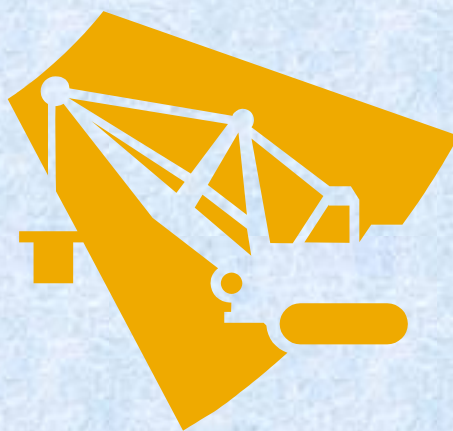


**Dotsent t.f.n Q.Ermatov, S.Maxmudov
Ass.S.Xaydarov A.Xojimatov,
U.Maqsudov, D.Eshonxo`jayev**

«TERMODINAMIKA VA ISSIQLIK TEXNIKASI»

fanidan



**M A' R U Z A L A R
K U R S I**

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

ANDIJON MASHINASOZLIK INSTITUTI

«MASHINASOZLIK» FAKULTETI

«GIDROPNEVMOYURITMALAR» KAFEDRASI



«TERMODINAMIKA VA ISSIQLIK TEXNIKASI »

fanidan



M A' R U Z A L A R M A T N I

Andijon-2017 yil

“TASDIQLAYMAN”

Andijon mashinasozlik instituti
O'quv-uslubiy Kengashida ko'rib chiqilgan va tasdiqlangan
Kengash raisi Q. Ermatov
(o'quv-uslubiy kengashning 17-sonli bayonnomasi
“25” 08 2017y.)

“MA`QULLANGAN”

Andijon mashinasozlik instituti
“Mashinasozlik” fakulteti Kengashida
muhojama qilingan va ma`qullangan
Kengash raisi M. Qo'chqarov
(Fakultet kengashining 1-sonli bayonnomasi
“24” 08 2017y.)

“TAVSIYA ETILGAN”

Andijon mashinasozlik instituti
“Gidropnevmojuyritmalar” kafedrasi
majlisida muhojama qilingan va tavsiya etilgan
Kafedra mudiri S.A. Maxmudov
(Kafedra majlisining 1-sonli bayonnomasi
“23” 08 2017y.)

Tuzuvchilar:

1. Q. Ermatov - AndMI “Gidropnevmojuyritmalar” kafedrasi dosenti, t.f.n.
2. D. Eshonxojayev - AndMI “Gidropnevmojuyritmalar” kafedrasi assisteti
3. S. Parpiyev - AndMI “Gidropnevmojuyritmalar” kafedrasi assisteti

Taqrizchilar:

1. Abduraxmonov R. - AndQXI “Qishloq xojalik mashinalarini ishlatish va ta'mirlash” kafedrasi dotsenti t.f.n
2. Maxmudov S. - AndMI “Gidropnevmojuyritmalar” kafedrasi mudiri

Ushbu o'quv-uslubiy majmua “Termodinamika” fani bo'yicha Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 03.11.2016 yildagi 87-02-389 sonli modomnomasiga asosan tayyorlangan hamda ushbu fan bo'yicha belgilangan namunaviy va ishchi dasturlar asosida tayyorlangan.

Ushbu o'quv-uslubiy majmua quyidagi ta'limiyonalishlari uchun mo'ljallangan:

5320100-Materialshunoslik va yangi materiallar texnologiyasi, 5320300-Texnologik mashina va jihozlar, 5310500-Avtomobilsozlik va traktorsozlik, 5640100-Hayotiy faoliyat havfsizligi, 5310600-Yer usti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi, 5320200-Mashinasozlik texnologiyasi mashinasozlik ishlab chiqarishini jihozlash va avtomatlashtirish 5111000 Kasb ta'limi (Mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqarishini jihozlash va avtomatlashtirish),

**“Termodinamika va issiqlik texnikasi” fani bo‘yicha
ma'ruza matni mundariyasi**

t/r	Ma'ruza mavzulari	bet
I-mavzu(bob)Texnik termodinamika.		
1.1	Fanga kirish. Asosiy tushunchalar.	
1.2	Gaz aralashmasi, gazlarni issiqlik sig`imi.	
1.3	Termodinamikaning I- qonuni.	
1.4	Termodinamika II-qonunining ta'riflari.	
1.5	Yopiq sistemalarda ideal gazlar holati o'zgarishining termodinamik jarayonlari	
1.6	Suv bug'i.	
1.7	Bug' turbina qurilmalarining sikllari	
II-mavzu(bob)Issiqlik massa almashinuvi		
2.1	Issiqlik uzatish. issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qoidalari.	
2.2	Statsionar rejimda issiqlik o'tkazuvchanlik.	
2.3	Konvektiv issiqlik almashinuvi.	
2.4	Erkin va majburiy konveksiyada issiqlik berish	
2.5	Nurlanish issiqlik almashinuvi	
2.6	Yoqilg'i.	
III-mavzu (bob) Issiqlik mashina va apparatlari		
3.1	Issiqlik almashuv apparatlari va ularning hisobi.	
3.2	Issiqlik energetik qurilmalar.	
3.3	Ichki yonuv dvigatellari sikllari.	
3.4	Gaz turbinali qurilma.	
3.5	Sovitish mashinalari	

1-Mavzu Fanga kirish.Asosiy tushunchalar.

Issiqlik texnikasi tarixi va rivojlanish tendensiyalari. Noenergetik sohalarida issiqlik texnikasining o'rnini. Noenergetika sohalarida respublikamizdagi ijtimoiy-iqtisodiy islohotlar natijalari va xududiy muammolar va ilm-fan, texnika va texnologiya yutuqlari. Fanning vazifalari. Texnik termodinamika. Termodinamika fani va uslubi. Termodinamika issiqlik texnikasining asosi. Termodinamik tizim va ishchi jism. Asosiy termodinamik holat parametrlari. Termodinamik sirt. Asosiy gaz qonunlari. Ideal gaz holat tenglamasi. Gaz doimiysi.

1. "Issiqlik texnikasi" fanining predmeti

Issiqlik texnikasi fanining predmeti texnikafanlari qatoriga kirib, issiqlikni olish, aylantirish, uzatish, va foydalanish hamda issiqlik mashina apparatlarini qurilmalarini ishlatish printsiplari va konstruktiv xususiyatlarini o'rganadi. Bu fanning asosan 3 qismga bo'lishi mumkin: Termodinamika, issiqlik - massa mashinasi nazariyasi hamda issiqlik mashina va qurilmalari. Termodinamika makroskopik sistemalarda issiqlik effektini bilan sodir bo'luvchi xarakterlik fizik, kimyoviy jarayonlardagi energiya almashinish qonunlarini o'rganadi. Termodinamika o'z navbatida texnik, kimyoviy, biologik kabiturlarga bo'linadi. Texnik termodinamika issiqlik va mexanik energiyalarni o'zaro almashinish qonunlarini o'rganadi. Texnik termodinamika issiqlik - massa mashinasi nazariyasi bilan birgalikda issiqlik texnikasi fanining nazariyasi sohasi hisoblanadi. Vabular yordamida hamda issiqlik dvigatellarini loyihalash va hisobib bajariladi.

Makroskopik sistemalar termodinamikada termodinamik usul yordamida o'rganiladi. Bu usul statistik usuldan farqli o'laroq moddaning tuzilish modelini talab qilmaydi va fenomenologik (hodisalarni bir butun deb qarash) usul hisoblanadi.

2 Termodinamik sistemada bo'lar hamda o'rab turgan tashqi jismlar bilan mexanik va issiqlik ta'sirida bo'lgan moddiy jismlar majmuasiga aytiladi.

Sistemaga kirmagan jismlar tashqi o'rab turgan muhit deyiladi. Sistemani tashqi muhit bilan nazorat yuza (qobiq) ajratib turadi. Oddiy holda silindrdagi porshen yordamida siqilgan gaz - termodinamik sistema, silindr vaporshen devorlari esa nazorat yuza hisoblanadi.

Mexanik va issiqlik o'zaro ta'sirlari termodinamik sistemani nazorat yuzasi orqali amalga oshiriladi. Mexanik o'zaro ta'sirda sistema tomonidan yoki sistema ustida ish bajariladi. Bizning misolimizda mexanik ish porshen siljishi yordamida amalga oshiriladi va hajm o'zgarishi kuzatiladi. Issiqlik o'zaro ta'sir deb sistemaning jismlari orasida yoki sistema va tashqi muhit orasida issiqlik almashinishiga aytiladi. Masalan sistemaga issiqlik silindr devorlari orqali uzatilishi mumkin.

Umumiy holda sistema tashqi muhit bilan modda almashinishi (massa almashinishi) ham mumkin. Bunday sistema ochiq sistema hisoblanadi. Masalan turbinadagi bug' va quvurlardagi gaz harakati.

Agar sistema va tashqi muhit orasida modda almashinish bo'lmasa bunday sistema yopiq sistema hisoblanadi. Tashqi muhit bilan issiqlik almashmaydigan sistemaga adiabatik sistema deyiladi.

Texnik termodinamikada issiqlik va ishni o'zaro aylantiradigan termodinamik sistemalar o'rganiladi. Bular gaz va bug'lar bo'lib, ular ishchi jism deyiladi.

3. Asosiy termodinamik holat parametrlari

Har bir sistemaning xossalari termodinamik parametrlar deb ataluvchi qator kattaliklar bilan xarakterlanadi. Ulardan asosiylari bo'lib, harorat, bosim va solishtirma hajm hisoblanadi.

Bosim ishchi jism molekulalarini yuzaga ta'siridan kelib chiqib son jihatdan birlik yuzaga normal ravishda ta'sir qiluvchi kuchga teng. Molekulyar kinetik nazariyasiga kura

$$P = \frac{2}{3} n \frac{m \bar{c}^2}{2} \quad (1)$$

bu yerda P - bosim; n - hajm birligidagi molekulalar soni (konsentratsiya); m - molekula massasi; $\bar{c}^2$ - molekulalar ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi. Bosim SI sistemasida paskalda ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / \text{m}^2$) o'lchanadi. Bu birlik kichik ($1 \text{ kG} / \text{sm}^2 = 1 \text{ am} = 98066,5 \text{ Pa}$) bo'lganligi uchun kG / sm^2 , at, mm suyuqlik ust. kabo'lchov birliklaridan ham keng foydalaniladi.

Asosiy holat parametri bo'lib, absolyut bosim hisoblanadi va u termodinamik tenglamalarga kiradi.

Harorat molekulalar issiqlik harakati intensivligi o'lchovidir. Uning sonli qiymati modda molekulasi o'rtacha kinetik energiyasi qiymati bilan bog'lik.

$$\frac{m \bar{c}^2}{2} = \frac{3}{2} kT \quad (1.2)$$

bu yerda: k - Bolg'tsman doimiysi, uning qiymati $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} / \text{K}$ dir. SHunday aniqlangan harorat absolyut harorat bo'ladi. SI - sistemasida harorat «Kelg'vin» (K) da o'lchanadi, amalda esa TSelg'siy graduslarida ($^{\circ}\text{S}$) o'lchash keng qo'llaniladi. Ular o'rtasida quyidagi bog'liqlik bor: $T (\text{K}) = t (^{\circ}\text{S}) + 273,15$

Solishtirma hajm. Bu massa birligidagi moddaning egallagan hajmidir. Demak

$$v = Y / M \quad \text{bu yerda}$$

M - jism massasi; Y - jism hajmi; v - solishtirma hajm

SI sistemasida solishtirma xajm o'lchov birligi [m^3/kg], solishtirma hajm zichlikka teskari proportsional.

Bir xil holatlarda sistemani xarakterlovchi kattaliklarni taqqoslash uchun «normal sharoit» degan tushuncha kiritiladi:

«fizik normal sharoit» - $R = 760 \text{ mm sm ust} = 101,325 \text{ kPa}$; $T = 273,15 \text{ K}$

«texnik normal sharoit» $R = 735,6 \text{ mm sm ust} = 98 \text{ kPa}$; $t = 15 ^{\circ}\text{S}$

Texnik termodinamikada odatda «fizik normal sharoit» qoʻllaniladi. Agar hamma termodinamik parametrlar vaqt mobaynida sistemaning butun hajmi boʻyicha oʻzgarmasa, sistemaning bunday holati **muvozanatda** deyiladi. Agar aksi boʻlsa **muvozanatda boʻlmagan** sistema deyiladi. Bunday sistemada parametrlar gradienti taʼsiri ostida issiqlik, modda oqimi va boshqalar sodir boʻladi va sistema muvozanatga kelishga harakat qiladi. Klassik termodinamikada faqat muvozanatda boʻlgan sistemalar oʻrganiladi.

4. *Holat tenglamalari* Muvozanatda boʻlgan termodinamik sistemalar uchun parametrlar oʻrtasida **holat tenglamalari** deb ataluvchi funktsional bogʻliqlik bor: $f(P, V, T) = 0$ Bu tenglamani boshqacha ham yozish mumkin.

$$P = f_1(V, T) \quad V = f_2(P, T) \quad T = f_3(P, V)$$

Ushbu tenglamalar shunikoʻrsatadiki, uchta asosiy parametrlardan ikkitasi mustaqil xisoblanib, uchinchi sinishu ikki ta parametrlar orqali topish mumkin.

Ideal gaz holat tenglamasi. Termodinamikada oʻzaro taʼsirlashmaydigan moddiy nuqtalar sistemasika bixossalarga ega boʻlgan barcha gazlar **ideal** xisoblanadi. Real gazlar past bosimlarda idealga yaqinlashadi, yaʼni bisha roitda molekular orasidagi oʻzaro taʼsir kuchini va molekular hajmini hisobga olmaslik mumkin.

(1.1) va (1.2) dan kelib chiqqan xolda $P = nkT$, 1kg gaz uchun

$$n = \frac{N}{V}, \quad \text{u holda } PV = NkT \quad \text{yoki} \quad \frac{PV}{T} = Nk = \text{const}$$

Bu yerda N - 1kg gazdagi molekular soni. 1 kg gaz uchun olingan Nk - doimiy miqdor R xarfi bilan belgilanib gaz doimiysi deyiladi.

$$\text{U xolda } \frac{PV}{T} = R \quad \text{yoki} \quad PV = RT \quad (1.3)$$

Bu Klapeyron tenglamasi deyiladi va 1834 yilda topilgan. (1.3) ni M ga koʻpaytirib ixtiyoriy massadagi gaz uchun yozish mumkin.

$$PV = M R T \quad (1.4)$$

Agar $M = \mu$ va $V = V_\mu$ desak u holda 1 molgʻ gaz uchun

$$PV_\mu = \mu RT \quad (1.5)$$

bu yerda V_μ - 1 kmol gaz hajmi, μR - universal gaz doimiysi

$$\mu R = 8314 \text{ J / (kmolK)}$$

Real gaz holat tenglamasi. Real gazlarda molekular oʻzaro taʼsirini va molekular hajmini hisobga olmaslik mumkin emas. SHuning uchun Van-der - Vaalgʻs real gazlar uchun quyidagi tenglamani taklif qiladi.

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT \quad (1.6)$$

bu yerda a - gaz tabiatiga bogʻliq boʻlgan proportsionallik koeffitsienti; b - gazni qisish mumkin boʻlgan eng kichik hajm $V \rightarrow \infty$ va $P \rightarrow 0$ boʻlganda Van-der-Vaalgʻs tenglamasi Klapeyron tenglamasiga aylanadi.

5. Termodinamik jarayonlar

Sistema termodinamik holatini vaqt mobaynida ixtiyoriy o'zgarishi termodinamik jarayon deyiladi. Masalan silindrdagi porshenharakatlanganda undagi hajm, bosim va harorat o'zgarib kengayish va siqish jarayoni deb ataluvchi termodinamik jarayon sodir bo'ladi.

Muvozanat vaziyatdan chiqarilgan sistema, agar o'z-o'ziga qo'yib qo'yilsa, u albatda yana bir boshqa muvozanat holatiga qaytadi. Sistemaning bunday o'z-o'zidan (tashqi ta'sirlarsiz) muvozanat vaziyatiga qaytishi *relaksatsiya* deyiladi va buning uchun ketgan vaqt relaksatsiya vaqti deyiladi. Misol uchun gazlarda bosim muvozanatlashishi uchun 10^{-16} S vaqt kerak bo'lsa o'sha hajmdagi gazning harorati muvozanatlashishi uchun o'nlab minut kerak bo'ladi.

Agar biror bir jarayonda sistemani hamma parametrlari mos ravishda relaksatsiya jarayoniga nisbatan yetarli darajada sekin o'zgarsa, bunday jarayon **muvozanatlashgan termodinamik jarayon** deb aytiladi. Bunday holda sistema amalda hamma vaqt tashqi muhit bilan muvozanatda bo'ladi. Jarayon muvozanatda bo'lishi uchun quyidagi munosabat bajarilishi kerak.

$$da / dr \ll C_r = \Delta a / \tau.$$

bu yerda **a** - jarayondagi eng tez o'zgaruvchi parametr;

S_r - shu parametрни relaksatsiya jarayonidagi o'zgarish tezligi;

τ - relaksatsiya vaqti.

Nazorat savollari

1. Issiqlik texnikasi fani nimani o'rganadi?
2. Texnik termodinamika fani nimani o'rganadi?
3. Termodinamik sistema deganda nimani tushunasiz?
4. Asosiy termodinamik xolat parametrlari qaysilar?
5. Solishtirma xajm qaysi formula bilan aniqlanadi?
6. Ideal gaz xolat tenglamasini yozing.
7. Real gaz xolat tenglamalarini yozing.
8. Termodinamik jarayon nima?
9. Termodinamik jarayon turlarini ayting.
10. Relaksatsiya deb nimaga aytiladi?

2-Mavzu Gaz aralashmasi, gazlarni issiqlik sig'imi.

Issiqlik sig'imi. Gazlar issiqlik sig'imining molekulyar - kinetik nazariyasi. Issiqlik sig'imi kvant nazariyasining unsurlari. Haqiqiy va o'rtacha issiqlik sig'implar. Gaz issiqlik sig'implarining empirik ifodalari. Issiqlik sig'imini jarayonga va haroratga bog'liqligi. Ideal gaz aralashmalari. Dalton qonuni. Aralashma tarkibining berilish usullari. Aralashma ko'rsatkichlarini tarkibi, hamda uni komponentlar ko'rsatkichlari orqali ifodalash.

O'zaro kimyoviy reaksiyaga kirishmaydigan alohida gazlarning mexanik aralashmasiga gaz aralashmasi deyiladi. Har bir gaz hamma o'zining xossalarini saqlaydi va o'zini butun hajmni o'zi egallaganday tutadi. Har bir gazning alohida

bosimi parsial bosim deyiladi. Gaz aralashmasi Dalton qonuniga bo'ysunadi: "Gaz aralashmasining umumiy bosimi, uni tashkil qilgan alohida gazlarning parsial bosimlari yig'indisiga teng".

$$P = p_1 + p_2 + \dots + p_n = \sum_1^n P_i$$

2. Gaz aralashmasini ifodalash usullari.

Aralashma tarkibi massa, hajm va mol ulushlarda berilishi mumkin: Massa ulushi deb alohida gaz M_i massasini aralashma massasi M ga nisbatiga aytiladi. $g_i = M_i / M$

Massa ulushlarining yig'indisi birga teng.

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

Alohida gazlar massalarining yig'indisi aralashma massasiga teng.

$$M = M_1 + M_2 + \dots + M_n = \sum_{i=1}^n M_i$$

Massa ulushlari ko'pincha foizlarda beriladi. Masalan quruq havo uchun $g_{N_2} = 77\%$, $g_{O_2} = 23\%$

Hajmiy ulush deb alohida gaz keltirilgan hajmi - V_i ni aralashma hajmi - V ga nisbatiga aytiladi.

$$\nu_i = \frac{V_i}{V}$$

Keltirilgan hajm deb bosimi va harorati aralashma bosimi va haroratiga teng bo'lgan alohida gazning egallagan hajmiga aytiladi.

