdan issiqlikning yo'qotilishi;

Q_4 - mexanikaviy to'la yonmaslikdan issiqlikning yo'qotilishi;

Q_5 - atrof-muhitga issiqlikning yo'qotilishi;

Q_6 - shlaklarning fizik issiqligi bilan issiqlikning yo'qotilishi.

Agar (17.1) tenglikning o'ng tomonidagi har bir yig'indini Q_n^u ga bo'lib va 100% ga ko'paytirsak, issiqlik balansi tenglamasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$q_1 \quad Q \quad q_2 \quad Q q_3 \quad Q \quad q_4 \quad Q \quad q_5 \quad Q \quad q_6 = 100 \% \quad (17.2)$$

(17.2) tenglikdagi q_1 agregat foydali ish koeffitsientini ifodalab, qozon qurilmasi energiya sarflarini (bug' so'rgich, ventilyator, ta'minlash nasosi va boshqa) hisobga olmaydi.

Issiqlik balansi (17.1) ning chap qismi quyidagi kattaliklar yig'indisidan iborat:

$$Q_n^u = Q_{\kappa}^u + Q_{x.\phi.u} + Q_{\bar{e}.\phi.u} + Q_{\delta.\phi.u} \quad (17.3)$$

bu erda: $Q_{x.f.i}$ - 1 kg yoqilg'ini yoqish uchun o'txonaga beriladigan havoning fizikaviy issiqligi;

$Q_{yo.f.i}$ - o'txonaga beriladigan 1 kg yoki 1 m³ yoqilg'ining fizikaviy issiqligi;

$Q_{\delta.f.i}$ - 1 kg yoqilg'iga puflanadigan bug' bilan keladigan fizikaviy issiqlik.

Havo bilan beriladigan issiqlikni quyidagi tenglikdan topish mumkin:

$$Q_{x.\phi.u} = \beta' V^o C_p' (T_{\kappa.x} - T_{c.x}) \quad (17.4)$$

bu erda: β' - havoqizdirgichga kirayotgan havo miqdorini nazariy jihatdan kerak bo'ladigan havo miqdoriga nisbati;

S_p - havoning o'rtacha hajmiy izobarik issiqlik sig'imi;

$T_{\kappa.x}$ - qizigan havo temperaturasi;

$T_{s.x}$ - soviq havo temperaturasi.

Mazut yoqishda puflanadigan bug' bilan keladigan issiqlik:

$$Q_{\delta.\phi.u} = W_{\phi} (i_{\phi} - r) \quad (17.5)$$

bu erda: W_f - forsunka bug'ining sarfi;

i_f - forsunka bug'ining ental'piyasi;

r - bug'lanish issiqligi.

O`txonaga berilayotgan 1 kg yoqilg'ining fizikaviy issiqligi;

$$Q_{\bar{e}.q.h} = C_{\bar{e}}(T_{\bar{e}} - 273) \quad (17.6)$$

bu erda: S_{yo} -yoqilg'ining issiqlik sig'imi;

T_{yo} -yoqilg'ining temperaturasi.

Agar havo va yoqilg'i dastlab qizdirilmasa, hamda yoqilg'i bilan puflanadigan bug' ishlatilmasa, u holda $Q_u^u = Q_n^u$ bo`ladi.

1. CHiqib ketayotgan gazlar bilan issiqlikning yo`qotilishi Q_2 (q_2)

CHiqib ketayotgan gazlar bilan issiqlikning yo`qotilishi eng katta isrof bo`lib, asosan, chiqib ketayotgan gazlarning temperaturasiga va ortiqcha havo koefitsientiga bog`liq.

Q_2 ning qiymati, qozon agregatidan chiqayotgan gazlar bilan agregatga kirayotgan soviq havo ental'piyalari farqiga teng bo`ladi:

$$Q_2 = (I_{uuk} - I_{c.x})a = [V_{\Gamma}C'_{p,z}(T_u - 273) - C_u V^0 C'_{px}(T_{cx} - 273)]a \quad (17.7)$$

bu erda: V_g -1 kg yoqilg'i yonish mahsulotining hajmi;

$C'_{p,z}$, C'_{px} - yoqilg'i yonish mahsulotlari va havoning o`rtacha hajmiy izobarik issiqlik sig'imi;

T_{ch} , $T_{s.x}$ - chiqayotgan gazlar va havoning temperaturasi;

a - mexanikaviy to`la yonmaslikdan issiqlikning yo`qotilishini ifodalaydigan koefitsient, $a = 1 - q_4 / 100$.

Issiqlikning chiqib ketayotgan gazlar bilan yo`qotilishi q_2 ning qiymati gazlar temperaturasi T_{ch} va ortiqcha havo koefitsienti α_{ch} ortishi bilan ortib boradi. T_{ch} ning qiymatini kamaytirish maqsadida havoqizdirgich va ekonomayzerlardan foydalaniladi.