Keltirilgan hajmni hisoblash uchuni 1-chi gaz uchun 2 ta holat tenglamasini yozamiz.

$$P_i V = M_i R_i T \text{ va } P V = M R T$$

Bu tenglamalardan ko'rinib turibdiki

$$V_i = V p_i / p$$

Hamma gazlar hajmlarining yig'indisini Dalton qonunini hisobga olgan holda

$$\text{yig'sak: } \frac{V p_1}{p} + \frac{V p_2}{p} + \dots + \frac{V p_n}{p} = \frac{V (p_1 + p_2 + \dots + p_n)}{p} = \frac{V P}{p} = V.$$

ya'ni alohida gazlar keltirilgan hajmlarining yig'indisi aralashma hajmiga teng.

$$\sum_{i=1}^n V_i = V.$$

Hajm ulushlarining yig'indisi esa birga teng.

$$\sum_{i=1}^n \nu_i = 1.$$

Mol ulushi deb alohida gaz N_i mol miqdorini umumiy gaz aralashmasi N mol miqdoriga nisbatiga aytiladi.

$$r_i = N_i / N$$

Alohida gazlar miqdorlari yig'indisi aralashmani mol hisobidagi miqdoriga teng.

$$N = \sum_{i=1}^n N_i.$$

Avogadro qonuniga ko'ra bir mol ixtiyoriy gazning bir xil P va T da, xususan aralashma bosimi va haroratidagi hajmi bir xil bo'ladi. Demak alohida gazning keltirilgan hajmi V_i bir mol o'sha gazning N_i miqdorini V_μ mollar soniga ko'paytmasiga teng:

$$V_i = V_\mu N_i$$

Aralashma hajmini esa quyidagicha topish mumkin.

$$\frac{V_i}{V} = \nu_i = \frac{V_\mu N_i}{V_\mu N} = \frac{N_i}{N}.$$

$$V = V_\mu N \text{ u holda}$$

binobarin aralashmani mol ulushlarda ifodalash hajmiy usulda ifodalash bilan bir xildir.

Aralashmaning gaz doimiysi quyidagicha topiladi.

$$R_e = \sum_{i=1}^n g_i R_i$$

3. Issiqlik sig'imi va turlari

Jism holati juda cheksiz kichik o'zgarganida olgan issiqlik miqdori δQ ni, shu holat o'zgarishiga mos harorat o'zgarishi dT ga nisbatiga jismni o'sha jarayondagi to'la issiqlik sig'imi deyiladi.

$$C = \delta Q / dT \quad [J/K]$$

1. Odatda issiqlik sig'imi tanlab olingan birlik modda miqdoriga qarab quyidagiga aytiladi:

2. Solishtirma massa issiqlik sig'imi, u 1 kg gaz uchun topiladi.

$$c = C / M = \frac{\delta Q}{dTM} \quad [J/kg \cdot K]$$

2. Solishtirma xajm issiqlik sig'imi, u 1 m³ gaz uchun topiladi.

$$C' = C / V = \frac{\delta Q}{dTV} \quad [J/m^3 \cdot K]$$

Solishtirma mol issiqlik sig'imi, u 1 kmol gaz uchun topiladi

$$\mu c = C / N_\mu = \frac{\delta Q}{dT N_\mu} \quad [J/kmol \cdot K]$$

Bu solishtirma issiqlik sig'implari o'rtasida quyidagi bog'liqliklar bor:

$$c = \mu * C / \mu c' = \mu * c / 22.4 \quad c' = c * \rho = c / \nu$$

Issiqlik miqdori bir xil berilishiga qaramay qanday jarayon sodir bo'layotganiga qarab harorat har xil o'zgaradi. Shuning uchun issiqlik sig'imi jarayon funksiyasidir. Termodinamik hisoblarda o'zgarmas bosimda issiqlik sig'imi S_p va o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imi S_v katta ahamiyatga ega.

$$C_p = \frac{\delta q_p}{dT} \quad \text{va} \quad C_v = \frac{\delta q_v}{dT}$$

$V = \text{const}$ izoxorik jarayon uchun $dv = 0$ u holda termodinamikani 1- qonuniga asosan

$$dq_v = du + p dv = du = c_v dT$$

$p = \text{const}$ izobarik jarayon uchun $dp = 0$ u holda

$$dq_p = du + p dv; \text{ ёки } cpdT = c_v dT + p dv$$

Bu tenglamani integrallasak 1-2 jarayon uchun

$$cp = (T_2 - T_1) = c_v (T_2 - T_1) + p (v_2 - v_1) \text{ ammo } p v_2 - p v_1 = R(T_2 - T_1)$$

$$\text{u xolda} \quad cp (T_2 - T_1) = c_v (T_2 - T_1) + R(T_2 - T_1) \quad | (T_2 - T_1), \text{ ёки}$$

$$cp = c_v + R$$

Ushbu tenglama Mayertenglamaside batalib termodinamikadagi asosiy tenglamalar dan biridir. Termodinamikadak $\quad = \quad cp \quad / \quad cv$ Poisson ko'effitsientide bataluvchikoeffisient ham kattaroq bo'laydi.

Mayertenglamasidanki $\quad$ gaz doimiysi R son jihatdan 1 kg gazni o'zgarmas bosimda 1 kelvin qizdirilgan da bajarilgan ishga teng.

4. O'rtacha va haqiqiy issiqlik sig'imi

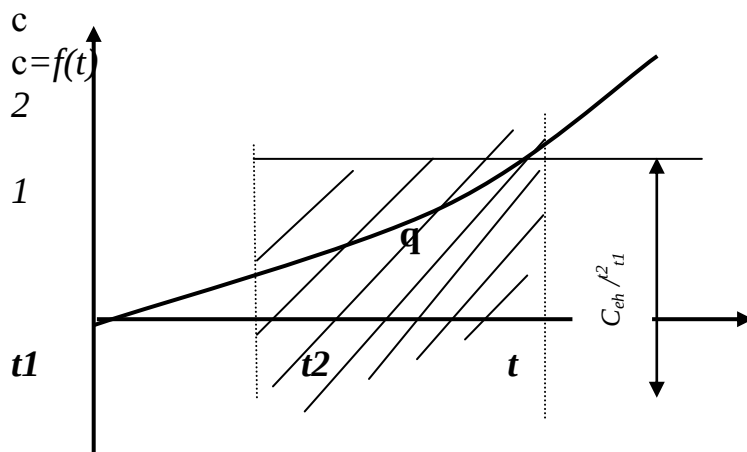
Real gazning issiqlik sig'imi haroratga bog'liq bo'lganligi uchun haqiqiy va o'rtacha issiqlik sig'imi farqlanadi.

t_1 dan t_2 gacha harorat intervalida biror bir jarayonning o'rtacha issiqlik sig'imi - C_{yp} деб, газ ҳароратини t_1 dan t_2 gacha ko'tarish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdoriga aytiladi.

$$C_{yp} \Big|_{t_1}^{t_2} = q / (t_2 - t_1)$$

Haqiqiy issiqlik sig'imi esa $c = \frac{\delta q}{dT}$ kabi topiladi. Bundan $\delta q = c dT$. Ushbuni

$$\text{integrallasak} \quad q = \int_{t_1}^{t_2} c dt \quad \text{Shuning uchun} \quad C_{yp} \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} dt}{t_2 - t_1}$$



5. Gaz aralashmasining issiqlik sig'imi.

Agar aralashma massa ulushlarda ifodalangan bo'lsa uning massa issiqlik sig'imi quyidagicha topiladi:

$$c_v = \sum_{i=1}^u g_i * c_{v_i} \quad \text{yoki} \quad c_p = \sum_{i=1}^u g_i * c_{p_i}$$

Massa ulushlarda berilgan gazning hajmiy issiqlik sig'imi quyidagiga teng.

$$c' = c \rho_{ap} = c / \text{vap} \quad [j / m^3 \text{ grad}]$$

Agar aralashma hajmiy ulushlarda ifodalangan bo'lsa uning hajmiy issiqlik sig'imi quyidagicha topiladi.

$$C'_v = \sum_{i=1}^u r_i * c'_{v_i} \quad \text{yoki} \quad C'_p = \sum_{i=1}^u r_i * c'_{p_i}$$

Massaviy issiqlik sig'imi esa quyidagicha topiladi.

$$c = c' \text{ vap} = c' / \rho_{ap} \quad [j/kg \text{ grad}]$$

Nazorat savollari

1. Gaz aralashmasi deb nimaga aytiladi?
2. Dalton qonunini ayting va matematik ifodasini yozing?
3. Gaz aralashmasini qanday ifodalash usullari mavjud?
4. Issiqlik sig'imi nima?
5. Issiqlik sig'imining qanday turlarini bilasiz?
6. O'rtacha va haqiqiy issiqlik sig'implari orasida qanday o'xshashlik va farqli tomonlari bor?
7. Issiqlik sig'imi va s-t diagrammasi haqida nima deya olasiz?
8. Mayer tenglamasini keltirib chiqaring.
9. Puasson koeffisienti nima va u termodinamikada qanday ahamiyatga ega?
10. Solishtirma issiqlik sigimlari qanday topiladi?
11. Aralashmani issiqlik sig'imi qanday topiladi?

3-Mavzu Termodinamikaning I- qonuni.

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni. Termodinamik jarayonda ish va issiqlik miqdori. Termodinamikaning I qonunini ta'riflari. I- qonunning ichki energiya orqali ifodalanishi. So'rish (kengayish) ishi. Entalpiya. Termodinamikaning I qonunini entalpiya orqali ifodalanishi. Asosiy termodinamik jarayonlarning tahlili. Politropik jarayon va uning tahlili.

1. Ichki energiya

Sistema ichki energiyasi quyidagilarni o'z ichiga oladi:

1. Zarrachalarilgarilanma, aylanmavatebranmarahakatlarikinetikenergiyasi;
2. Zarrachalarning o'zaro ta'sir potensial energiyasi;
3. Atomlarning elektron qavat potensial energiyasi;
4. Ichki yadro energiyasi;

Ko'pgina teploenergetik jarayonlarda oxirgi ikki energiya o'zgarmaydi. Shuning uchun sistemaning **ichki energiyasi (U)** deganida dastlabki ikki energiyani, ya'ni zarrachalar harakatining kinetik energiyasi va o'zaro ta'sir potensial energiyasini birgalikda tushunamiz. Ichki energiya jism holatining funksiyasidir.

$$U = f_1(P, v) ; U = f_2(P, T) ; U = f_3(v, T)$$

Murakkab sistemaning ichki energiyasi uning alohida qismlarini energiyalari yig'indisi sifatida topiladi, ya'ni ichki energiya additivlik xususiyatiga ega: $u = U / M [j/kg]$ solishtirma ichki energiya deyilib, birlik massadagi moddaning ichki energiyasini ifodalaydi.

Ichki energiya o'zgarishi jismning boshlangich va oxirgi holatlarini farqi sifatida topiladi:

$$\Delta u = \int_1^2 du = u_2 - u_1.$$

Bu ichki energiyaning dU elementaro'zgarishi, U ga nisbatan to'liq differentsial ekanligini ko'rsatadi.

$$du = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_v dT + \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T dv \quad (3.1)$$

Ideal gazda ichki energiya hajm va bosimga bog'liq emas, ya'ni $(\partial u / \partial v)_T = 0$, $(\partial u / \partial p)_T = 0$, shuning uchun ideal gaz ichki energiyasining harorat bo'yicha hosilasi to'la hosiladir:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_p = \partial u / \partial T \quad (3.2)$$

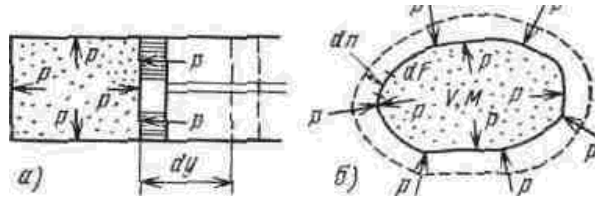
2. Kengayish ishi

Termodinamikada ham mexanikada gikabi ishishchi jismga tashqi kuchni shu jismga bosib o'tayotgan yo'lga ko'paytirib topiladi.

Yuzasi F bo'lgan qo'zg'aluvchi porshenga ega silindr ichiga qamalgan gazni ko'rib chiqaylik (3.1 rasm). Agar gazga issiqlik berak u tashqi p bosimga

qarshi kengayib ish bajaradi. Gaz porshenga pF kuch bilan ta'sir qiladi va $\delta L = pFdy$ elementar ish bajaradi.

bu erda: dy - porshen yo'li. Ammo Fdy sistemaning qo'shilgan (oshgan) hajmini ifodalaydi, binobarin



3.1-rasm. Kengayish ishini topishga doir chizma

$$\delta L = p dV \quad (3.3)$$

yoki

$$L = \int_{v_1}^{v_2} p dv \quad [j] \quad (3.4)$$

Sistema hajmining oshishiga olib keluvchi va tashqi kuchlarga qarshi bajarilgan Lish kengayish ishi deb ataladi.

(3.3) ifoda umumiy holat uchun ham to'g'ridir, va idish shakliga bog'liq emas. Masalan massasi M (3.1 rasm) xajmi V bo'lgan gaz yuzasi F bo'lgan elastik qobiq ichida bo'lsin. Qobiqqa tashqi muhit tomonidan p bosim ta'sir qilayotgan bo'lsin. Sistema kengayayotgan bo'lsa (muvozanatdagi jarayon) qobiqning xar bir dF yuzasi dn ga siljiydi. Bunda $p dF dn$ ga teng elementar ish bajariladi. Umumiy ish esa butun F yuza bo'yicha integrallab topiladi.

$$\delta L = p \int_F dF * dn \quad \text{ammo} \quad dv = p \int_F dF * dn$$

Demak yopiq sistemani hajm o'zgarishda bajarilgan ishi bosimni oshgan hajmiga ko'paytmasi sifatida topiladi.

Agar $dV > 0$ bo'lsa $\delta L > 0$ bo'ladi, ya'ni ishchi jism ish bajarayotgan bo'ladi (kengayish jarayoni). Agar $dV < 0$ bo'lsa $\delta L < 0$ bo'ladi va ishchi jism ustida tashqi kuchlar ish bajarayotgan bo'ladi (qisish jarayoni). Kengayish ishini 1 kg ishchi jism massasi uchun olsak:

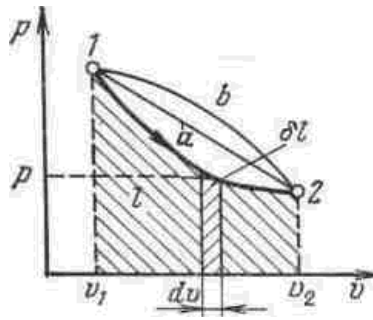
$$l = L / M$$

$$\delta l = \delta L / M = (p dV) / M = p d(V/M) = p dv \quad (3.5)$$

solishtirma ish deyiladi va 1 kg gaz uchun quyidagicha topiladi.

$$l = \int_{v_1}^{v_2} p dv \quad (3.6)$$

Termodinamikada muvozanatdagi jarayonlarni o'rganish uchun $p - v$ diagrammadan keng foydalaniladi.



3.2 – rasm. Ishni $p - v$ diagrammadagi tasviri.

$p - v$ diagrammadagi egri chiziq ostidagi yuza kengayish ishiga ekvivalentdir. Grafikdan ko`rinib turibdiki  $l_{1b2} > l_{12} > l_{1\alpha 2}$ . Demak ish termodinamik jarayon qanday kechayotganligiga bog`liq.

Ish bajarilganda hamma vaqt makroskopik jismlar siljiydi (porshen siljishi, qobiq deformatsiyasi) shuning uchun u energiya uzatishning makrofizik formasi bo`lib uzatilgan energiya o`lchovidir.

3.Issiqlik

Energiya uzatishining makrofizik formasidan tashqari mikrofizik deb ataluvchi tashqi muhit bilan sistema o`rtasida molekulalar darajasida energiya almashinish bor. Bu holatda ish bajarilmay sistemaga energiya beriladi. Bu uzatilgan energiya o`lchovi bo`lib issiqlik xizmat qiladi. Issiqlik jismlar orasida haroratlar farqi bo`lganda uzatiladi va joullarda o`lchanadi.

4.Termodinamikaning 1-qonuni

Bu qonun umumiy energiya saqlanish va aylanish qonunining issiqlik hodisalariga tadbiq qilingan xususiy holdir. Energiyani saqlanish va aylanish qonuni tabiatning fundamental qonuni bo`lib, o`tkazilgan juda ko`p tajribalar yordamida topilgan. Termodinamikaning 1 - qonunini analitik ifodasi quyidagicha.

$$\delta Q = dU + \delta L \quad (3.7)$$

ya'ni sistemaga uzatilgan issiqlik miqdori uning ichki energiyasini oshishiga va tashqi kuchlarga qarshi bajarilgan ishga sarf bo`ladi.

Quyidagi xususiy xollarni ko`rib chiqaylik:

1. $\delta Q = 0$ -sistema va tashqi muhit o`rtasida issiqlik almashinish yuq , - adiabatik jarayon, (3.7) tenglamaga asosan

$$\delta L = - dU \quad (3.8)$$

$\delta L = 0$ bunda sistema hajmi o`zgarmaydi, - izoxorik jarayon. u holda

$$\delta Q = dU \quad (3.9)$$

3. $dU = 0$ - bunda sistema ichki energiyasi o`zgarmaydi. U xolda

$$\delta Q = \delta L \quad (3.10)$$

1 kg ishchi jism uchun

$$\delta q = du + \delta l \quad (3.11)$$

(3.7) va (3.11) tenglamalarni biror bir jarayon uchun integrallasak termodinamika 1 - qonunini integral ko'rinishida olamiz.

$$Q = \Delta U + L \quad \text{va} \quad q = \Delta u + l \quad (3.12)$$

bu erda $\Delta U = U_2 - U_1$ va $\Delta u = u_2 - u_1$

5. Entalpiya

Termodinamikada sistema ichki energiyasi U va sistema bosimi p bilan hajmi V o'rtasidagi ko'paytmani yig'indisini beruvchi Entalpiya katta rol o'ynaydi.

$$H = U + pV, \quad [\text{J}] \quad (3.13)$$

entalpiya ham holat funktsiyasidir.

$$H = f_1(p, V); \quad H = f_2(p, T); \quad H = f_3(V, T)$$

entalpiya additivlik xususiyatiga ega :

$$h = u + p v \quad [\text{J} / \text{kg}] \quad (3.14.)$$

solishtirma entalpiya deyiladi va 1 kg modda uchun topiladi.

$$\Delta H = \int_1^2 dH = H_2 - H_1$$

Nazorat savollari

1. Ichki energiya nima?
2. Kengayish ishi termodinamikada qanday topiladi?
3. Kengayish ishini P-V diagrammada ifodalang.
4. Issiqlik nima?
5. Termodinamikaning 1-qonunini ayting..
6. Termodinamikaning 1-qonunini analitik ifodasini yozing?
7. Termodinamikaning 1-qonuni bo'yicha kelib chiqadigan xususiy hollarni tushuntiring.
8. Entalpiya qanday topiladi?
9. Solishtirma entalpiya deganda nimani tushunasiz?
10. Termodinamik sistemaning additivlik xususiyatini qanday izohlaysiz?

4-Mavzu Termodinamikaning ikkinchi qonuni.

To'g'ri va teskari davriylik. Issiqlik qurilmasining termik foydali ish koeffitsienti (F.I.K.). Sovutish koeffitsienti. Karno davriyligi va uning F.I.K. Karno teoremasi. Entropiya holat funktsiyasi sifatida. Termodinamika II qonunining qaytar jarayonlar va davriyliklar uchun analitik ko'rinishi.

1. Entropiya

$$ds = \frac{\delta q}{T} = \frac{c_v dT + p dv}{T} = c_v \frac{dT}{T} + R \frac{dv}{v} \quad (4.1)$$

nisbat gaz holati o'zgarishi barqaror (muvozanatda) bo'lganda holat funktsiyasining to'la differentsialidir. U entropiya deb atalib 1 kg gaz uchun s

deb belgilanadi va j/ kg K da o'lchanadi. Demak entropiya analitik usulda quyidagicha topiladi.

$$ds = \delta q / T$$

Boshka holat funktsiyalari kabi entropiyani ham 2 ta ixtiyoriy parametr orqali ifodalash mumkin.

$S = \xi_1 (', V);$ $S = \xi_2 (', T);$ $S = \xi_2 (V, T);$
BERILGAN HOLAT UCHUN ENTROPIYA QIYMATI INTEGRALLASH ORQALI
QUYIDAGICHA TOPILADI:

$$s = \int \frac{\partial q}{T} + s_0 \text{ bu yerda } s_0 - \text{integrallash konstantasi}$$

Texnik termodinamikada entropiyani absolyut qiymati emas, balki odatda biror bir jarayondagi o'zgarishi o'rganiladi.

$$\Delta s = s_2 - s_1 = \int_1^2 \frac{\partial q}{T}$$

ideal gaz uchun entropiya o'zgarishini topaylik. Buning (4.1) ni 1 va 2 holatlar uchun integrallaymiz.

$$s_2 - s_1 = c_v \ln (T_2/T_1) + R * \ln (v_1 /v_2) \quad (4.2)$$

1 va 2 holatlar uchun Klapeyron tenglamasidan

$$T_2/T_1 = R_2 V_2 / R_1 V_1 \quad V_2/V_1 = T_2 ' _1 / T_1 ' _2$$

BU QIYMATLARNI

(4.2 GA QO'YSAK)

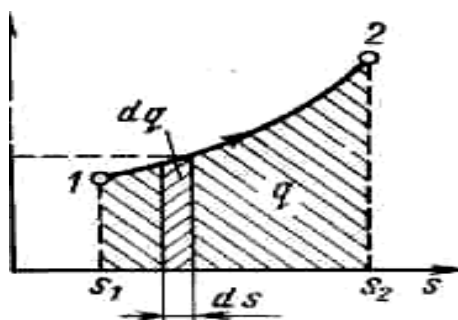
$$S_2 - S_1 = C \cdot \ln (T_2/T_1) + R \ln (' _2 / ' _1) \quad (4.3)$$

yoki

$$S_2 - S_1 = C_v \ln (' _2 / ' _1) + C \cdot \ln (V_2/V_1) \quad (4.4)$$

hosil bo'ladi.

Entropiya tushunchasi termodinamik hisoblar uchun qulay bo'lgan T-s diagrammani kiritish imkonini beradi. Bunda termodinamik sistema holati nuqta bilan, muvozanatdagi termodinamik jarayon esa chiziq bilan ifodalanadi.



4.1 rasm. T- s koordinatalarda issiqlikni grafik tasviri

4.1. tenglamadan

$$dq = T ds \quad (4.5)$$

$$q = \int_1^2 T * ds \quad (4.6)$$

Bundan ko‘rinib turibdiki. T-S diagrammada jarayonni ifodalovchi chiziq, chekka ordinatalar va abtsissa o‘qi bilan chegaralangan yuza jarayonda berilgan yoki olingan q issiqlikni beradi.

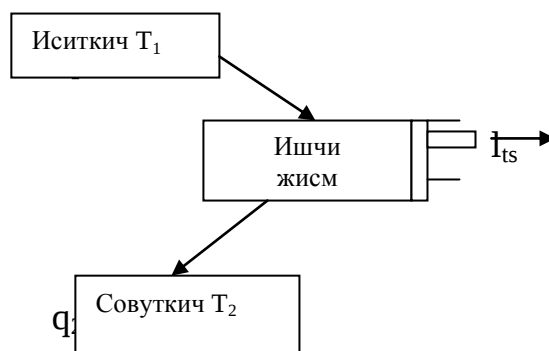
(4.5) tenglamadan yana shuni aytish mumkinki, jism qiziganda [$dq > 0$] uning entropiyasi ortadi ($ds > 0$) sovuganda esa ($dq < 0$) uning entropiyasi kamayadi. ($ds < 0$)

2. Termodinamika 2-qonunining umumiy formulirovkasi

Termodinamikaning 1- qonunidan kelib chiqib shuni aytish mumkinki, issiqlik va mexanik energiya dvigatelda o‘zaro ekvivalent miqdorlarda almashinadi. Hech qanday energiya sarf qilmay ish bajaradigan dvigatellar 1-turdagi abadiy dvigatellar deyiladi. Termodinamikaning 1-qonuniga asosan bunday dvigatelg‘ bo‘lishi mumkin emas.

Issiklik va ishning ekvivalentligiga qaramasdan ularning almashinishi bir xil emas. Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, mexanik energiya ishga to‘liq aylanishi mumkin, ammo issiqlik ishga to‘liq aylanmaydi. Bu termodinamikaning 2- qonuni bilan bog‘liq. Buni tushuntirish uchun issiqlik dvigatelinining termodinamik sxemasiga murojat qilaylik (rasm 4.2)

Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, hamma issiqlik dvigatellari issiqlik manbai, yopiq siklda ishlovchi ishchi jism va sovutkichga ega bo‘lishi kerak.



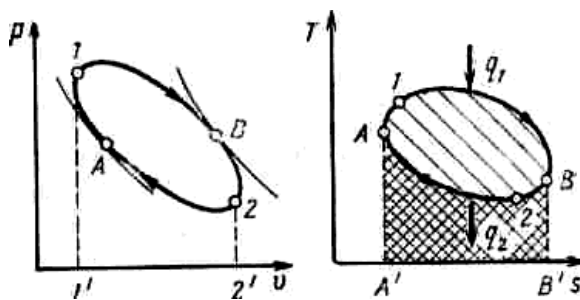
4.2 rasm.

Issiqlikdvigatelinining termodinamik sxemasi

Dvigatelg‘ quyidagicha ishlaydi. Ishchi jism 1V2 chiziq bo‘yicha kengayib 1V221 yuzaga teng ish bajaradi. Issiqlik mashinasida bu jarayon ko‘p marta takrorlanishi kerak. Buning uchun ishchi jismni yana dastlabki holatiga qaytarish kerak.

Agar ishchi jismni 2V1 chiziq bo‘yicha dastlabki holatiga qaytarsak siklni ishi nolga teng bo‘lib qoladi. Dvigatelg‘ mexanik energiya ishlab chiqarishi uchun kengayish ishi qisish ishidan katta bo‘lishi kerak.

SHuning uchun 2A1 qisish chizig‘i kengayish chizig‘idan pastda yotishi kerak (4.3 rasm).



4.3 rasm. p-v va T-s diagrammalardagi aylanma sikl

. Siklga termodinamikaning 1 - qonunini qo'llaylik.

$$\oint \partial q = \oint du + \oint \partial l$$

$\oint$ - 1V2A1 yopiq kontur bo'yicha integrallashni bildiradi. Ishchi jism dastlabki holatiga qaytgani uchun uning ichki energiyasi ham yana dastlabki holatiga qaytadi. SHuning uchun $\oint du = 0$. U holda $q_{ts} = l_{ts}$ Bu yerda $q_{ts} = \oint \partial q = q_1 - q_2$ ishga aylangan issiqlikdir. Issiqlikning termik f.i.k. deb siklning bajargan l_{ts} ishini shu ishni bajarish uchun siklga keltirilgan q_1 issiqlikka nisbatiga aytiladi.

$$\eta_y = \frac{l_y}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} < 1. \quad (4.7)$$

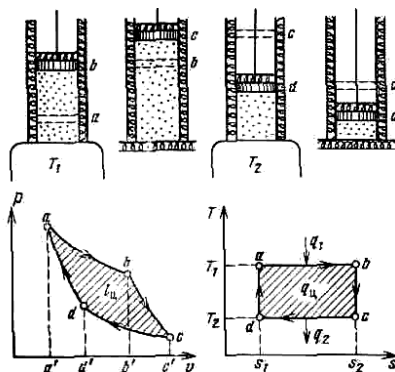
Termik f.i.k. issiqlik dvigatelining mukammallik darajasini ko'rsatadi.

Sovutkichsiz ishlay oladigan dvigatelg', ya'ni isitkichdan olingan issiqlikni to'la ishga aylantira oladigan dvigatelga 2-tur abadiy dvigatellar deyiladi.

Termodinamikaning 2-qonunidan ko'rinadiki, 2-tur abadiy dvigatellar bo'lishi mumkin emas.

4. To'g'ri va teskari Karno sikllari

To'g'ri Karno sikli ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat (rasm 4.4). Ushbu sikl yordamida frantsuz olimi S. Karno 1824 yilda issiqlikni mexanik ishga aylantirish qonuniyatlarini ishlab chiqdi



4.4 rasm. To'g'ri Karno sikli

Ishchi jism T_1 haroratda v_a hajmdan v_b gacha izotermik kengayib, isitkichdan $q_1 = T_1(S_2 - S_1)$ issiqlik oladi. Ishchi jismni keyingi kengayishi adiabatik bo'yicha boradi. Ishchi jismni bunday kengayishi ichki energiya hisobiga bo'lgani uchun harorat T_2 ga tushadi.

Endi ishchi jismning dastlabki holatiga qaytarish uchun uni T_2 haroratli sovutkichga qo'yamiz va cd izoterma bo'yicha qisamiz. Bunda sistema ustida l_2 ni bajarimiz va $q_2 = T_2(S_2 - S_1)$ issiqlikni sovutkichga uzatamiz so'ng silindrni izolyatorga quyib da liniya bo'yicha qisishni davom ettiramiz. Bunda bajarilgan ish sistema ichki energiyasini oshirishga sarf bo'ladi va gaz xaroratii T_1 ga ko'tariladi. Topilgan q_1 va q_2 qiymatlarini (4.7) ga kuysak.

$$\eta_z = 1 - \frac{q_1}{q_2} = 1 - \frac{T_1(S_2 - S_1)}{T_2(S_2 - S_1)} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \text{ demak,}$$

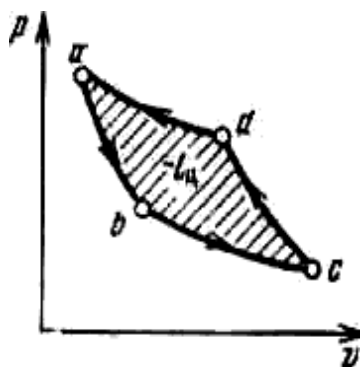
Karpo sikli uchun termik f.i.k.

$$\eta_z = 1 - \frac{T_1}{T_2} \quad (4.8)$$

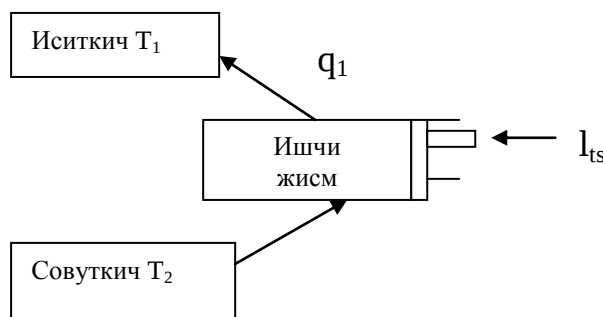
Karpo siklining termik f.i.k. termodinamika 2-qonunining mohiyatini ko'rsatadi. Undan ko'rinib turibdiki, isitkichdan olingan issiqlikni to'la ishga aylantirish, ya'ni $\eta_t = 1$ bo'lishi uchun $T_1 \rightarrow \infty$ yoki $T_2 \rightarrow 0$ bo'lishi kerak. Ikkala haroratni ham olib bo'lmaydi. SHuning uchun $\eta_t < 1$.

Karno qaytar siklini teskari yo'nalishda amalga oshiraylik (4.5-rasm). Ishchi jism avval a nuqtadan b nuqttagacha ichki energiyasi hisobiga kengayish ishini bajarib adiabatik kengayadi, bunda uning harorati T_1 va T_2 gacha soviydi, sungra b nuqtadan s nuqttagacha ishchi jism T_2 xaroratli sovitgichdan q_2 issiqlik olib izotermik kengayadi. Keyin gaz s nuqtadan d nuqttagacha adiabatik qisilib, harorati T_2 dan T_1 gacha ko'tariladi. So'ng d nuqtadan a nuqttagacha $T_1 = \text{const}$ sharoitda izotermik qisilib, q_1 issiqlikni isitgichga uzatadi. 4.6 – rasmda sovitish mashinasining termodinamik sxemasi keltirilgan.

Teskari siklda ishchi jism yuqori haroratda siqilgani uchun, tashqi kuchlarning qisish ishi kengayish ishiga nisbatan siklning absd konturi yuzasi qiymatiga katta. Bu ish issiqlikka aylanib, q_2 issiqlik bilan isitgichga uzatiladi.



4.5– rasm.
Teskari Karno sikli



4.6 – rasm. Sovutish mashinasining termodinamik sxemasi

SHunday qilib teskari siklni amalga oshirish uchun l_{ts} ish bajarib, past haroratli manbadan yuqori haroratli manbaga issiqlik uzatish mumkin. bunda past haroratli manba q_2 issiqlik uzatib, yuqori haroratli manba $q_1 = q_2 + l_{ts}$ issiqlik oladi. Teskari Karno sikli sovitish qurilmalari va isitish nasoslarining ideal sikli xisoblanadi.

Sovutish qurilmalarida ishchi jism sifatida oson qaynovchi suyuqliklar (freon, ammiak va boshqalar) bug‘lari ishlatiladi. sovitish kamerasidagi issiqlik elektr energiyasi sarfi hisobiga tashqariga uzatiladi.

Sovutish qurilmalarining samaradorligi sikl mobaynida sovitish kamerasidan olingan issiqlik miqdorini siklni amalga oshirish ishiga sarf bo‘lgan ishga nisbati sifatida topiluvchi sovitish koeffitsienti orqali aniqlanadi:

$$\varepsilon = \frac{q_2}{l_u} = \frac{q_2}{q_1 - q_2}$$

Teskari Karno sikli uchun

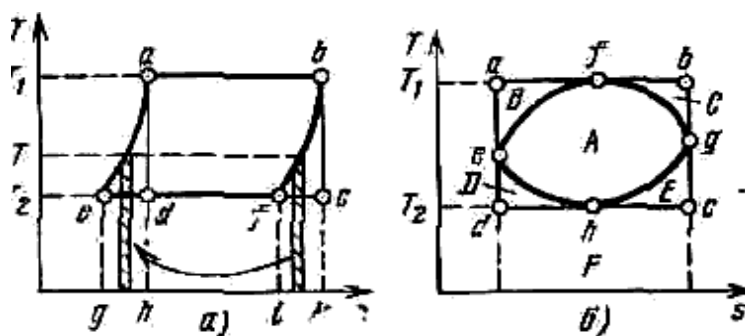
$$\xi = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

Formulalardan ko‘rinib turibdiki, tashqi muhit bilan sovitish kamerasi o‘rtasidagi haroratlar farqi qanchalik kichik bo‘lsa sovitish koeffitsienti ham shunchalik katta bo‘ladi va shunchalik oz energiya sarf bo‘ladi.

Teskari Karno siklidan foydalanib termodinamika 2-qonunining yana bitta, ya’ni Klauzius tahrifini aytish mumkin: ”Issiqlik o‘z-o‘zidan past haroratli jismdan yuqori haroratli jismga o‘ta olmaydi. Ushbu tahrif Tomson bergan tahrif bilan ekvivalentdir. Aks holda ikkinchi turdagi abadiy dvigatelni yaratish mumkin bo‘lib qoladi.

4. Umumlashgan Karno sikli.

T_1 va T_2 haroratli ikkita issiqlik manbai bo‘lganda issiqlikni regeneratsiya qilib murakkab umumlashgan Karno siklni olish mumkin. Buning mohiyati quyidagicha: 4.7.a- rasmdagi avfe siklni ko‘raylik. Sikl ab va fe ikkita izoterma va ixtiyoriy ikkita muvozanatdagi bf va yea jarayonlardan iborat. Bu bf va yea chiziqlar T - S diagrammasida ekvivalentdir.



4.7 rasm. Karno siklini ixtiyoriy boshqa sikl bilan solishtirish

Demak bf chiziq bo'yicha sovutishda chiqqan issiqlikni yea chiziq bo'yicha qizdirishda ishlatilishi mumkin.

Bu siklni f.i.k.

$$\eta_t = 1 - \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{T_2(S_i - S_g)}{T_1(S_k - S_h)};$$

bf va yea chiziqlari ekvidistant bo'lganligi uchun

$$S_k - S_h = S_i - S_g$$

Demak

$$\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Bunday sikl umumlashgan (regenerativ) Karno sikli deyiladi. Bundan boshqa hamma sikllarda Karno siklidek termik f.i.k. olib bo'lmaydi. 4.7. b rasmda ixtiyoriy efgh sikli ko'rsatilgan. Bu sikl atrofida absd Karyo siklini chizaylik U xolda:

$$\eta_t^{abcd} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{1}{A + B + C + D + E + F}$$

$$\eta_t^{efgh} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{1}{A + D + E + F}$$

Ko'rinib turibdiki

$$\eta_t^{abcd} > \eta_t^{efgh}$$

Ya'ni bir xil chegaraviy haroratlarda Karno sikli boshqa ixtiyoriy siklga nisbatan yuqori termik f.i.k. beradi.

Nazorat savollari

1. Entropiya nima?
2. Entropiya va T-S diagrammasi xaqida ayting.
3. Birinchi va ikkinchi turdagi abadiy dvigatellar deb nimaga aytiladi?
4. Termodinamikaning 2-qonunini ayting?
5. Siklning foydali ish koeffitsienti qanday topiladi?
6. Issiqlik dvigateli va sovutkichning termodinamik sxemalarini chizing va tushuntirib bering.
7. Sikllarning p-V va T-S koordinatalardagi diagrammalarini chizing va tushuntiring.
8. To'g'ri Karno sikli qanday sikl?
9. Umumlashgan Karno sikli qanday topiladi?

5-Mavzu Yopiq sistemalarda ideal gazlar holati o'zgarishining termodinamik jarayonlari

Termodinamik jarayonlar, izoxorik jarayon, izobarik jarayon, izotermik jarayon, adiabatik jarayon va politropik jarayonlar. Jarayonlarning P-V va T-S diagrammalarda ifodasi.

1. Ideal gaz holati o'zgarishi haqida asosiy tushunchalar.

Mahlumki, ishchi jismga berilgan issiqlik miqdori jarayon xarakteriga, turiga bog'liq. Texnikada nazariy va amaliy jihatdan katta ahamiyatga ega bo'lgan quyidagi asosiy jarayonlar mavjud: doimiy xajmda amalga oshuvchi izoxorik jarayon; doimiy bosimda amalga oshuvchi izobarik jarayon; doimiy haroratda amalga oshuvchi izotermik jarayon; tashqi muhit bilan issiqlik almashmaydigan adiabatik jarayon.

Bundantashkarim mahlum sharoitlarda yuqoridagi tabiiy jarayonlarni umumlashtiruvchi bir gurux jarayonlar borki, ular politropik jarayonlar deb atalib, issiqlik sigimi o'zgarishligi (doimiyligi) bilan xarakterlanadi.

Ushbu jarayonlarni ta'kidlashning umumiy usullari quyidagicha:

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

2. Termodinamik jarayonlar: izoxorik jarayon, izobarik jarayon, izotermik jarayon, adiabatik jarayon va politropik jarayonlar.

Izoxorik jarayon

Ushbu jarayonda sistemaxajmi o'zgarmaydi, ya'ni $dV=0$ yoki $V=const$

Ideal gaz holati tenglamasida

$$P/T = R/V = const, \text{ yoki } P_2/P_1 = T_2/T_1 \quad (5.1)$$

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

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

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

$$q = \int_{T_1}^{T_2} c_v dT = c_v (T_2 - T_1) \quad (5.2)$$

Agar issiqlik sigimi o'zgaruvchan, ya'ni $c = \text{var}$ bo'lsa,

$$q = c_{\text{vcp}} \Big|_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1) = c_{\text{vcp}} \Big|_0^{t_2} t_2 - c_{\text{vcp}} \Big|_0^{t_1} t_1 \quad (5.3)$$

bu yerda $c_{\text{vcp}} \Big|_{t_1}^{t_2}$ - haroratning $t_1 - t_2$ intervalida oʻrtacha massaviy izoxorik issiqlik sigimi . $l=0$ boʻlgani uchun termodinamikaning birinchi qonuniga muvofiq $\Delta u = q$, yagʻni

$$\left. \begin{array}{l} \Delta u = c_v(T_2 - T_1) \\ s_v = \text{const da} \\ s_v = \text{var da} \end{array} \right\} \Delta u = c_{\text{vcp}} \Big|_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1) \quad (5.4)$$

Ichki energiya jism xolati funktsiyasi boʻlgani uchun (5.4) formula ixtiyoriy jarayon uchun toʻgʻridir.

Entropiya oʻzgarishi quyidagicha topiladi:

$$s_2 - s_1 = c_v \ln(P_2/P_1) = c_v \ln(T_2/T_1) \quad (5.5)$$

Izobarik Jarayon.

Izobarik jarayonda sistema bosimi oʻzgarmas boʻladi , yagʻni $dP=0$, $P=\text{const}$

Ideal gaz xolati tenglamasidan

$$v/T = R/P = \text{const},$$

yoki

$$v_2/v_1 = T_2/T_1 \quad (5.6)$$

Bundan koʻrinadiki, Izobarik jarayonda gaz xajmi oʻzining absolyut haroratiga toʻgʻri proporsional . (Gey -Lyussak konuni)

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

$$l = \int_{v_1}^{v_2} p dv = p(v_2 - v_1) \quad (5.7)$$

$$P v_1 = RT_1 \text{ va } P v_2 = RT_2, \quad \text{boʻlganligi uchun } l = R(T_2 - T_1) \quad (5.8)$$

Jarayonda sistemaga keltirilgan issiqlik miqdori quyidagicha topiladi:

$$q = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT = c_{\text{pcp}} \Big|_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1) \quad (5.9)$$

Bu yerda $s_{\text{r}} \Big|_{t_1}^{t_2}$ - harorat t_1 dan t_2 gacha oʻzgarganda $s_r = \text{const}$ boʻlganda oʻrtacha massaviy izobarik issiqlik sigʻimi

$$q = c \cdot (t_2 - t_1) \quad (5.10)$$

Ichki energiya o'zgarishi (5.4) formuladan foydalanib topiladi. Buni quyidagicha ko'rsatish mumkin: Termodinamikaning birinchi konuniga ko'ra

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

Entropiya o'zgarishi $s_r = \text{const}$ bo'lganda:

$$s_2 - s_1 = c_p \ln(T_2/T_1) \quad (5.11)$$

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

Izotermik Jarayon.