2. Kimyoviy to`la yonmaslikdan issiqlikning yo`qotilishi Q_3 (q_3)

O`txonadan chiqayotgan gazlar tarkibida chala yongan yoqilg'i mahsulotlari SO, N<sub>2</sub>, SN<sub>4</sub>, yonish issiqliklaridan agregatda to`la foydalanilmaydi. Bu gazlarning yonish issiqliklari yig'indisi kimyoviy to`la yonmaslikni ifodalaydi.

Kimyoviy to`la yonmaslikning asosiy sabablari: havoning etishmasligi ( $\alpha < 1$ ); yoqilg'ining havo bilan yomon aralashishi; ortiqcha havoning ko`pligi ($\alpha > 1$); o`txonada solishtirma issiqlik ajralishining kam yoki juda ko`p bo`lishi q_v , kvt / m³.

Qattiq yoki soviq yoqilg'i yonganida Q₃ ning qiymatini quyidagi formula bo`yicha aniqlash mumkin:

$$Q_3 = 237,5 \frac{C^p + 0,375S_{\pi}^p}{RO_2 + CO} \left[1 - \frac{q_4}{100}\right] [CO + 0,85H_2 + 2,8CH_4] \quad (17.3)$$

3. Mexanikaviy to`la yonmaslikdan issiqlikning yo`qotilishi Q₄ (q₄)

Mexanikaviy to`la yonmaslikdan bo`ladigan issiqlik sarflari kolosnik cho`g`donlarning teshiklaridan to`kilib qozon agregatlaridan kul va shlak bilan birga hamda tutun gazlari bilan birga chiqib ketadigan yoqilg'ining yonib bo`lmagan zarralari miqdoriga bog`liq bo`ladi.

Kimyoviy va mexanikaviy to`la yonmaslikdan issiqlikning yo`qotilish qiymati o`txona turiga, yoqish usuliga, yoqilg'i turiga va qozon qurilmasi quvvatiga bog`liq bo`ladi. Kamerali o`txonada qattiq yoqilg'ini yoqishda isroflar yig'indisi (q_3 Q q₄) = 1 - 7 % ni tashkil etadi. Mazut va gazni yoqishda kimyoviy to`la yonmaslikdan bo`ladigan isroflar 1-1,5% ni va mexanikaviy to`la yonmaslikdan 0,5-3% ni tashkil etadi. Qatlamli o`txonalarda kimyoviy va mexanikaviy to`la yonmaslikdan bo`ladigan isroflar 6-14% ni tashkil etadi.

4. Atrof - muhitga issiqlikning yo`qotilishi Q₅ (q₅)

Tashqi muhitga issiqlikning yo`qotilishi ko`p omillarga bog`liq va asosan: qozon va o`choq konstruksiyasi va o`lchamlariga, tashqi devor materialining qalinligi va issiqlik o`tkazuvchanlik koefitsientiga, qozon agregatining issiqlik ishlab chiqarish quvvatiga, tashqi devor sirti va atrof muhit temperaturalariga va boshqalarga bog`liq.

Atrof-muhitga issiqlikning yo`qotilishi qozon agregatining quvvatiga va qo`shimcha yuzalar (ekonomayzer) borligi hisobga olinib me`yyorlardan qabul eilinishi mumkin. Quvvati 2,78 kg/s gacha bo`lgan bug' qozonlari uchun $q_5 = 2 \div 4\%$, 16,7 kg / s gacha $q_5 = 1 \div 2\%$, 16,7 kg /c dan ko`proq bo`lsa $q_5 = 1 \div 0,5\%$

5. SHlamlarning fizik issiqligi bilan issiqlikning yo`qotilishi Q_6 (q_6)

Bu qiymat juda kichik bo`lib, ko`mir, antratsit, slanets kabi kuli ko`p yoqilg`ilarni qatlamli yoki kamerali o`txonalarda yoqilganda 1-1,5% tashkil qiladi.

SHunday qilib, qozon agregati foydali ish koeffitsienti quyidagiga teng bo`ladi:

$$\eta_{\kappa.a} = q_1 = 100 - \sum q_c \quad (17.9)$$

Ishlab chiqarilayotgan mahsulot (bug', suv) qabul qilgan issiqlikni $Q_{\kappa.a}$ bilan belgilaymiz va uning qiymati: bug' qozonlari uchun:

$$Q_1 = Q_{\kappa.a} = D[i_{\kappa.\delta} - i_{TC}] + \frac{pD}{100}[i' - i_{TC}] \quad (17.10)$$

Suv qizdirgich qozonlar uchun:

$$Q_1 = Q_{\kappa.a} = M_c C_{p.c} [T_u - T_k] \quad (17.11)$$

bu erda: D - qozonning unumdorligi, kg /s; $i_{\kappa.\delta}$ - qizdirilgan bug' ental'piyasi, kJ /kg; $i_{t.s}$ - ta'minlash suvi ental'piyasi, kJ /kg; R - qozon agregatidagi suv tarkibining tuz miqdori oshib ketmasligi maqsadida haydaladigan suv miqdori, %; i' - qozon suvi ental'piyasi, kJ /kg; M_s - qozon agregatidan o`tayotgan suv miqdori, kg/s; S_{rs} - suvning issiqlik sig'imi, kJ/kg. Gr; T_{ch} - qozondan chiqayotgan issiq suv temperaturasi, K; T_k - qozonga kirayotgan suv temperaturasi, K.