Ushbu Jarayonda harorat o'zgarmas bo'ladi, yag'ni $dt=0$ $t=\text{const}$. Binobarin

$$Pv = RT = \text{const}$$

yoki

$$r_2/p_1 = v_1/v_2 \quad (5.12)$$

Izotermik Jarayonda bosim va solishtirma xajm uzaro teskari proportsional bo'ladi. Izotermik qisilishda gaz bosimi ortadi, kengayganda kamayadi (Boylg'-Mariott konuni).

Jarayonda bajarilgan ish:

$$l = \int_{v_1}^{v_2} p dv = \int_{v_1}^{v_2} RT/v dv = RT \ln(v_2/v_1) = RT \ln(p_1/p_2) \quad (5.13)$$

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

$$q = l_{\text{ya'niq}} = l = \int_{v_1}^{v_2} p dv = \int_{v_1}^{v_2} RT/v dv = RT \ln(v_2/v_1) = RT \ln(p_1/p_2) \quad (5.14)$$

Jarayonda harorat o'zgarmas bo'lganligi uchun $\Delta u=0$ bo'ladi.

(5.12) tenglamadan kelib chikib izotermik Jarayonda entropiya o'zgarishi quyidagicha topiladi:

$$s_2 - s_1 = \int_1^2 \delta q/T = q/T = R \ln(p_1/p_2) = R \ln(v_2/v_1) \quad (5.15)$$

Adiabatik Jarayon

Tashqi muhit bilan issiqlik almashmaydigan Jarayonga adiabatik Jarayon deyiladi. Tagʻrifga koʻra, $\Delta q = 0$ demak $q = \text{const}$

Ushbu Jarayon uchun termodinamikaning 1-konuni quyidagicha kurinishlarga ega boʻladi.

$$c_p dT - \nu dp = 0$$

$$c_v dT - p d\nu = 0.$$

Bu ikkala tenglamani bir-biriga boʻlsak

$$\frac{c_p dT}{c_v dT} = \frac{\nu dp}{p d\nu}, \text{ yoki } k \frac{d\nu}{\nu} = -\frac{dp}{p}.$$

Ushbu tenglamani $k = c_p / c_v = \text{const}$ sharoit uchun integrallaymiz.

$$k \int_{\nu_1}^{\nu_2} d\nu / \nu = - \int_{p_1}^{p_2} dp / p \text{ va } k \ln(\nu_2 / \nu_1) = \ln(p_1 / p_2)$$

Potentsirlagandan soʻng

$$(\nu_2 / \nu_1)^k = p_1 / p_2,$$

yoki

$$p_1 \nu_1^k = p_2 \nu_2^k \quad (5.16)$$

Bu ideal gaz uchun ($k = \text{const}$) adiabata tenglamasidir.

$$k = c_p / c_v \quad (5.17)$$

adiabata kursatkichi deyiladi. $c_p = c_v + R$ ni hisobga olib $k = 1 + R / c_v$ ekanligini topamiz. Klassik kinetik nazariyaga koʻra gazlarning issiqlik sigimi haroratga bogʻliq emas, shuning uchun k ni ham haroratga bogʻliq emas va molekulani erkinlik darajasiga bilan aniqlanadi deyish mumkin. Bir atomli gaz uchun $k = 1,66$; ikki atomli gaz uchun $k = 1,4$; uch- va koʻp atomli gaz uchun $k = 1,33$.

$k > 1$ boʻlganligi uchun p - ν koordinatalarda (5.4-rasm) adiabata chizigʻi izotermaga nisbatan tezroq koʻtariladi, chunki adiabatik kengayishda bosim izotermik kengayishga nisbatan tezroq kamayadi.

Ideal gaz xolat tenglamasidan 1 va 2 -xolatlar uchun xajmlar yoki bosimlar nisbatini topib, uni (5.16) tenglamaga kuysak adiabatik Jarayon tenglamasini olamiz:

$$T_2 / T_1 = (\nu_1 \nu_2)^{k-1}; \quad T_2 / T_1 = (p_2 / p_1)^{\frac{k-1}{k}} \quad (5.18)$$

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

$$l = -\Delta u = c_v(T_1 - T_2) = \frac{R}{k-1}(T_1 - T_2); \quad (5.19)$$

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

$$l = \frac{1}{k-1}(p_1 v_1 - p_2 v_2) \quad (5.20)$$

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

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

Politropik Jarayon

Qiymatlari $p v^n = const \quad (5.21)$

tenglamani kanoatlantiruvchi jarayonga politropik jarayon deyiladi . Politropa n ko'rsatkichi $-\infty: +\infty$ chegaradagi ixtiyoriy son kiymatini olishi mumkin, ammo ushbu jarayon uchun doimiy miqdor bo'ladi. Yuqoridagi (5.21) va Klapayron tenglamalaridan politropaning ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi ρ, v va T funksional bog'liklikni topish mumkin:

1-2 Jarayon uchun

$$p_2 / p_1 = (v_1 / v_2)^n; T_2 / T_1 = (v_1 / v_2)^{n-1}; T_2 / T_1 = (p_2 / p_1)^{\frac{n-1}{n}}. \quad (5.22)$$

Politropik jarayon uchun kengayish ishi (5.22) ni hisobga olib:

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

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

uholda

$$l = p_1 v_1^n \int_{v_1}^{v_2} dv / v^n = \frac{p_1 v_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{n-1} \right] = \frac{p_1 v_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] \quad (5.23)$$

ideal gaz uchun kengayish ishi quyidagik o'rinishga ega bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} l &= \frac{R}{n-1} (T_1 - T_2) \\ l &= \frac{p_1 v_1}{n-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \\ l &= \frac{1}{n-1} (p_1 v_1 - p_2 v_2) \end{aligned} \right\} \quad (5.24)$$

Jarayondagi keltirilgan issiqlik quyidagicha bo'ladir. Termodinamikaning 1-konuniga ko'ra

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

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

$$q = c_v \frac{n-k}{n-1}(T_2 - T_1) = c_n(T_2 - T_1) \quad (5.25)$$

bu yerda

$$c_n = c_v \frac{n-k}{n-1} \quad (5.26)$$

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

Entropiya o'zgarishi quyidagiga teng ;

$$\Delta s = \int_1^2 \frac{\delta q}{T} = c_n \ln \frac{T_2}{T_1} = c_v \frac{n-k}{n-1} \ln \frac{T_2}{T_1}. \quad (5.27)$$

Politronik Jarayon umumiylik xususiyatiga ega , chunki u asosiy termodinamik Jarayonlarni xammasini uz ichiga oladi. CHunki

izoxorik Jarayon uchun $n = \pm \infty, s_n = s_v$;

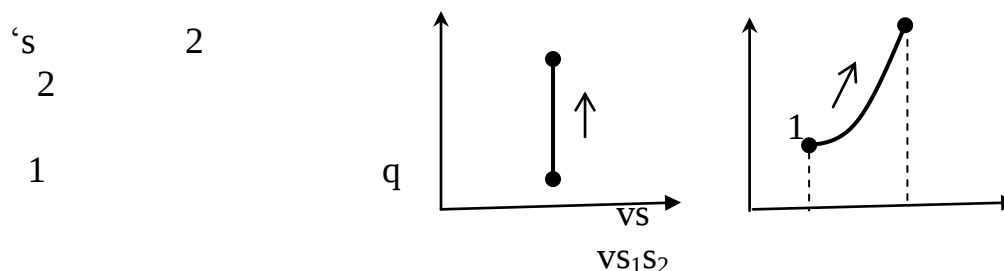
izobarik Jarayon uchun $n = 0, s_n = s$;

izotermik Jarayon uchun $n = 1, c_n = \infty$;

adiabatik Jarayon uchun $n = k, c_n = 0$. bo'ladir .

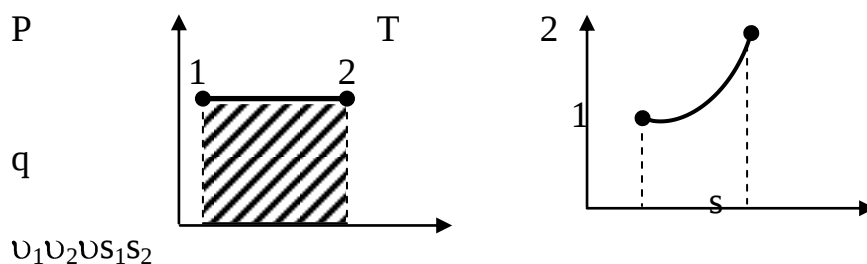
3. Jarayonlarning '-V va T-S diagrammalarda ifodasi.

Izoxorik jarayon



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

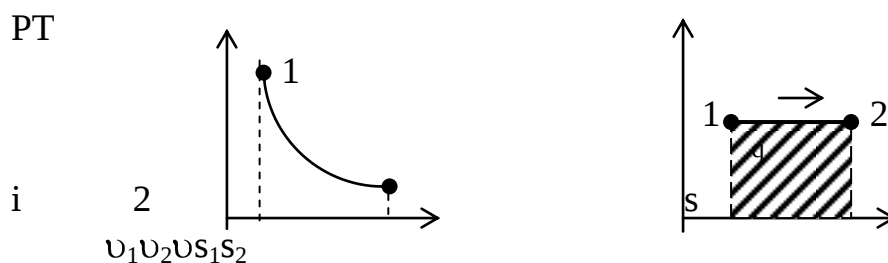
Izobarik Jarayon.



5.2-rasm. Izobarik jarayonni p - v va T -s diagrammalarda ifodalaniishi.

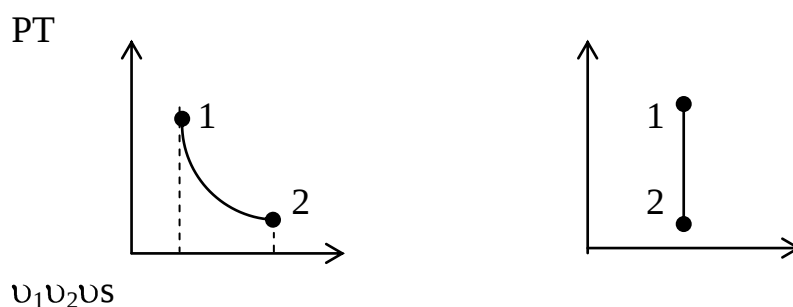
Izotermik Jarayon.

Izotermik jarayonning p - v koordinatalardagi grafigi, (5.12) tenglamaga asosan teng yonli giperbola bo'lib koordinata o'qlari asimptota bo'lib xizmat qiladi. (5.3-rasm)



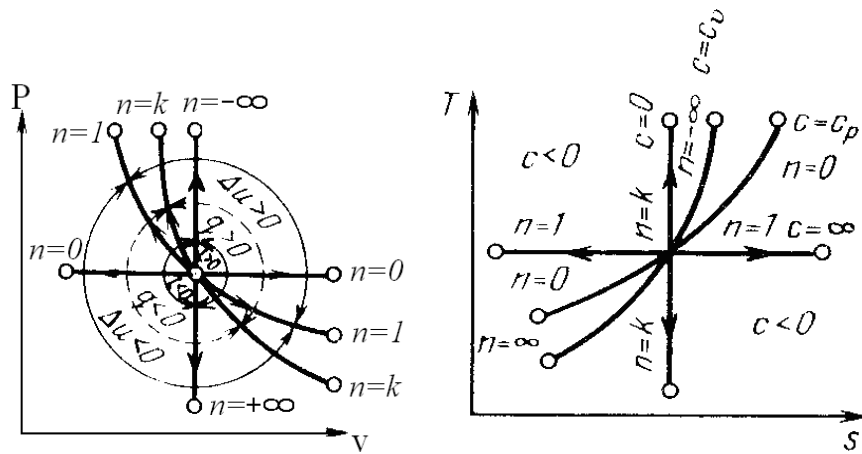
5.3-rasm. Izotermik jarayonning p - v va T -s koordinatalarda ifodalaniishi.

Adiabatik Jarayon



5.4-rasm. Adiabatik jarayonning p - v va T -s koordinatalarda ifodalaniishi.

Politropik Jarayon



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

Jarayonning P - V va T - S diagramalardagi grafiklari 5.5-rasmda keltirilgan. Ko‘rinib turibiki hamma jarayonlar bir nuqtadan boshlanadi.

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

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

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

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

Nazorat savollari

1. Qanday termodinamik jarayonlarni bilasiz.
2. Izoxorik jarayon taxlilini keltiring.
3. Izobarik jarayon taxlilini keltiring.
4. Izotermik jarayon taxlilini keltiring.
5. Adiabatik jarayon taxlilini keltiring.
6. Politropik jarayon taxlilini keltiring.

6-MavzuSuv bug‘i.

Bug‘lanish va bug‘ni qaytadan suvga aylanishi. To‘yingan bug‘ bosimini haroratga bog‘liq ligi. Fazaviy o‘tishda muvozanat holati. Bug‘lanish va bug‘ni qaytadan suvga aylanishi. To‘yingan bug‘ bosimini haroratga bog‘liq ligi. Fazaviy

o'tish issiqligi. Quriganlik darajasi. Erish. Sublimatsiya. Fazaviy o'tishning P-T diagrammasi. Uchlamchi nuqta. Nam to'yingan, quruq va o'ta qizigan bug'ning solishtirma hajmi, entalpiyasi, entropiyasi. Suv va suv bug'ining termodinamik jadvallari. Suv bug'ining P-V, T-S, h-S diagrammalari. Nam havo. Absolyut va nisbiy namlik. Subhidam nuqtasi va harorati. Nam saqlami. h-d diagrammada bo'ladigan jarayonlar

1. Bug' hosilbo'lishi.

Mahlumki, barchamoddalarharoratvabosimgabog'liqholdaqattiq, suyuqvagazholatida (fazalarda) bo'lishimumkin. Moddaningbirholatdanikkinchiholatgao'tishifazao'zgarishiyoki fazaviyo'tishdebataladi. Masalan, suyuqfazaninggazfazagao'tishi - bug'hosilbo'lish; gazfazaningsuyuqfazagao'tishiesakondensatsiyadeyiladi.

Bug'lanish: Moddaningsuyuqholatdanbug'holatigao'tishibug'lanishdeyiladi. Bundamolekulalarningbirqismisuyuqlikyuzasidanajralibchiqadivauningustidabug'hosilqiladi.

Bug'lanishdaajralibchiqayotganmolekulalar, yuzadaqolganmolekulalarningtortishishkuchini yengadi, ya'niularshukuchlargaqarshiishbajaradi.

Molekulalarbuishnio'ziningissiqlikharakati, kinetikenegiyasihisobigabajaradi. Mahlumki, hammamolekulalarhambundayishbajaravermaydi. Kinetikenegiyasianchakattabo'lganmolekulalarginabundayishbajaraoladi.

Agarsuyuqlikningharoratio'zgarmassaqlabturilsa, ya'niungato'xtovsizissiqlikkeltiribturilsa, uholdauchibchiqayotganmolekulalarningsonito'xtovsizortibboradi. Lekin, bug'molekulalaritartibsizharakatdabo'lganiuchun, ularsuyuqlikdanbug'gao'tishibilanbirvaqtda, teskarijarayon - kondensatsiyahamhosilbo'ladi. Agar, bug'lanishyopiqidishdaketaotganbo'lsa, uholda, bug'mikdorimuvozanatqarortopguncha, ya'nisuyuqlikvabug'miqdorlario'zgarmasbo'lgunchaortaveradi. Buvaqtbirligiichidasuyuqlikdanchiqibketganmolekulalarsoni, shuvaqtichidasuyuqlikqaaytayotganmolekulalarsonigateng, deganso'zdir.

Suyuqligibilanmuvozanatdaturganbug' - to'yinganbug'deyiladi. Muvozanatvaqtidabug'ningzichligio'zgarmasbo'ladi, buzichlikmuayyanbosimgato'g'rikeladi. Bubosimto'yinganbug'ningelastikligideyiladi.

To'yinganbug'ningbosimiharoratko'tarilishibilanortadi. Haroratqanchayuqoribo'lsa, suyuqlikningshunchako'pmolekulalarigazfazagao'tadivabug'ningmuvozanattopgan dagizichligi, binobarin, bosimishunchalik kattabo'ladi. Suyuqlikkategibturganvauningustidagibo'shliqnito'yintiradiganbug' - to'yingannambug'deyiladi.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\Delta t = t - t_m$$

t - o'ta qizigan bug'ning harorati;

t_m - to'yingan quruq bug'ning harorati.

2. Suvvauning bug'iparametrlarinianiqlash.

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

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

Qaynayotgan suvning solishtirma hajmi v^1 , bosimning ortishi bilan, ya'ni harorat ham ortadi va yuqori bosimlarda 0°S dagi solishtirma hajmidan sezilarli farq qiladi. Masalan, $r = 50$ bar bosimda $v^1 = 0,0012859 \text{ m}^3/\text{kg}$, $r = 220$ bar bo'lsa, $v^1 = 0,00269 \text{ m}^3/\text{kg}$ bo'ladi. Suvning haroratini 0°S dan ma'lum bosimdagi qaynash haroratigacha oshirish uchun sarflanadigan issiqlik mikdori quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$q = h^1 - h_0^1$$

bunda: h^1 - qaynayotgan suvning entalgiyasi;

h_0^1 - suvning 0 °S dagi entalgiyasi.

Termodinamikada suvning uchlamchi nuqtasidagi entalgiyasi va entropiyasi nolga teng deb qabul qilingan:

$$S_0^1 = 0; h_0^1 = 0.$$

Suvning uchlamchi nuqtasidagi parametrlari quyidagiga teng:

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

Suvning uchlamchi nuqtadagi ichki energiyasi:

$$U_0^1 = h_0^1 - p_0 v_0; v_0^1 = 0 - 0,00611 \cdot 10^5 \cdot 0,001 = -0,611 \text{ J/kg}.$$

Bu kattalik juda kichik miqdor bo'lib, 0 °S da suvning ichki energiyasini taqriban $u_0^1 \approx 0$ deb hisoblash mumkin. Qaynayotgan suyuqlikning entalgiyasi bosimi va haroratiga asosan. to'yingan suv bug'ining jadvalidan aniqlanadi.

Qaynayotgan suvning ichki energiyasini entalgiya ifodasi orqali aniqlanadi:

$$h = u + p v \text{ yoki } u^1 = h^1 - p^1 v^1$$

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

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

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

U - ichki, p - tashqi bug' hosil bo'lish issiqligiga bo'linadi

Quruq to'yingan bug'ning entalgiyasi:

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

Quruq to'yingan bug'ning ichki energiyasi:

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

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

Nam to'yingan va o'ta qizigan suv bug'ning asosiy parametrlari

Bug‘qozonlaridabug‘lanishsirtidafaqatnambug‘hosilbo‘ladi.
 Nambug‘bosimryokito‘yinishharoratit_TvaquruqlikdarajasiXbilananiklanadi. Nam
 bug‘ning solishtirma hajmi:

$$v_x = v^{II} \cdot x + (1 - x) \cdot v^I$$

yoki

$$v_x \approx v^{II} \cdot x$$

O‘ta qizigan bug‘ maxsus qurilmalarda nam bug‘ga issiqlik berish orqali
 hosil qilinadi. 1 kg quruq bug‘ni o‘ta qizigan bug‘ga aylantirish uchun
 sarflanadigan issiqlik o‘ta qizish issiqligi deyiladi. Bu issiqlik quyidagigateng:

$$q_n = \int_{t_H}^t c_p dt$$

bunda s_r - o‘zgarmas bosimda o‘ta qizigan bug‘ning haqiqiy issiqlik sig‘imi.

O‘ta qizigan bug‘ning ichki energiyasi:

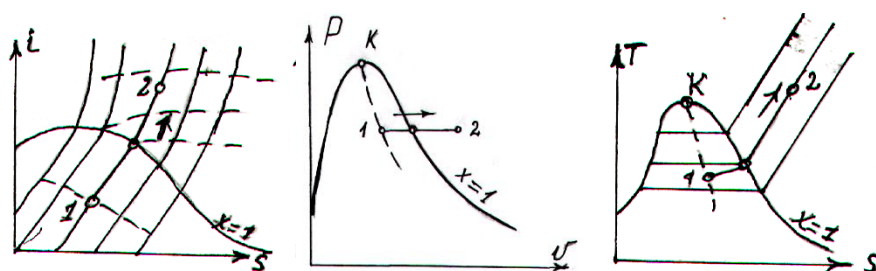
$$u = h - p \cdot v$$

bunda v - o‘ta qizigan bug‘ning solishtirma hajmi, m³/kg.

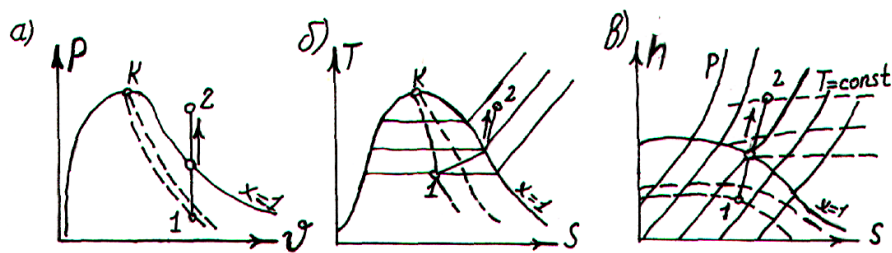
Entalgiya, entropiya va solishtirma hajm qiymatlari suv bug‘ining
 jadvallaridan aniqlanadi.

3.Suvbug‘iningasosiytermodinamikjarayonlari

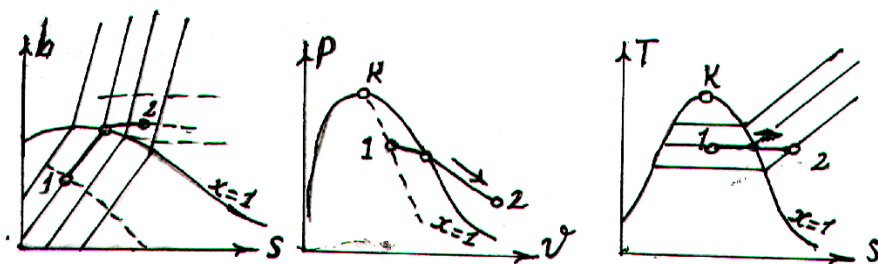
Suvbug‘iningto‘yinganva o‘taqiziganholatidagimasalarni yechishdah-
 Sdiagrammadanyokijadvallardanfoydalanishmumkinbo‘ladi.
 CHunkiularengqulayvaaniqqiymatberuvchiuslubhisoblanadi.
 Suvbug‘iniparametrlarinianiqlashdayanadaqulayuslub -
 grafikusulibilansuvbug‘iniparametrlarinianiqlashdir.
 Suvbug‘ibilanbo‘ladiganharbirjarayonniP-V, T-S, h-
 Sdiagrammalardachizilishiniko‘ribchiqamiz.



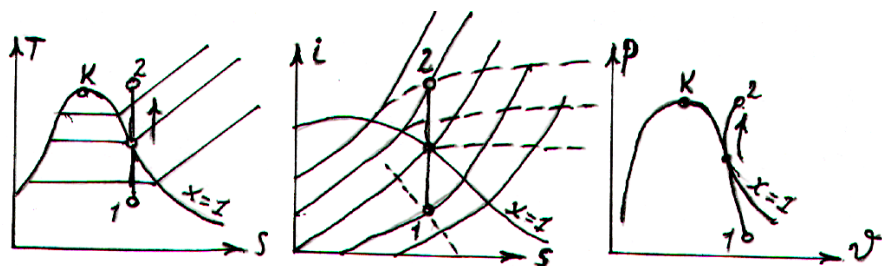
6.1 rasm. Suv bug‘i bilan bo‘ladigan izobar jarayon



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



6.3 rasm. Suv bug'i bilan bo'ladigan izotermik jarayon



6.4 rasm. Suv bug'i bilan bo'ladigan adiabatik jarayon

4. Jarayonlarning P-V, T-S va H-S diagrammalari.

Suvbug'ining P - V diagrammasi

Bug' hosilbo'lish jarayonini P-V diagrammada tasvirlanishini ko'rib chiqishda quyidagi belgilashlarni kiritamiz:

a) suyuqlikning 0°S dagi barcha parametrlari «nolg'» indeksi bilan (t_0, v_0, i_0, S_0).

b) to'yinish haroratidagi parametrlarni bitta shtrix bilan (t', v', i', S').

v) to'yingan quruq bug' parametrlarini ikkita shtrix bilan (v'', i', S'').

g) to'yingan nam bug' parametrlarini x indeks bilan (v_x, i_x, S_x).

d) O'ta qizigan bug' parametrlarini indeksiz (v, i, S) belgilaymiz.

Silindrda porshen ostida 1 kg suv bor va uni bug'ga aylantirish kerak, deb faraz qilaylik. Silindrning porsheniga tashqi tomondan yuk - r kuch quyilgan va bu kuch silindr ichida bosimni o'zgarmas bo'lishini tahminlaydi, deb faraz qilaylik.

Diagrammada abstsissa o'qiga suvning va hosil bo'lgan bug'ning nisbiy hajmi, ordinatalar o'qiga esa silindrda bosim qo'yilgan. SHuni aytib o'tish kerakki, diagrammadagi egri chiziqlar, suv va bug' hajmlarining haqiqiy nisbatiga mos kelmaydi. Bunga sabab shuki, past bosimlarda suvning hajmi shu bosimda to'yingan bug'ning hajmiga nisbatan hisobga olmas darajada kichik bo'ladi. SHunday qilib, agar diagramma qurishda qat'iy proportsiyalarga rioya qilsak va suvning hajmini abstsissalar o'qida millimetrlarda ifodalangan kesma bilan belgilasak, u holda to'yingan quruq bug'ning hajmini metrlarda ifodalashga to'g'ri kelgan bo'lar edi. Diagrammani qurib chiqishni suyuqlikni 0^0S dan qaynash haroratigacha isitishdan boshlash lozim edi. Lekin bu oraliqda suvning hajmi shunchalik kam o'zgaradiki, uni diagrammada tasvirlashning ahamiyati qolmaydi.

SHu sababli bug' hosil bo'lishini P-Vdiagrammada suvning qaynashiga mos keladigan harorattan boshlaymiz:

Bug' hosil bo'lishining boshlanishi diagrammada 1^1 nuqta bilan belgilanadi. Bu 1 kg suv to'yinish harorati va bosimida (r_1 ; t_1 da) silindrda v_1 hajmini egallaydi, degan so'z. Xuddi shu paytda silindrda faqat bir fazali sistemaning o'zi - suv bo'ladi, xolos.

Silindrga yana issiqlik keltirilganda suv asta-sekin bug'ga aylanadi. Bug' hosil bo'lish jarayoni o'zgarmas bosimda $1^1 - 1^{11}$ izobara bo'yicha boradi. Bu izobara bir vaqtning o'zida izoterma hamdir, chunki shu vaqtda keltirilgan issiqlik suv va bug' haroratini oshirishga emas, balki molekulalar tortishish kuchini yengishga va bug'ning kengayish ishiga sarf bo'ladi.

Bu vaqtda silindrda ikki fazali muhit: suv - bug' bo'ladi, bu muhit to'yingan nam bug' deyiladi.

1^{11} nuqtada suyuqlikning oxirgi zarrasi ham bug'ga aylanadi. Bu nuqtada berilgan 1 kg suv to'lik 1 kg to'yingan quruq bug'ga aylanadi. Silindrda yana bir fazali muxit paydo bo'ladi - bu to'yinish harorati va bosimidan, parametrlari v^{11} , t^{11} bo'lgan to'yingan quruq bug'dir.

1^{11} nuqtadan keyingi jarayon bug'ning o'ta qizish yo'nalishida yoki, aksincha kondensatlanishi yo'nalishida ketishi mumkin.

Agar silindrga o'zgarmas bosimda issiqlik keltirilishi davom ettirilsa, u holda to'yingan quruq bug' o'ta qizigan bug'ga aylanishi $1^{11} - 1$ izobara bo'yicha davom etadi, bu izobara endi izoterma bo'la olmaydi, chunki keltirilgan issiqlik bug'ning qizishiga, haroratini oshishiga sarf bo'ladi.

Agar to'yingan quruq bug'dan (1^{11} nuqta) o'zgarmas bosimda va haroratda issiqlik olib ketilsa, u holda 1 kg to'yingan bug' asta-sekin $1^{11} - 1^1$ chiziq bo'yicha kondensatlanib, 1 kg suvga aylanadi (1^1 nuqta).

SHunday qilib, $1^1 - 1^{11}$ chiziq bo'yicha chapdan o'ngga ketadigan jarayon bug' hosil bo'lish jarayoni, $1^1 - 1^{11}$ chiziq bo'yicha o'ngdan chapga ketadigan jarayon esa, kondensatlanish jarayoni deb ataladi.

Endi 1 kg suvni $r_2 > r_1$ bosimda bug'ga aylanish jarayonini ko'rib chiqamiz. Mahlumki, bosim ortishi bilan qaynash harorati ham ko'tariladi. Suv qaynash

harorati $t_2 > t_1$ gacha isib, hajmi $v_2 > v_1$ gacha ko'payadi. SHuning uchun suvning qaynay boshlashini ko'rsatuvchi nuqta 2^1 , 1^1 nuqtadan o'ngga siljiydi. Bosim ortishi bilan to'yingan quruq bug'ning zichligi ortadi $\left(v = \frac{1}{\rho}\right)$, demak solishtirma

hajmi kamayadi. SHuning uchun 2^{11} nuqta 1^{11} nuqtadan chapga siljiydi. Bosimni oshira borsak, to'yingan quruq bug'ning solishtirma hajmi kichiklashib boradi, muayyan haroratda va unga mos keladigan bosimda suv bilan bug' hajmlarining ayirmasi nolga teng bo'lib qoladi. Suvning qaynay boshlash nuqtasi bilan bug' hosil bo'lishining tugash nuqtasi, biror K nuqtada ustma-ust tushadi. Bu K nuqta - moddaning kritik nuqtasi, deb ataladi. Kritik nuqtada suyuqlik bilan uning to'yingan bug'i orasidagi farq yuqoladi. Suyuqlik bilan bug'ning solishtirma hajmi, zichliklari bir xil bo'lib qoladi. Kritik haroratda va undan yuqori haroratlarda suv gazga o'xshab qoladi, bosim ko'tarilganda, uning hajmi kamayadi. Bu holatni, gazsimon holat deyish mumkin.

SHunday qilib, kritik holatdagi modda bir fazali bo'lib, bir vaqtning o'zida ham gaz holatidagi, ham suyuq jismlarning xossalriga ega bo'ladi.

I - cuyuqlik holati;

II - to'yingan bug' holati;

III - o'ta qizigan bug' holati.

Suv bug'ining T-s diagrammasi

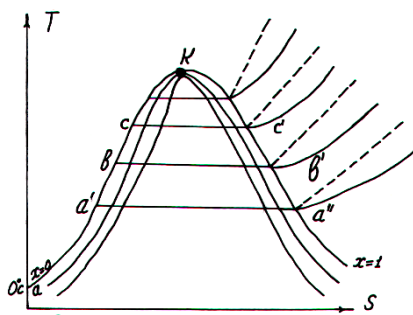
Bu diagramma suv bug'i bilan bo'lgan jarayonlarni o'rganishda va ularni hisoblashda katta ahamiyatga egadir. Diagrammaning ahamiyatli tomoni shundaki, chizilgan egri chiziq tagidagi yuza ishchi jismga berilayotgan va undan olib ketilayotgan issiqlikni ifodalaydi. Diagrammadagi har bir nuqta jismning aniq holatini xarakterlaydi. Suyuqlikning 0^0S dagi entropiyasi nolga teng bo'lgani uchun T-s koordinatada ordinata o'qida joylashadi. Suvni 0^0S dan to'yinish harorati (t_T) gacha isitilishi **aa'** jarayoni bilan davom etadi. Bug' hosil bo'lishi jarayoni ($t_T = \text{const}$) gorizonta **a a''** chizig'i bilan ifodalanadi. Bug'ning qizitilishi esa **a'' d** izobara chizig'i bilan ifodalanadi. Lekin bug'ni qizitilish izobarasi suvni isitilish izobarasidan tikroq bo'ladi, buning sababi qizitilish harorati isitilish haroratiga qaraganda yuqoriroqdir. SHunday chiziqlarni o'tkazishni davom ettirsak, chiziqlar k nuqtada birlashadi.

Suv bug'ining h - S diagrammalari

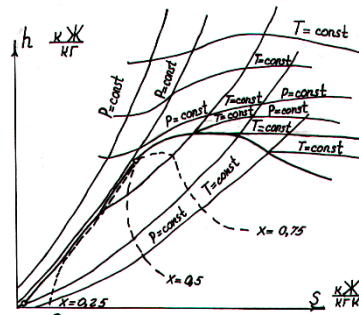
O'ta qizigan bug' va ayniqsa to'yingan bug' ideal gazlardan keskin farq qiladi. bunday bug'lar uchun holat tenglamalarini qo'llab bo'lmaydi. shu sababli olimlar tomonidan tajribalar natijasida olingan jadval va diagrammalardan foydalaniladi. suv bug'i uchun eng zamonaviy jadval va diagrammalarni professor m.p.vukalovich ishlab chiqqan.

Bu diagrammalar yordamida suv bug'ining to'yinish harorati, bosimi, solishtirma hajmi, entalgiyasi, entropiyasi, quruqlik darajasi kabi parametrlari aniqlanadi.

Suv bug‘i uchun h-sdiagrammani birinchi bo‘lib 1904 yilda Molg‘e taklif qilgan. Hozirgi vaqtda issiqlik-texnik hisoblarda M.P.Vukalovich tomoni-dan tuzilgan h-sdiagrammadan foydalaniladi. h-sdiagrammani qurishda ordinata o‘qi bo‘ylab entalg‘iya, abstsissa bo‘ylab esa, entropiya qiymatlari joylashtirilgan. Koordinata boshi qilib suvning uchlamchi nuqtasi qabul qilingan. Issiqlik jarayonlarini hisoblashda suv bug‘ining T-sva h-sdiagrammalarini qo‘llash issiqlik-texnik hisoblarni ancha soddalash-tiradi. Ko‘p hollarda suv bug‘ini topish uchun jadvallardan foydalaniladi. Bu jadvallar harorat, bosim bo‘yicha suv bug‘ining hamma parametrlarini aniqlashga yordam beradi.



6.5 rasm. Suvbug‘ining T - S diagrammasi



6.6 rasm. Suvbug‘ining-h-s diagrammasi

Nazorat savollari

1. Suv bug‘ining asosiy xossalari nimalardan iborat?
2. Suv bug‘i necha turga bo‘linadi?
3. Nam to‘yingan bug‘ deb nimaga aytiladi?
4. Quruq to‘yingan bug‘ qanday parametrlarga ega bo‘ladi?
5. O‘ta qizigan bug‘ qanday parametrlar bilan xarakterlanadi?
6. Suv bug‘ining P-V diagrammasini chizib ko‘rsating.
7. Suv bug‘ining T-S diagrammasida suyuqlik xolatida parametrlar o‘zgarishini tushuntirib bering.
8. Suv bug‘ining h-s diagrammasi qanday qulaylikka ega?

7-Mavzu Bug‘ turbinasi qurilmalarining sikllari

Bug‘ turbinasi qurilmasi siklining P-v, T-S diagrammada ko‘rinishi. BTQning chizmasi. Ta‘minlovchi nasos va turbinaning ishi. Suv bug‘ining h-s diagrammasi va jadvali yordamida termik FIKni hisoblash va uni oshirish yo‘llari. Boshlang‘ich va oxirgi parametrlarni termik FIKga ta‘sir. Bug‘ni, issiqlikni va yoqilg‘ini solishtirma sarfi.

8-Mavzu Issiqlik uzatish. issiqlik o‘tkazuvchanlikning asosiy qoidalari.

Asosiy tushunchalar. Issiqlik uzatilishi usullari: issiqlik o'tkazuvchanlik, konvektiv issiqlik almashinuvi, nurlanish. Issiqlik o'tkazuvchanlik. Harorat maydoni. Barqaror va nobarqaror harorat maydoni. Issiqlik oqimi. Solishtirma issiqlik oqimi. Harorat gradienti. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti va uning haroratga bog'liqligi. Gaz, suyuqlik, metall va qurilish materiallarida issiqlik ning o'tish mexanizmi. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differentsial tenglamasi. Harorat o'tkazuvchanlik koeffitsienti. Fure qonuni. Boshlang'ich va chegara shartlar.

Termodinamikaning 2- qonuniga asosan fazoda issiqlikni o'z-o'zidan o'tishi haroratlar farqi hisobiga amalga oshadi va haroratni pasayishi tomoniga yo'nalgan bo'ladi. Issiqlikni uzatish qonuniyatlari vajarayonining miqdoriy xarakteristikalarini issiqlik almashinish (issiqlik uzatish) nazariyasining tadqiqot predmeti bo'lib xizmat qiladi.

Issiqlik hamma moddalarda, hatto vakuumda ham tarqaladi. Hamma moddalarda issiqlik mikrozarralarni energiya tashishi oqibatida bo'ladigan issiqlik o'tkazuvchanlik jarayoni orqali o'tadi.

Suyuqliklarda mikrozarralarni harakati bilan birgalikda har xil haroratdagi zonalar o'rtasida makroskopik hajmlarni ko'chishi sodir bo'ladi. Issiqlikni bunday makroskopik hajmlar bilan birgalikda ko'chishi konvektiv issiqlik ko'chishi yoki konveksiya deyiladi.

Konveksiya orqali issiqlik uzoq masofaga uzatilishi mumkin.

Issiqlikni ko'chiruvchi - harakatlantiruvchi muhit (masalan suv) issiqlik ko'chiruvchi (teplonositel) deyiladi.

Ko'pincha suyuqlik bilan qattiq jism yuzasi orqali bo'ladigan konvektiv issiqlik almashinishni hisoblash kerak bo'ladi. Bu jarayon maxsus nomga ega - konvektiv issiqlik berish (konvektivnaya teplootdacha).

Issiqlik ko'chishining uchinchi usuli nurlanishdir. Bu usulda energiya tashuvchi bo'lib fotonlar xizmat qiladi.

Issiqlik ko'chishi intensivligini vaqt birligi ichida yuzadan o'tgan issiqlik miqdori bilan harakatlanuvchi issiqlik oqimi zichligi orqali xisoblash mumkin. Bu miqdor q xarfi bilan belgilanadi va $Wt/G \cdot m^2$ da o'lchanadi.

Vaqt birligi ichida ixtiyoriy F yuzadan uzatilayotgan issiqlik miqdori issiqlik oqimi quvvati yoki issiqlik oqimi deyiladi va Q harfi bilan belgilanadi. O'lchov birligi $JG \cdot s$ ya'ni Wt , demak:

$$q = \frac{Q}{F} \quad (7.1)$$

2. Harorat maydoni va gradienti.

Issiqlik o'tkazuvchanlik orqali issiqlik ko'chishi haroratni jism hajmi bo'yicha qanday taqsimlanganligiga bog'liq. Berilgan vaqtda jismning hamma nuqtalaridagi harorat qiymatlari majmuasi **temperatura maydoni** deyiladi.

Umumiy xolda harorat uchta fazoviy koordinatalar va vaqtga bog'liq bo'ladi.

$$t = f(x, y, z, r)$$

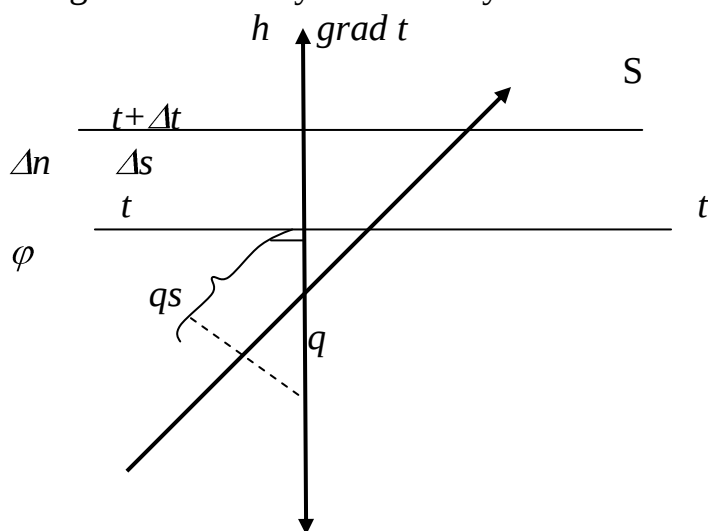
Agar harorat koordinatalarga ham, vaqtga ham bog'liq bo'lsa bunday maydon nostasionar deyiladi:

$$t = f(x, y, z, r) \quad \partial t / \partial r \neq 0$$

Agar harorat faqat nuqta koordinatalariga bog'liq bo'lsa va vaqtga bog'liq bo'lmasa stasionar harorat maydoni deyiladi.

$$t = f(x, y, z) \quad \partial t / \partial r = 0$$

Hamma nuqtalarda harorat bir xil bo'lgan yuza izotermik yuza deyiladi. Izotermik yuzalar xech vaqt bir - biri bilan kesishmaydi. 2 ta bir-biri bilan yaqin bo'lgan izotermik yuzani ko'raylik.