YOqilg`i sarfini quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin:

$$B = \frac{Q_{\kappa.a}}{Q_n^u \eta_{\kappa.a}} \quad (17.12)$$

YOnish mahsulotlari hajmi odatda mexanikaviy to`la yonmaslikdan issiqlik yo`qotilishini hisobga olmasdan aniqlanadi. SHuning uchun qozon agregatini hisoblashda (o`txonada issiqlik almashinishi, gaz yo`llari, havo qizdirgich va ekonomayzer qizdirish yuzalarini aniqlashda) yoqilg`ining hisoblash miqdoridan foydalaniladi:

$$B_x = B - \frac{100 - q_4}{100}$$

Gaz va mazut yoqilganda:

$$B_x = B$$

Misol.

Bug' qozoni o'txonasida tarkibi quyidagicha bo'lgan tabiiy gaz yonmoeda: $\text{CO}_2 = 0,2 \%$, $\text{CH}_4 = 98,2 \%$, $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,4 \%$, $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,1 \%$, $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,1 \%$, $\text{N}_2 = 1,0 \%$.

Agar qozon agregatidan keyin ortiqcha havo koefitsienti $\alpha_{\text{ch}} = 1,3$, yonish mahsulotlari ental'piyasi $I_{\text{ch}} = 3300 \text{ kJ/kg}$, qozondagi havo temperaturasi $t_x = 30^\circ\text{S}$, havoning o'zgarmas bosimdagi o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi $S_{\text{rx}} = 1,297 \text{ kJ/(m}^3 \cdot \text{k)}$ va yoqilg'ining mexanik chala yonishidan issiqlik yo'qotilishi $q_{\text{ch}} = 4,0 \%$ bo'lsa, qozon agregatidan chiqayotgan gazlar bilan issiqlik yo'qotilishini $\%$ da aniqlang.

Echish.

Gazning pastki yonish issiqligi:

$$\begin{aligned} Q_n^{\kappa} &= 358CH_4 + 640C_2H_6 + 915C_3H_8 + 1190C_4H_{10} + 1465C_5H_{12} = \\ &= 358 \cdot 98,2 + 640 \cdot 0,4 + 915 \cdot 0,1 + 1190 \cdot 0,1 + 1465 \cdot 0 = 35622 \text{ kJ} / \text{m}^3 \end{aligned}$$

1 m^3 tabiiy gazni to'liq yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy miqdori:

$$\begin{aligned} V_x^o &= 0,0476[2CH_4 + 3,5C_2H_6 + 5C_3H_8 + 6,5C_4H_{10}] = \\ &= 0,0476[2 \cdot 98,2 + 3,5 \cdot 0,4 + 5 \cdot 0,1 + 6,5 \cdot 0,1] = 9,47 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \end{aligned}$$

O'txonaga kirayotgan havo ental'piyasi:

$$I_x = V_x^o \cdot \alpha_u \cdot t_x \cdot C_{p,x} = 9,47 \cdot 1,3 \cdot 30 \cdot 1,297 = 479 \text{ kJ} / \text{m}^3$$

Qozon agregatidan chiqayotgan gazlar bilan issiqlik yo'qotilishi:

$$q_2 = \frac{I_u - I_x}{Q_n^{\kappa}} (100 - q_u) = \frac{3300 - 479}{35622} (100 - 4) = 7,6 \%$$

A D A B I Y O T L A R.

1. Nashokin V.V. Texnicheskaya termodinamika i teploperedacha M., 1980 y.
2. Kudinov V.A., Kartashov e.M. Texnicheskaya termodinamika M., 2000 y.
3. Kirillin V.A., Sichev.V., SHeydlin A.E. Texnikaviy termodinamika. Toshkent 1980 y.
4. CHernyak O.V. Teplotexnika va gidravlika asoslari. Toshkent, 1997 y.
5. Larikov N.N. Teplotexnika. M.,1986 y.
6. Pankratov G.P. Sbornik zadach po teplotexnke. M., 1986 y.
7. Andrianova T.N., Dzampov B.V. i dr. Sbornik zadach po texnicheskoy termodinamike. M., 2000 y.
8. Lukanin V. Teplotexnika M., 2002 y.
9. Zubarev V.N., Aleksandrov A.A., Oxotin V.S. Praktikum po texnicheskoy termodinamike. M., 1986 y.
10. Efendiev A.M., Asraev R.A. Issiqlik texnikasidan qisqacha lektsiya kursi. Buxoro. 1992 y.
11. Asraev R.A., efendiev A.M., Safarov R.T. Issiqlik texnikasi. Buxoro 2001 y.