7.1 - rasm

Ko'rinib turibdiki, harorat izotermik sirtga nisbatan perpendikulyar bo'lganda eng tez o'zgaradi. Izotermik sirtga normal bo'yicha harorat oshishi tomonga yo'nalgan va son jixatdan shu yo'nalish bo'yicha harorat hosilasiga

teng bo'lgan miqdor harorat gradienti deyiladi: $\text{grad } t = \lim_{\Delta h \rightarrow 0} \frac{\Delta t}{\Delta n} = \partial t / \partial n$
(7.2)

3. Issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonuni

Issiqlik o'tkazuvchanlik sodir bo'lishi uchun $\text{grad } t \neq 0$ bo'lishi kerak. Fure qonuniga asosan issiqlik oqimi zichligi vektori harorat gradientiga proporsionaldir:

$$q = -\lambda \text{ grad } t \quad (7.3)$$

bu erda λ -issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti [Bm/ mk]

Tenglamadagi minus q vektor $gradt$ yoʻnalishiga teskari ekanligini koʻrsatadi.

Ixtiyoriy boshqa yoʻnalish orqali issiqlik oqimi zichligi q vektorining yoʻnalishiga proeksiyasi sifatida topiladi.

$$q_s = q \cdot \cos\varphi = -\lambda \cdot gradt \cdot \cos\varphi$$

4.Issiqlikni oʻtkazuvchanlik koeffisienti

Fure qonunidagi issiqlik oʻtkazuvchanlik koeffisienti λ moddani issiqlik oʻtkazuvchanlik qobiliyatini xarakterlaydi. Fure tenglamasidan koʻrinadiki.

$$\lambda = |q| / gradt \quad [Bm / mk]$$

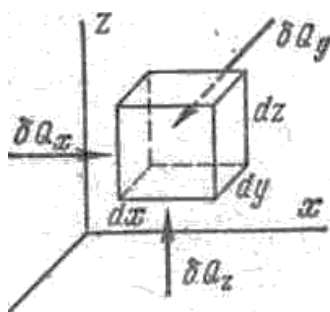
λ son jihatdan harorat gradienti 1 K/m boʻlgandagi issiqlik oqimi zichligiga teng. U bosim va hajmga bogʻliq. Issiqlikni yaxshi oʻtkazgichlari boʻlib metallar hisoblanadi. Metallarda $3 < \lambda < 458 \text{ Vt/mk}$ izolyatsion materiallarda $0,02 < \lambda < 3 \text{ Vt/mk}$.

5.Issiqlik oʻtkazuvchanlik differentsial tenglamasi

Har bir fizik jarayonni oʻrganish shu jarayonni xarakterlovchi kattaliklar oʻrtasidagi bogʻliqlikni topish bilan aniqlanadi. Issiqlik oʻtkazuvchanlik uchun shunday bogʻliqlik - issiqlik oʻtkazuvchanlik differentsial tenglamasidir.

Ushbu tenglamani keltirib chiqarish uchun quyidagilarni kelishib olamiz: ichki issiqlik manbalari mavjud emas, jism bir jinsli va izotrop.

Jismda tomonlari dx , dy va dz boʻlgan elementlar parallelepiped ajratib olamiz.



1.2.- rasm. Issiqlik oʻtkazuvchanlik differentsial tenglamasini keltirib chiqarishga oid chizma.

Paralelepiped yoqlarida harorat har xil, shuning uchun x , y va z yoʻnalishida issiqlik oʻtkaziladi. $dx dy$ yuza orqali Fure qonuniga asosan quyidagi issiqlik miqdori kiradi:

$$\delta Q_{z1} = -\lambda dx dy d\tau (\partial t / \partial z)$$

Qarama - qarshi yuza orqali quyidagi issiqlik miqdori chiqib ketadi:

$$\delta Q_{z2} = -\lambda dx dy d\tau \frac{\partial}{\partial z} \left(t + \frac{\partial t}{\partial z} dz \right),$$

bu erda $t + \frac{\partial t}{\partial z} dz$ - ikkinchi yoq harorati

$\frac{\partial t}{\partial z} dz$ - z o`qi yo`nalishida harorat o`zgarishi

Oxirgi tenglikni quyidagicha yozish mumkin.

$$Q_{z1} = -\lambda dx dy d\tau \left(\frac{\partial}{\partial z} \right) = -\lambda dx dy d\tau dz \left(\frac{\partial t}{\partial z} \right)$$

Z - o`qi bo`yicha parallelepipedning ichki energiyasi oshishi

$$\partial Q_z = \partial Q_{z1} - \partial Q_{z2} = -\lambda dx dy d\tau \left(\frac{\partial}{\partial z} \right) + \lambda dx dy d\tau \left(\frac{\partial}{\partial z} \right)$$

+ $\lambda dx dy dz d\tau \left(\frac{\partial t}{\partial z} \right)$ qisqartirganimizdan so`ng

$$\partial Q_z = -\lambda dx dy dz d\tau \left(\frac{\partial t}{\partial z} \right)$$

y va x o`qlari bo`yicha

$$\partial Q_y = -\lambda dx dy d\tau dz \left(\frac{\partial t}{\partial y} \right)$$

$$\partial Q_x = -\lambda dx dy dz d\tau \left(\frac{\partial t}{\partial x} \right)$$

Parallelepipedda to`la ichki energiya oshishi

$$\delta Q = \delta Q_z + \delta Q_y + \delta Q_x = \lambda \cdot dx \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (7.5)$$

Ikkinchi tomondan energiya saqlanish qonuniga asosan

$$\partial Q = dx dy dz \rho c \left(\frac{\partial t}{\partial \tau} \right) d\tau \quad (7.5)$$

Bu erda $dx dy dz$ - parallelepiped hajmi; $dx dy dz \rho$ - parallelepiped massasi; c - massa issiqlik sig`imi  $\left( \frac{\partial t}{\partial \tau} \right) d\tau$  - haroratni vaqt mobaynida o`zgarishi

(7.4) va (7.7.) ni tenglasak

$$\lambda \cdot dx \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) = dx \cdot dy \cdot dz \cdot \rho \cdot c \frac{\partial t}{\partial \tau} \cdot d\tau$$

yoki $\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{\rho c} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right)$

$\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right)$ - Laplas operatori deyiladi va ∇^2 (nabla) bilan belgilanadi. $\frac{\lambda}{\rho c}$ - harorat o`tkazuvchanlik deyiladi va «a» harfi bilan belgilanadi. U holda

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t \quad (7.6)$$

issiqlik o`tkazuvchanlikning differensial tenglamasi deyiladi.

Nazorat savollari

1. Issiqlik uzatishning qanday usullari mavjud?.
2. Harorat maydoni va turlari .
3. Harorat gradientini deb nimaga aytiladi?

4. Issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy (Fure) qonunini ayting va yozing.
5. Issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti nima?
6. Issiqlik o'tkazuvchanlik differensial tenglamasini qanday qonunlar asosida keltirilib chiqariladi?
7. Issiqlik o'tkazuvchanlik differensial tenglamasini yozing.
8. Laplas operatorini yozing.
10. Xarorat o'tkazuvchanlik koefitsienti qanday topiladi?
11. Issiqlik o'tkazuvchanlik differensial tenglamasini echish uchun qanday chegaraviy shartlar kerak?

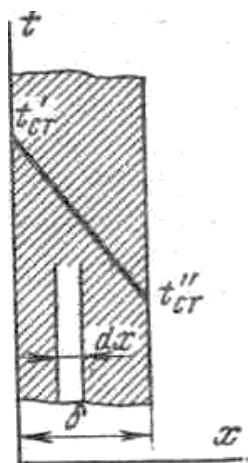
9-Mavzu Statsionar rejimda issiqlik o'tkazuvchanlik.

Bir va ko'p qatlamlik tekis devorning issiqlik o'tkazuvchanligi. Bir va ko'p qatlamlik yassi devor, silindrik va sharsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanligi. Issiqlik manbaiga ega bo'lgan plastina, silindr, quvurning issiqlik o'tkazuvchanligi. Bir suyuqlikdan ikkinchi suyuqlikka silindrik va tekis devorlar orqali issiqlik uzatilishi.

1. Bir jinsli yassi devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik

Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi ixtiyoriy vaqtda maydonning ixtiyoriy nuqtasidagi haroratni topish imkonini beradi. Buning uchun chegaraviy shartlarni bilish kerak.

Bo'yi va eni qalinligiga nisbatan juda katta bo'lgan bir jinsli yassi devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlikni ko'rib chiqaylik. (8.1- rasm).



8.1 – rasm. Bir jinsli yassi devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik

Statsionar issiqlik rejimida devorning ixtiyoriy nuqtasida harorat o'zgarmas va vaqtga bog'liq emas ya'ni:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = 0, \text{ u holda } \frac{\lambda}{\rho c} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) = 0 \quad \text{yoki}$$

$$\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) = 0$$

Bizning sharoitimizda $\frac{\partial t}{\partial y} = \frac{\partial t}{\partial z} = 0$, u holda $\frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0$

shuning uchun issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi quyidagicha yoziladi.

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = 0 \quad (8.1)$$

Integrallasak $dt/dx = \text{const} = A$ ikkinchi marta integrallasak $t = Ax + B$ ni olamiz. Bundan ko'rinadiki, $\lambda = \text{const}$ bo'lganda bir jinsli yassi devor orqali issiqlik o'tganda haroratni o'zgarishi chiziqli bo'ladi. Integral doimiylari A va B ni qiymatlarini topaylik. $x=0$ bo'lganda:

$t = t_1 \text{ cm} = B$; $x = \delta$ bo'lganda $t = t''_{cm} = A\delta + t_1 \text{ cm}$ bundan $A = (t''_{cm} - t_1 \text{ cm}) / \delta = dt/dx$

Ma'lumki $q = -\lambda (dt/dn) = -\lambda (dt/dx) = -\lambda (t''_{cm} - t_1 \text{ cm}) / \delta$
yoki $q = (t''_{cm} - t_1 \text{ cm}) \lambda / \delta$ (8.2)

$$Q = qF = (t''_{cm} - t_1 \text{ cm}) \lambda F / \delta \quad (8.3)$$

$\lambda F / \delta$ - devorning issiqlik o'tkazuvchanligi

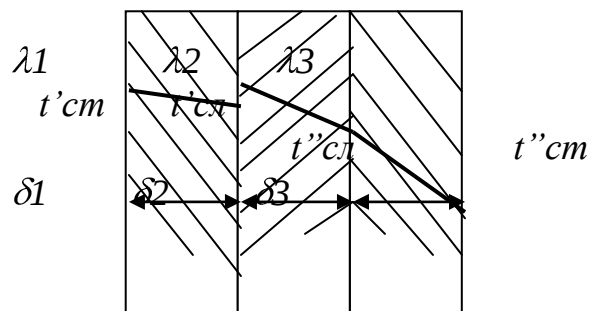
$R_\lambda = \delta / \lambda F$ - devorning termik qarshiligi

$$R_\lambda \text{ ni bilgan holda } Q = \frac{t'_1 - t''_2}{R_\lambda} \quad (8.4)$$

Bu elektrotexnikadagi Om qonuniga o'xshashdir.

2. Ko'p qavatli yassi devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik.

Issiqlik apparatlarida bir necha qavatli materiallar ko'p uchraydi.



8.2-rasm. Ko'p qavatli devor.

Ko'p qavatli devorni termik qarshiligi alohida qavatlarining termik qarshiliklari yig'indisidan iborat bo'ladi.

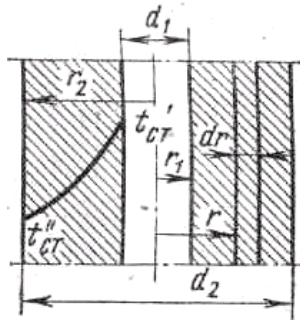
$$R_\lambda = \sum_{i=1}^n R_{\lambda i} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{F \cdot \lambda_i} \quad (8.5)$$

Bunday ko'p qavatli materiallarni issiqlik o'tkazuvchanligini (8.4) va (8.5) formulalar yordamida hisoblab topish mumkin:

$$Q = \frac{t'_1 - t''_2}{R_\lambda} = \frac{t'_1 - t''_2}{\sum_{i=1}^n R_{\lambda i}} = \frac{t'_1 - t''_2}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{F \cdot \lambda_i}} \quad (8.6)$$

3. Tsilindrik devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik.

Issiqlik tashuvchi suyuqliklar odatda quvur bo'ylab harakat qiladi va quvurning silindrik devori orqali issiqlik o'tkazuvchanlikni hisoblash kerak bo'ladi (8.3 rasmi).



8.3 –rasm. Silindrik devor.

Harorat faqat radius bo'yicha o'zgaradi desak, $gradt = dt / dr$. Fure qonuni esa quyidagicha bo'ladi:

$$q = -\lambda (dt/dr) \quad (8.7)$$

yoki $Q = Fq = -2\pi r l \lambda (dt/dr)$. Bundan $dt = -\frac{Q}{2\pi\lambda l} \cdot \frac{dr}{r}$

Integrallasak $t = \frac{Q}{2\pi\lambda l} \cdot \ln \frac{1}{r} + c$; Ko'rinib turibdiki, silindrik devor orqali issiqlik o'tganda harorat o'zgarishi logarifmik qonuniyatga bo'ysunadi. t ni t'_{cm} dan t''_{cm} gacha va r ni r_1 dan r_2 gacha o'zgaradi deb ushbuni topamiz:

$$Q = \frac{t'_{cm} - t''_{cm}}{\frac{1}{2\pi\lambda l} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{t'_{cm} - t''_{cm}}{R_\lambda} \quad (8.8)$$

Bu erda $R_\lambda = \frac{1}{2\pi\lambda l} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}$ - tsilindrik devorning termik qarshiligi.

Ko'p qavatli silindrik devor issiqlik o'tkazuvchanlik ko'p qavatli yassi devorlarni termik qarshiliklari qo'shilgani kabi topiladi.

4. Sharsimon devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik.

Stasionar sharoitda sharsimon devorda harorat faqat radius bo'yicha o'zgaradi. Q

$$= q F = -\lambda F (dt/dr) = -\lambda 4\pi r^2 (dt/dr). \quad \text{Bundan} \quad dt = -\frac{Q}{4\pi\lambda} \cdot \frac{dr}{r^2}$$

ushbuni $t'_{cm} \leq t \leq t''_{cm}$ va $r_1 \leq r \leq r_2$ oralig'ida integrallasak

$$\int_{t'_{cm}}^{t''_{cm}} dt = -\frac{Q}{4\pi\lambda} \cdot \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} \text{ yoki}$$

$$Q = \frac{t'_{cm} - t''_{cm}}{\frac{1}{4\pi\lambda} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)} = \frac{t'_{cm} - t''_{cm}}{R\lambda} \quad (8.9)$$

Nazorat savollari

1. Stasionar rejimda issiqlik o'tkazuvchanlik deganda nimani tushunasiz?
2. Bir jinsli yassi devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik qanday topiladi?
3. Bir jinsli yassi devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasini bevosita Fure qonuni orqali ham topib bo'ladimi?
4. Issiqlik o'tkazuvchanlikni topish formulasi elektrotexnikadagi qaysi qonunga o'xshash?
5. Ko'p qavatli yassi devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik qanday topiladi?
6. Silindirik devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik qanday topiladi?
7. Ko'p qavatli silindirik devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik qanday topiladi?
8. Sharsimon devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik qanday topiladi?
9. Silindirik devor orqali issiqlik o'tkazilganda Fure qonuni qanday bo'ladi?
10. Yassi, silindirik, sharsimon devorlarning termik qarshiliklari qaysi formulalar orqali topiladi?

10-Mavzu Konvektiv issiqlik almashinuvi.

Konvektiv issiqlik almashinuvi. Nyuton-Rixman tenglamasi. Issiqlik berish koeffitsenti va uning fizik kattaliklarga bog'liqligi. Konvektiv issiqlik almashinuvining differensial tenglamasi.

1. Jarayon tasnifi va asosiy tushunchalar

Gaz yoki suyuqlik makrozarrachalarining bir joydan ikkinchi joyga siljishida issiqlik uzatilish jarayoni konveksiya deyiladi. Issiqlikning konvektiv va molekulyar uzatilishining birgalikda ta'sir etishi tufayli bo'ladigan issiqlik almashinishi konvektiv issiqlik almashinish deyiladi. Demak konvektiv issiqlik almashinishida bir vaqtning o'zida ikki usul; konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlik amalga oshadi.

Vujudga kelish sabablariga qarab suyuqlik harakati erkin (tabiiy) va majburiy konveksiyalarga bo'linadi. Erkin xarakatlanish (konveksiya) notekis isitilgan yoki zichliklar farqi bo'lgan suyuqlikda vujudga keladi. Bunda vujudga keladigan temperaturalar farqi zichliklarning farq qilishiga va suyuqlikdagi zichligi kamroq (engilroq) elementlarning suyuqlik yuziga qalqib chiqishiga olib keladi, bu esa harakatlanishni olib keladi.

Suyuqlikning majburiy harakatlanishi tashqi kuzatuvchilar; ventilyator, nasoslar va shunga o'xshashlarning ta'sir etishi bilan bog'liq.

Suyuqlikning harakati laminar va turbulent bo'lishi mumkin. Laminar oqimda suyuqlik qatlamlari aralashmasdan harakatlanadi. Bunda oqim yo'nalishiga normal bo'yicha issiqlik uzatilishi asosan issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan amalga oshadi.

Laminar oqimda suyuqlikning issiqlik o'tkazuvchanligi (suyuq metallardan tashqari) ancha kichik bo'lganligi sababli issiqlik almashinish intensivligi katta bo'lmaydi.

Turbulent oqimda issiqlik oqim ichida issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan, shuningdek, suyuqlikning deyarli barcha massasining aralashishi yo'li bilan tarqaladi. Shuning uchun issiqlik almashinish intensivligi laminar oqimdagiga nisbatan ancha katta bo'ladi.

Issiqlik tashuvchi suyuqlik va gazlarning asosiy fizikaviy xossalari issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti- λ , solishtirma issiqlik sig'imi - C , zichligi- ρ , temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsienti - $a = \lambda / \rho c$ va qovushqoqlik koeffitsientlari - μ va ν lardir. Har qaysi modda uchun bu parametrlarning o'z qiymati bor va odatda, ular t ning, ba'zilar esa r ning ham funksiyalari hisoblanadi. Bu hol konvektiv issiqlik berishining o'rganishni murakkablashtirib yuboradi.

2. Konvektiv issiqlik almashinishning asosiy qonuni.

Harakatlanuvchi muhit va uning boshqa muhit (qattiq jism, suyuqlik yoki gaz) bilan chegara sirti orasidagi konvektiv issiqlik almashinuvi issiqlik berish deyiladi. Konvektiv issiqlik berish nazariyasining asosiy vazifasi oqim yuvib o'tadigan qattiq jism sirti orqali o'tuvchi issiqlik miqdorini aniqlashdir. Issiqlikning yakuniy oqimi doimo haroratning pasayish tomoniga yo'nalgan bo'ladi.

Issiqlik berishni amalda hisoblashda Nyuton - Rixman qonunidan foydalaniladi:

$$Q = \alpha F |t_c - t_d| \quad (7.1)$$

t_c - devor sirtini yuvib o'tuvchi muhit (suyuqlik) harorati

t_d - devor sirti harorati

α - issiqlik berish koeffitsienti

(7.1) Formuladan $F = 1 \text{ m}^2$ va $\tau = 1 \text{ c}$ deb olsak, 1 m^2 yuzadan o'tadigan issiqlik oqimini vatt hisobidagi zichligini olamiz.

$$q = \alpha F |t_c - t_d| \quad (7.2)$$

bundan

$$\alpha = \frac{q}{|t_c - t_d|} \quad \left[\frac{\text{vatt}}{\text{m}^2 \cdot \text{grad}} \right] \quad (7.3)$$

Issiqlik berish murakkab jarayon, shuning uchun α - juda ko'p faktorlarga bog'liq. Bulardan asosiylari:

- a) Konveksiya turi;
- b) Oqim rejimi;
- b) Suyuqlikning fizik xossalari;

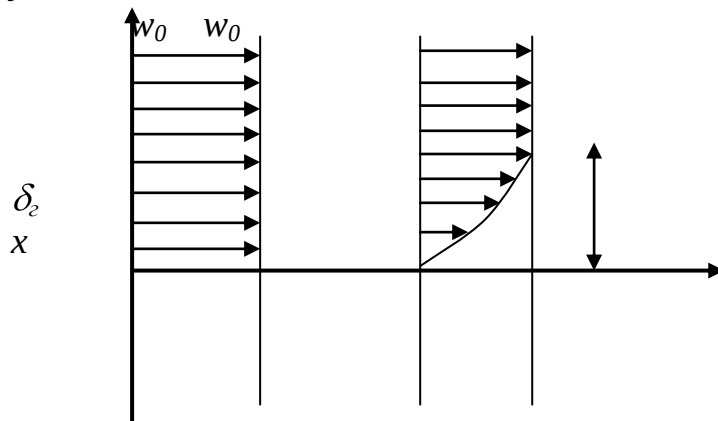
r) Issiqlik beruvchi sirtning shakli va o'lchamlari;

3. Gidrodinamik va issiqlik chegaraviy qatlami.

Konvektiv issiqlik almashinish nazariyasi L.Prandtlning chegaraviy qatlam (1904 yil) nazariyasiga asoslanadi.

Tezligi doimiy (0 bo'lgan cheksiz suyuqlik oqimi biror bir jism bo'ylab oqib (yuvib) o'tayotgan bo'lsin (7.1 – rasm).

y



Ishqalanish kuchi tufayli jism yuzasida tezlik nolgacha pasayadi. Natijada jismni yuvib o'tuvchi suyuqlik sohasida qovushqoqlik tufayli yupqa tormozlangan suyuqlik qatlami yuzaga keladi.

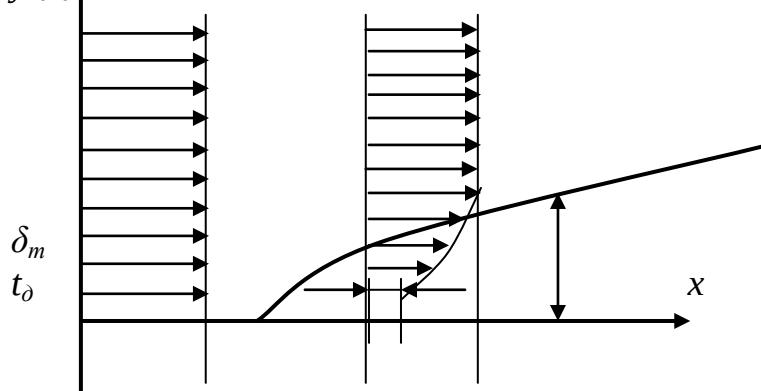
Bu sohada suyuqlik tezligi jism yuzasida nolga tenglashib, jismdan uzoqlashganda w_0 gacha o'zgaradi.

Bu tormozlangan suyuqlik qatlam δ -**gidrodinamik chegaraviy** qatlam deyiladi.

Ushbu qatlamda $\partial w_x / \partial y \neq 0$ bo'ladi. Chegaraviy qatlamdan tashqarisida esa $\partial w_x / \partial y = 0$ va $w_x = w_0$ bo'ladi.

Agar devor va suyuqlik haroratlari bir xil bo'lmasa, u holda devor yonida haroratni barcha o'zgarishlari sodir bo'luvchi δ_m -**issiqlik chegaraviy** qatlami yuzaga keladi.

y to t_0



Chegaraviy qatlamda harorat t_0 dan t_d gacha o'zgaradi. Chegaraviy qatlamdan tashqari harorat doimiy va t_0 ga teng bo'ladi.

Umumiy holda gidrodinamik va issiqlik chegaraviy qatlamlari ustma-ust tushmasligi mumkin. Gidrodinamik va issiqlik chegaraviy qatlamlarni nisbati $Pr = \nu/\alpha$ o'lchamsiz Prandl soni orqali topiladi. Issiqlik o'tkazuvchanligi yomon - qovushqoq suyuqliklar (moylar) uchun $Pr > 1$ va $\delta_r > \delta_T$, gazlar uchun $Pr \approx 1$ va $\delta_r = \delta_T$, suyuq metallar uchun $Pr < 1$ va $\delta_r < \delta_T$.

4. Konvektiv issiqlik almashinishning differensial tenglamalari

Konvektiv issiqlik almashinishi o'zining fizik tabiatiga ko'ra murakkab jarayon hisoblanadi va ko'p faktorlarga bog'liq. Umumiy holda issiqlik berish koeffisienti suyuqlikning fizik parametrlariga, oqim turiga, suyuqlikning harakatlanish tezligiga, suyuqlik yuvib o'tayotgan jismning shakli va o'lchamlariga hamda boshqa ko'plab faktorlarga bog'liq. Demak:

$$\alpha = f(w, \lambda, \mu, \rho, c, X, t_c, t_d, \Delta t, \Phi, l_1, l_2, l_3, \dots), \quad (7.4)$$

bu erda X – suyuqlikning harakat turi (erkin yoki majburiy), Φ – devor shakli, l_1, l_2, l_3 – yuza o'lchamlari.

(7.4) tenglama issiqlik berish koeffisientini topish uchun umumiy bir formula berib bo'lmastligini ko'rsatadi. Odatda uning qiymatlarini topish uchun tajribalar o'tkaziladi.

Fizikaning umumiy qonunlarini qo'llab, konvektiv issiqlik almashinishning issiqlik va dinamik hodisalarni hisobga oluvchi differensial tenglamalar sistemasini tuzish mumkin. Differensial tenglamalar sistemi energiya (issiqlik o'tkazuvchanlik), issiqlik almashinish va harakat (uzluksizlik) tenglamalaridan iborat:

a) Energiya differensial tenglamasi – suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi haroratni fazo va vaqt mobaynidagi o'zgarishlarini xarakterlaydi. Energiyaning differensial tenglamasi energiyaning saqlanish qonunidan keltirib chiqariladi va Fure Kirxgof tenglamasi deyiladi:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \left(w_x \frac{\partial t}{\partial x} + w_y \frac{\partial t}{\partial y} + w_z \frac{\partial t}{\partial z} \right) = \frac{\lambda}{\rho c} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (7.5)$$

Bu erda: $\frac{D}{D\tau} = \frac{\partial}{\partial \tau} + \left(w_x \frac{\partial}{\partial x} + w_y \frac{\partial}{\partial y} + w_z \frac{\partial}{\partial z} \right)$ – haroratning substansional hosilasi;

$$a = \frac{\lambda}{\rho c} \quad \text{– harorat o'tkazuvchanlik koeffisienti;}$$

$\nabla^2 = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right)$ – Laplas operatori. Ushbu belgilashlardan so'ng energiya differensial tenglamasi quyidagi sodda ko'rinishni oladi:

$$\frac{Dt}{d\tau} = a\nabla^2 t \quad (7.6)$$

$w_x = w_y = w_z = 0$ bo'lgan holatda tenglama qattiq jismlardagi (ichki issiqlik manbalari bo'lmaganda) issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasiga aylanadi.

6) Issiqlik almashinishning differensial tenglamasi -qattiq jism va suyuqlik chegerasida issiqlik almashinish sharoitini xarakterlaydi.

$$\alpha = -\frac{\lambda}{\Delta t} \cdot \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right)_{n=0} \quad (7.7)$$

b) Harakatni differensial tenglamasi siqilmaydigan suyuqlik uchun vektor formasida quyidagicha yoziladi

$$\rho \frac{D\omega}{dt} = \rho g - \nabla p + \mu \nabla^2 \omega \quad (7.8)$$

qisilmaydigan ((const) suyuqlik uchun **uzluksizlik tenglamasi**

$$\frac{\partial \omega_x}{\partial x} + \frac{\partial \omega_y}{\partial y} + \frac{\partial \omega_z}{\partial z} = 0 \quad (7.9)$$

Nazorat savollari

1. Konveksiya nima?
2. Konveksiyaning qanday turlarini bilasiz?
3. Konvektiv issiqlik almashinishi nima?
4. Konvektiv issiqlik almashinishni asosiy qonunini ayting va yozing.
5. Issiqlik berish koeffitsientining fizik ma'nosi va u qanday faktorlarga bog'liq?
6. Gidrodinamik chegaraviy qatlam nima? Tushuntiring.
7. Issiqlik chegaraviy qatlami qanday yuzaga keladi?
8. Energiya differensial tenglamasini yozing.
9. Issiqlik almashinishining differensial tenglamasini yozing.
10. Harakatni differensial tenglamasini yozing.

11-Mavzu Erkin va majburiy konveksiyada issiqlik berish

Erkin konveksiya. Majburiy konveksiya. Issiqlik va gidrodinamik chegara qatlamlar haqida tushuncha. Cheklangan va cheklanmagan fazoda issiqlik berish. Yassi yuzalar va quvur bo'ylab majburiy harakatda issiqlik berish. Reynolds, Prandtl, Nusselt, Grashof mezonlari

1. Jarayon tasnifi va asosiy tushunchalar.

Erkin harakat (konveksiya) suyuqlikda massa (xajmiy) kuchlar bir hil taqsimlanmaganligi oqibatida vujudga keladi. Bunday kuchlar og'irlik kuchi, markazdan qochma kuch va suyuqlikka ta'sir etayotgan yuqori kuchlanishli

elektromagnit maydon bo'lishi mumkin. Gravitatsion kuchlar ta'siri ostida bo'ladigan suyuqlikning erkin harakati eng ko'p o'rganilgan.

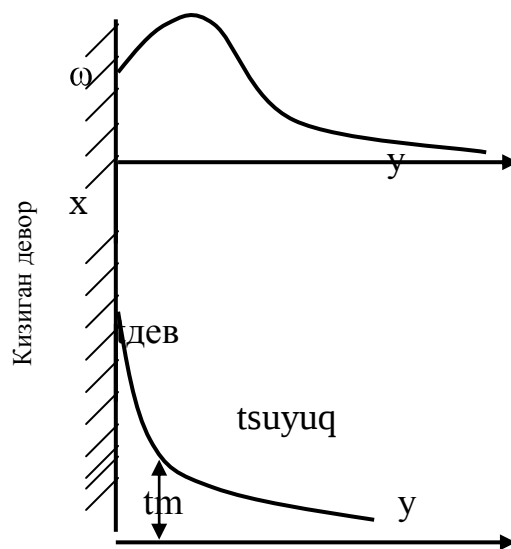
Suyuqlik erkin harakatlanishiga haroratlar farqi sabab bo'ladi. Bu erkin harakatlanish faqat issiqlik almashinuv bo'lgandagina vujudga kelishi va davom etishi mumkin degan so'zdir. Bunda issiqlik almashinuvi qanchalik kuchli bo'lsa, muhit ham shunchalik tez harakat qiladi. Shunday qilib, erkin konveksiya faqat suyuq muhitdagina amalga oshishi mumkin.

Suyuqlikning erkin harakati cheklangan va cheklanmagan fazoda amalga oshishi mumkin. Cheklangan fazoda issiqlik berish deganda shuni tushunish kerakki, suyuqlikni qizishi va sovishi bir biriga yaqin joyda sodir bo'ladi ya'ni fazo cheklangan va ularni bo'lish mumkin emas. Bu holda jarayon butunicha ko'rib chiqiladi. Cheklanmagan fazoda issiqlik berishda esa faqat bir hodisa amalga oshirilayotgan bo'ladi, masalan suyuqlikning qizishi. Suyuqlikning harakati ikkala holda ham laminar yoki turbulent bo'lishi mumkin.

2. Cheklanmagan fazoda issiqlik berish .

Cheklanmagan fazoda vertikal tuba yoki plita bo'ylab erkin konveksiyada issiqlik berishni ko'rib chiqaylik.

Chegaraviy katlamda suyuqlik harakati t_{dev} dan t_{suyuq} gacha o'zgaradi. Tezlik esa devor oldidagi nol qiymatdagi maksimal qiymatigacha oshib boradi, so'ngra nol gacha kamayadi (9.1 rasmi) Suyuqlik qizigan devorning boshida qatlamsimon, laminar harakat qiladi va u qatlamning kengligi kichik bo'ladi. (9.2- rasm) Shundan keyin harakatlanish davomida harakatlanuvchi qatlam qalinligi asta sekin ortib boradi. Bunda tezlik ham ortadi, laminar oqim rejimi buziladi. Lekin turbulent oqimi

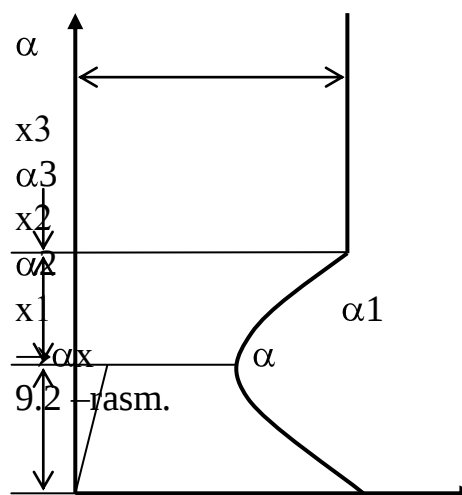


9.1 – rasm.

rejimiga o'tmagan bo'ladi. Bunday oqim rejimi o'tish (gajaksimon) rejim deyiladi.

O'tish rejimi barqaror bo'lmaydi u turbulent oqim bilan almashinadi, va truba yuqori qismining hammasida oqim rejimi turbulent bo'ladi.

Issiqlik tashuvchining harakatlanish характери o'zgarishiga qarab, issiqlik berish koeffitsienti α ning qiymati ham o'zgaradi. x_1 uchastkada (laminar oqim) issiqlik berish koeffitsienti.



α_1 α_2 qiymatgachakamayadi. x_2 uchastkada (oralikoqim) α_2 qisman ortib suyuqlikning x_3 uchastkadagi turbulent oqimiga mos keladigan α_3 qiymatga etadi. Shunday keyin x_3 turbulent oqim uchastkasida koeffitsient α_3 taxminan o'zgarmasligicha qoladi.

Erkin konveksiyada jism shakli ikkinchi darajali rol o'ynaydi. Bu erda konveksiya sodir bo'ladigan sirt davomiyligi va uning holati (gorizontal yoki vertikal turganligi) katta ahamiyatga ega.

Gorizontal plita ustidagi erkin xarorat plita o'lchamlariga va qizigan yuzasini qanday joylashganligiga bog'liq.

Erkin konveksiyada issiqlik berishni hisoblash uchun juda ko'p tenglamalar mavjud. Jismning ixtiyoriy shakli va o'lchamlari, uning gorizontal yoki vertikal holda joylashganligi harakatlanuvchi muhit tomchilanuvchi suyuqlik yoki gaz ekanligidan qat'iy nazar umumiy xolda M.A. Mixeev formulasidan foydalanish mumkin.

Dastlab quyidagi

$$Nu_{yp} = B (Gr * Pr)^{n_{yp}}$$

tenglamadan Nusselt soni (issiqlik almashinish sirti bo'yicha o'rtacha qiymat) aniqlanadi.

Bu formuladagi kriteriyalar quyidagicha o'rtacha haroratda olinishini ko'rsatadi.

$$t_{yp} = \frac{t_c + t_{deg}}{2}$$

B va n konstantalar argument (Gr, Pr) ning o'zgarish intervaliga bog'liq (jadval 9.1.)

$(Gr \cdot Pr)_{yp}$	10 ⁻³ – 5 · 10 ²	5 · 10 ² - 2 · 10 ⁷	2 · 10 ⁷ - 1 · 10 ¹³
C	1,18	0,54	0,135
n	1/8	1/4	1/3

Nu soni aniqlangandan so'ng issiqlik almashinish sirti uchun o'rtacha olingan issiq berish koefitsienti (ni aniqlash mumkin:

$$\alpha = \frac{Nu_{yp} \cdot \lambda_{up}}{l_0}$$

Bunda issiqlik almashinish sirtining Nusselt va Grashof sonlariga kiradigan o'ziga hos geometrik o'lchami l_0 sifatida sharlar va gorizonta trubalar uchun ularning diametri- d vertikal plita va trubalar uchun esa ularning balandligi h -qabul qilinadi.

So'ng tabiiy konveksiya yo'li bilan o'tadigan issiqlik oqimi hisoblab topiladi.

$$Q = \alpha F (t_{geb} - t_{суюк}) [Bm]$$

3. Cheklangan fazoda issiqlik berish

Fazoning cheklanganligi, ko'tariluvchi va tushuvchi oqimlarning mavjudligi tufayli bu hil issiqlik berishda harakat qilish sharoiti juda qiyinlashadi. Bu sharoit geometrik ulcham va shakllarga hamda suyuqlik turiga va issiqlik almashinish intensivligiga bog'liq.

Vertikal kanal va oraliqlarda ularni qalinligiga qarab suyuqlik sirkulyasiyasi 2 xil kechadi. Agar oraliq katta bo'lsa ko'tariluvchi va tushuvchi oqimlar bir biriga xalaqit qilmaydi va go'yoki cheklanmagan fazoda suyuqlik berish bo'lib qoladi. Agar oraliq kichik bo'lsa harakatlari bir biriga xalaqit qilib, sirkulyasiya konturlari hosil bo'ladi.

Gorizonta kanallarda qizigan yuzani qanday joylashganligiga bog'liq. Agar qizigan yuza yuqorida joylashgan bo'lsa, sirkulyasiya umuman bo'lmaydi. Agar qizigan yuza pastda joylashgan bo'lsa, kutariluvchi va tushuvchi oqimlar paydo bo'ladi va ular o'zaro almashinib ketadi.

Bunday qiyin konvektiv issiqlik almashinishini hisoblashni osonlashtirish uchun issiqlik o'tkazuvchanlikni ekvivalent koefitsienti $\lambda_{эк} = Q \cdot \delta / F \Delta t$ kiritilib bu jarayonni issiqlik o'tkazuvchanlik deb qarash qabul qilingan. Agar λ_{ekv} ni muhit λ siga bo'lsak o'lchamsiz: $\epsilon_k = \lambda_{эк} / \lambda$ konveksiya koefitsienti deb ataluvchi son kelib chiqadi.

Suyuqlikning sirkulyasiyasi muhitning sovuq va issiq qismlari zichliklar farqidan kelib chiqqanligi tufayli ϵ_k kriteriyalar Gr va Pr bog'liq ya'ni:

$$\epsilon_k = f(Gr \cdot Pr)$$

$$t_c = \frac{t_{q1} + t_{q2}}{2}$$

Kriteriyalarini hisoblashda qalinlik δ , harorat sifatida bilan aniqlanuvchi o'rtacha harorat qabul qilingan.

$Gr \cdot Pr < 1000$ bo'lganda $\epsilon_k = 1$ va $\lambda_{экв} = \lambda_c$

ya'ni issiqlik faqat suyuqlikning issiqlik o'tkazuvchanligi orqali o'tadi.

$103 < Gr \cdot Pr < 10^2$ bo'lganda; $\epsilon_k = 0.105 (Gr \cdot Pr)^{0.3}$;

$106 < Gr \cdot Pr < 10^{10}$ bo'lganda; $\epsilon_k = 0.40 (Gr \cdot Pr)^{0.25}$

bo'ladi. Taqribiy hisoblashlar uchun $Gr \cdot Pr > 10^3$ bo'lganda;

$\varepsilon_k = 0.18 (Grc \cdot Pr) 0, 25$ ni qo'llash mumkin.

ε_k aniq bo'lgandan so'ng $\lambda_{\text{ЭКВ}} = \varepsilon_k \cdot \lambda_c$ topiladi va $q = \frac{\lambda_{\text{ЭКВ}}}{\delta} \Delta t$ aniqlanadi.

4. Yassi yuzalar bo'ylab majburiy harakatda issiqlik berish

Agar yassi yuzani cheksiz suyuqlik oqimi yuvib o'tsa, plastina oldingi qirrasidan boshlab gidrodinamik chegaraviy qatlam yuzaga keladi. Bu qatlamda tezlik nolgacha kamayadi. Chegaraviy qatlamda tezlik laminar ham turbulent ham bo'lishi mumkin.

Plastina va suyuqlik oqimi o'rtasida haroratlar farqi bo'lganda gidrodinamik qatlamdan tashqari issiqlik chegaraviy qatlami ham yuzaga keladi.

Bu qatlamda harorat suyuqlik haroratidan plastina haroratigacha o'zgaradi. Bu xil issiqlik berishda issiqlik berish koeffisientiga oqim rejimi, suyuqlik turi, harorati, haroratlar farqi, issiqlik oqimi yo'nalishi hamda kichik tezliklarda tabiiy konveksiya ham ta'sir qiladi. Ushbu faktorlarini issiqlik berish koeffisientiga ta'siri hozirgi vaqtda yaxshi o'rganilmagan. Shuning uchun M.A. Mixeev laminar oqim uchun quyidagi formulani taklif etadi:

$$Nu_{\text{суюкли}} = 0.66 Re^{0,5} \text{суюкли} \cdot Pr^{0,33} \text{суюк} (Pr_{\text{суюк}} / Pr_{\text{девор}})^{0,25}$$

havo uchun $Re < 4 \cdot 10^4$ da formula soddalashadi.

$$Nu_{\text{суукли}} = 0,57 Re^{0,5} \text{суукли}$$

$Re_{0,5 \text{суюкли}} > 4 \cdot 10^4$ sharoitda turbulent harakat uchun M.A. Mixeev quyidagi formulani taklif etadi.

$$Nu_{\text{суюкли}} = 0.037 Re^{0,8} \text{суюкли} \cdot Pr^{0,33} \text{суюк} (Pr_{\text{суюк}} / Pr_{\text{девор}})^{0,25}$$

havo uchun $Pr \approx 0.7 = \text{const}$ va tenglama quyidagi holga keladi.

$$Nu_{\text{сууку}} = 0,032 Re^{0,8} \text{суюкли}$$

Bu formulalarda aniqlovchi harorat sifatida oqim harorati, ($Pr_{\text{девор}}$ - plastina harorati bo'yicha), aniqlovchi o'lcham sifatida oqim yo'nalishi buyicha plastina uzunligi qabul qilingan.

5. Quvur bo'ylab majburiy suyuqlik harakatida issiqlik berish.

Silliqlik to'g'ri quvur bo'ylab suyuqlik oqqanda issiqlik berish jarayoni mexanizmi juda murakkabdir. Issiqlik almashinish intensivligi yuqori darajada oqim tezligiga bog'liq. Haroratni o'zgarishi kesim bo'ylab va quvur uzunligi bo'yicha ham sodir bo'ladi. Suyuqlik quvur bo'ylab laminar, o'tish va turbulent harakterida oqishi

mumkin. Oqim xarakteri kuvurning uzunligi 50 d bo'lgan boshlang'ich uchastkasida shakllanadi.

Quvur bo'ylab suyuqlikning noizotermik laminar harakatida 2 xil rejim kuzatiladi. Qovushoq va qovushoq-gravitatsion. Bu rejimlar qonuniyatlari har xildir.

Qovushoq rejim suyuqliklarning tabiiy konveksiya bo'lmagan oqimiga mos keladi. Bunda issiqlik faqat issiqlik o'tkazuvchanlik orqali uzatiladi.

Qovushoq - gravitatsion rejimda majburiy harakat tabiiy konveksiya bilan birgalikda kuzatiladi. Bu rejimda issiqlik faqatgina issiqlik o'tkazuvchanlik bilangina emas, balki konveksiya bilan ham uzatiladi.

Tabiiy va majburiy harakat ustma-ust tushganda quvur devori oldida suyuqlik tezligi oshadi va issiqlik berish kuchayadi. Qarama-qarshi bo'lganda quvur devori oldida tezlik kamayadi va issiqlik berish ham kamayadi. Ammo ba'zi bir hollarda quvur devori oldida uyurmali harakat sodir bo'lib, issiqlik berishi kuchayishi ham mumkin. Tabiiy va majburiy harakatlar o'zaro perpendikulyar bo'lsa (masalan gorizontallarda) quvur devori oldida harakat sodir bo'lib, issiqlik berish yaxshilanadi.

Qovushoq - gravitatsion rejim uchun M.A. Mixeev to'g'ri silliq quvurlarda o'rtacha issiqlik berish koefitsientini hisoblash uchun quyidagi tenglikni taklif etdi.

$$\bar{Nu}_{suyukl} d = 0,15 Re^{0,33} Pr^{0,43} Gr^{0,1} \left(\frac{Pr_{suyuk}}{Pr_{devor}} \right)^{0,25}$$

havo uchun bu formula soddalashadi:

$$\bar{Nu}_{suyukl} d = 0,13 Re^{0,33} Gr^{0,1}$$

Bu formulalardan $\bar{Nu}$ aniqlangandan so'ng

$$\bar{\alpha} = \frac{\bar{Nu} \cdot \lambda}{d} \quad \text{formula}$$

orqali issiqlik berish koefitsienti, so'ngra:

$$\alpha = \bar{\alpha} F(t_{suyuk} - t_{dev})$$

orqali issiqlik oqimi hisoblanadi.

Ushbu formulalarda aniqlovchi harakat uchun suyuqlikning o'rtacha harorati, tezlik sifatida -quvur bo'ylab suyuqlikning o'rtacha tezligi, aniqlovchi o'lcham sifatida silindrik quvur diametri va boshqa shakldagi quvurlar uchun ekvivalent diametr qabul qilingan.

$$d_{ekv} = 4 S / \Pi$$

bu erda: S - quvur ko'ndalang kesim yuzasi

Π - ushbu kesimning ichki perimetri.

Turbulent oqimda suyuqlik intensiv aralashadi va tabiiy konveksiya hech qanday amaliy ta'sir ko'rsatmaydi. Shuning uchun formulalardan Grashof sonini olib tashlash mumkin. Suyuqlik qiziyotganga va soviyotganga nisbatan issiqlik berish intensivligi yaxshi bo'ladi. Bu oqim uchun M.A Mixeev quyidagi formulani taklif etadi:

$$\bar{Nu}_{suyukl} = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \left(\frac{Pr_{suyuk}}{Pr_{devor}} \right)^{0,25}$$

havo uchun ($Pr \approx 0.7$) bu formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\bar{Nu}_{suyukl} d = 0,018 Re^{0,8}$$

Nazorat savollari

1. Yassi yuzalar bo`ylab majburiy harakatda issiqlik qanday beriladi?
2. Yassi yuzalar bo`ylab majburiy laminar harakatda Nusselt kriterial tenglamasini M.A. Mixeev formulasi yordamida yozing.
3. Yassi yuzalar bo`ylab majburiy turbulent harakatda Nusselt kriterial tenglamasini M.A. Mixeev formulasi yordamida yozing.
4. Yuqoridagi tenglamalar havo uchun qanday ko`rishda yoziladi?
5. Quvur bo`ylab majburiy suyuqlik harakatida issiqlik qanday beriladi?
6. Quvur bo`ylab suyuqlikning noizotermik laminar harakati necha xil rejimda kuzatiladi?
7. Qovushoq-gravitatsion rejimda issiqlik qanday uzatiladi?
8. Qovushoq-gravitatsion rejimda M.A.Mixeev to`g`ri silliq quvurlarda o`rtacha issiqlik berish koeffisientini hisoblash uchun qanday formulani taklif etdi?
9. Suyuqlik oqimi bitta quvurni ko`ndalang yuvganda issiqlik qanday beriladi?
10. Erkin konveksiyada issiqlik berish deganda nimani tushunasiz?
1. Cheklanmagan fazoda issiqlik berish nima?
2. Vertikal devor bo`ylab issiqlik oqimini harakatlanish rejimlarini va issiqlik berish koeffisientini o`zgarish grafiklarini chizing.
3. Gorizontaal devor(plita) buylab issiqlik oqimlari harakatlarini chizing.
4. Erkin konveksiyada issiqlik berishni hisoblash M.A. Mixeev formulasini yozing.
5. Cheklangan fazoda issiqlik berish nima?
6. Cheklangan fazoda issiqlik berishni chizmalar orqali tushuntiring.
7. Konveksiya koeffisienti deb ataluvchi son qanday keltirib chiqariladi?
8. Erkin konveksiyada o`rtacha harorat qanday topiladi?
9. Cheklangan fazoda issiqlik berishni hisoblash formulasini yozing.

12-Mavzu Nurlanish issiqlik almashinuvi

Nurlanish. Nurlanish usuli bilan issiqlik almashinuvining asosiy qonunlari. Plank, Vin, Stefan-Boltsman, Kirxgof, Lambert qonunlari.

1. Jarayontasnifivaasosiy tushunchalar

Issiqlik nurlanishi jismlarning ichki energiyasini elektromagnit to`lqinlar energiyasiga aylanishi natijasidir. Issiqlik nurlari boshqa jismga tushganda ular yutiladi va yana ichki energiyaga aylanadi. Bu nuriy issiqlik almashinishidir. Issiqlik nurlanishi elektromagnit tulqin kabi to`lqin uzunligi λ va tebranish chastotasi ν bilan harakterlanadi. Bunda to`lqinlar  $s = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  yorug`lik tezligi bilan tarqaladi. Ushbu parametrlar quyidagicha bog`langan:

$$\nu = s / \lambda$$

Jism energiyasining asosiy miqdori $\lambda = 0.8 \dots 80 \mu\text{m}$ to'liq uzunligida nurlanadi. SHu nurlar issiqlik (infraqizil) nurlari deb ataladi. Issiqlik nurlaridan uzun to'liq uzunlikka ega to'liqlar yorug'lik nurlaridir.

Agar past haroratlarda (taxminan 1000°S gacha) konvektsiya va issiqlik o'tkazuvchanlik yuli bilan issiqlik almashinuv asosiy rolg'o'ynasa, yuqoriroq haroratlarda nurlanish asosiy rolg'o'ynaydi.

Yorug'lik va issiqlik nurlarining tabiati bir xildir. Yorug'lik nurlari uchun yozilgan tarqalish, qaytish va sinish qonunlari issiqlik nurlari uchun xam to'g'ridir.

Ko'pchilik qattiq va suyuq jismlar 0 dan ∞ gacha oraliqda bo'lgan barcha to'liq uzunliklarda energiya chiqaradi, ya'ni bu jismlarning tutash (yaxlit) nurlanish spektrlari bo'ladi. Bularga qattiq jismlar va tomchi suyuqliklar kiradi. Bahzi jismlar uzlukli spektrli, ya'ni faqat muayyan to'liq uzunliklar intervalida energiyani nurlantiradi. Ularga qizdirilgan gaz va bug'lar kiradi.

Nurlanish xususiyati - nurlanish oqim zichligi E_e ayni haroratda jismning birlik yuzasidan vaqt birligi ichida $\lambda = 0$ dan $\lambda = \infty$ gacha barcha to'liq uzunlikdagi chiqarilgan nuriy energiya miqdori Q bilan aniqlanadi.

$$E_e = \frac{Q}{F \cdot \tau}, \quad \text{Wt} / \text{m}^2 \text{ s}$$

bu F - nurlanayotgan sirt yuzasi, m^2

τ - nurlanish vaqti, s

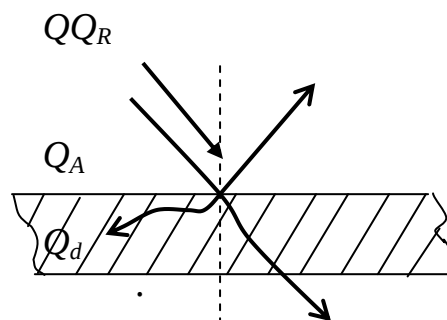
Jism sirtiga tushgan barcha nuriy energiya miqdori Q ning Q_A qismi jismga yutiladi, Q_R qismi undan qaytariladi, qolgan Q_D qismi esa jismdan o'tib ketadiyani

$$Q = Q_A + Q_R + Q_D$$

butenglikniikkalaqismini Q

gabo'lsak $\frac{Q_A}{Q} + \frac{Q_R}{Q} + \frac{Q_D}{Q} = 1$

ni olamiz va bu nisbatlarni mos ravishda A , R , va D deb belgilasak, quyidagilarni olamiz.



$$A = \frac{Q_A}{Q} \text{ yutilish koeffitsienti, } R = \frac{Q_R}{Q} - \text{qaytarish koeffitsienti,}$$

$$D = \frac{Q_D}{Q} - \text{o'tkazish koeffitsienti.}$$

Bularni ehtiborga olib, tenglikni shunday yozamiz.

$$A + R + D = 1$$

Ushbu tenglik nurlanish energiyasi issiqlik balansining tenglamasi deyiladi. Agar $A=1$ bo'lsa $R=D=0$ bo'ladi, ya'ni, jism ketayotgan nurni hammasini yutadi. Bunday jism absolyut qora jism deyiladi. Masalan qora qurum uchun $A = 0.9 \dots 0.96$ qor va muz uchun $A = 0.96 \dots 0.98$. Agar $R=1$ bo'lsa $A=D$

$=0$ bo'ladi ya'ni, jism hamma nurni o'zidan kaytaradi. Bunday jism absolyut oq jism deyiladi.

Agar $D=1$ bo'lsa $A=R=0$ bo'ladi, ya'ni jism kelayotgan nurni hammasini o'tkazib yuboradi. Bunday jism shaffof jism deyiladi. (masalan havo). $0 < A < 1$ bo'lgan va yutilish xususiyati tushayotgan nurning to'ltin uzunligiga bog'liq bo'lmagan jismlar kulrang jismlar deyiladi.

$E_{ef} = E + RE_{tush}$ - jismning effektiv nurlanishi deyiladi.

bu yerda Y_e - jismning xususiy nurlanishi, RE_{tush} - tushayotgan nurlanish.

2. Nuriy issiqlik almashinishining asosiy qonunlari

Kirxgof qonuni. Jismning nurlanish xususiyatining yutish xususiyatiga nisbati jismning tabiatiga bog'liq emas, balki barcha jismlar uchun bir xil bo'lgan harorat funksiyasidir.

U absolyut qora jismning shu haroratdagi nurlanish xususiyatiga teng.

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = \frac{E_0}{A_0}(T)$$

bu yerda $Y_e(t)$ - absolyut qora jismning nurlanish xususiyati

Stefan - Boltsman qonuni. Absolyut qora jismlarning nurlanish xususiyati absolyut haroratning 4 darajasiga to'g'ri proporsional bo'ladi.

$$E_0 = \sigma_0 \cdot T^4$$

bu yerda $\sigma_0 = 5.7 \cdot 10^{-8} \text{ Wt} / (\text{m}^2 \text{K}^4)$ absolyut qora jism nurlanish doimiysi

Bu qonun tajribada Stefan aniqlanadigan keyinchalik Bolg'tsman nazariy jixatda nasoslab berdi.

Texnikaviy hisoblashlar uchun bu qonun quyidagishakl bilan yozgan qulay

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

bu yerda $S_0 = \sigma_0 \cdot 10^{-8} = 5,7 \text{ Wt} / \text{m}^2 \text{K}^4$ - absolyut qora jismning nurlanish koeffitsienti.

Real (kul rang) jismning nurlanish xususiyatini bu jismlarning qoralik darajasi $\varepsilon = Y_e / Y_{e0}$ deb atalgan koeffitsient orqali topish mumkin.

$$E = \varepsilon E_0 = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 = C \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

$C = \varepsilon \cdot S_0$ kul rang jismning nurlanish koeffitsienti $\text{Wt} (\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

$$0 \leq \varepsilon \leq 1$$

Agar nuriy issiqlik almashinuvida yuzasi F haroratlari T_1 va T_2 bo'lgan ikkita paralel devor ishtiroq etsa, u holda 1 - yuzadan 2 - yuzaga ($T_1 > T_2$) uzatilgan nuriy issiqlikning to'la miqdori Q_n ushbu formuladan hisoblab topiladi:

$$Q_u = F \cdot C \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

bu yerda S issiqlik almashinuvida ishtiroq etayotgan jismlar sistemasining keltirilgan nurlanish koeffitsienti. Ushbu koeffitsient quyidagicha hisoblab topiladi.

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}}$$

Bu yerda S_1 , S_2 , S_0 birinchi, ikkinchi va absolyut qora jismlarning nurlanish koefitsientlari.

3. Gazvabug'larning nurlanishi

Turli gazlarning nur chiqarish va nur yutish xususiyatlari turlicha bo'ladi. Masalan bir va ikki atomli gazlar (H_2, O_2, N_2, He_2) issiqlik nurlanishini amalda o'tkazadi. Uch va ko'p atomli gazlar (SO_2 , suv bug'i, NH_3) ning nur yutish va nur chiqarish xususiyatlari ancha kuchli bo'lib, bundan amalda foydalanilmoqda.

Agar qattik jismlar nur energiyasini faqat sirtiga yutsa va sirtidan nurlantirsa, gazlar butun hajmiga va to'lqin uzunligining muayyan intervaldagi $\Delta\lambda$ nurlarinigina yutadi va chiqaradi. SHunday qilib ularni nurlanishi va yutish spektrlari selektiv xarakterda bo'ladi. Gazning temperaturasi ko'tarilishi bilan uning nur yutish va chiqarish xususiyatlari kuchayadi.

Nazorat savollari

1. Nurlanish issiqlik almashinuvi qanday jarayon?
2. Issiqlik nurlarining to'lqin uzunligini yozing.
3. Qanday haroratlarda nurlanish asosiy rolg'o' naydi?
4. Yutilish, qaytarish va o'tkazish koefitsientlarini yozing?
5. Qanday jismga absolyut qora jism deyiladi?
6. Qanday jismga absolyut oq jism deyiladi?
7. Nurlanish issiqlik almashinuvining Kirxgof qonunini ayting va yozing.
8. Nurlanish issiqlik almashinuvining Stefan-Bolg'tsman qonunini ayting va yozing.
9. Gazlar va bug'lar nurlanishi qanday sodir bo'ladi?
10. Gazning nur yutish va chiqarish xususiyatlari qanday hollarda kuchayadi?

13-Mavzu Yoqilg'i.

Yoqilg'ining xossalari. Kattiq, suyuq va gazsimon yoqilg'i. Yonish issiqligi. Xavoning ortiqchalik koefitsienti. Yoqilg'ini yoqish. Yoqilg'ini quyuqsimon qatlamlarda yonishi.

1. *Yoqilg'i va uning xossalari*

Asosiy tarkibiy qismi ugleroddan iborat yonuvchi moddagayoqilg'ideyiladi. Kimyoviy reaksiyaning jadali borish natijasida yoqilg'io'zidan issiqlik chiqaradi. Yoqilg'iga quyidagi talablar qo'yiladi: yonish vaqtida ko'pmiqdorda issiqlik chiqarish; yonish mahsulotining tarkibi dabi at gaz arar yetkazadigan moddalarmiqdorining kam bo'lishi; tez vato'layonishi; qazib olish oson bo'lishi va qayta ishlash hamda transportdabir joydan ikkinchi joygako'c hirishning oson bo'lishi.

Yoqilg'iqazibolinishivatayyorlanishigako'ratabiiyvasun'iybo'ladi. Tabiatdaishlatishgatayyormavjudbo'lganyoqilg'ilar*tabiiyyoqilg'ilar*deyiladi. Qazibolinadigantoshko'mir, yonuvchislanetslar, torf, neft, gaz, o'tin, qishloqxo'jaligiishlabchiqarishichiqindilaritabiiyyoqilg'ihisoblanadi.Tabiatdagiyoqilg'ilarniyokiumumanmoddalariniqaytaishlashnatijasidaolinadiganyoqilg'ilar*sun'iyyoqilg'ilar*deyiladi. Bulargakoks, kukunholatigachamaydalanganqattiyoqilg'i, briketlar, yog'ochko'miri, benzin, kerosin, solyarmoyi, gazoylg', motormoyiYumazut, domnavakoksbatariyasigazlarivatabiiygazniqaytaishlashdaolinadigangazlarkiradi. Issiqlikenergiyasiningasosiymانبايyoqilg'ibo'lib, D.I. Mendeleevtahriflashichayoqilg'i "issiqlikolishhuchunatayinyondiriladiganyonuvchimodda". Agregatholatibo'yichayoqilg'iniqattiq, suyuqvagazko'rinishidagiturlarigabo'linadi. Yoqilg'iorganikvayadroviy, kelibchiqishibo'yichatabiiyvasun'iybo'lishimumkin.

Jadval13.1

dayoqilg'iningkelibchiqishivaagregatholatibo'yichatavsifikeltirilgan.

Jadval13.1

Agregat holati	Kelibchiqishi	
	tabiiy	sun'iy
Gaz	Tabiiyvayo'lovchigazlar	Generator, domna, chiroq, koksbiogazivaboshqalar
Suyuqlik	Neft	Mazut, uy-ro'zg'oryoqilg'isi, dizelg'yoqilg'isi, benzinlar, kerosinlarvaboshqalar
Qattiq	Antratsit, toshko'mir, yonuvchislantslar, torf, yog'ochko'tin, qishloqxo'jaligiishlabchiqarishichiqindilari	Koks, yarimkoks, torflivatoshko'mirlibriketlar, yog'ochko'mir

Organikyoqilg'ilarniyuqqaendaissiqlikajralishihavodagikislorodbilanyonishel ementlaribog'lanishireaktsiyasinatijasidaamalgaoshadi, yadroviyyoqilg'iishlatilgandaissiqlikenergiyasibahziog'irelementlar (U^{235} , U^{239} , U^{233}) ningatomyadrolari yemirilishireaktsiyalaridaajraladi. Yadroviyyoqilg'iengyaxshiorganikyoqilg'ilarganisbatanhammillionbaravarko'pissiqlikajratadi.

Hozirgivaqtdaissiqlikenegiyasiolishningasosiymانبايibo'liborganikyoqilg'iishlatiladi.

Yersharidaishlabchiqarilayotganvaistehmolqilinayotganenergiyaningtaxminan 70% iorganikyoqilg'iyuqishhisobigaolinadiva 30% - suv, shamol, qo'yoshvayadroviyyoqilg'ilarhisobidanolinadi.

Yilsayinqishloqxo'jaligiishlabchiqarishidaneftmahsulotlarigavatabiiygazgahtiyojoshibbormoqda.

Kelajakdajoylardagiyoqilg'iturlarinikengmiqyosdaishlatishko'zdatutilmoqda.

2. Yoqilg'i tarkibi va tavsiflari

Umumiy mahlumotlar.

Organik yoqilg'itarkibi gayonuvchivayonmaydigan elementlar birikmalaridir. Qattiq va suyuq yoqilg'itarkibi ga quyidagi yonuvchi moddalar: uglerod S , kislorod O , azot N , kul va namlik W kiradi.

Yoqilg'itarkibi dagi oltingugurt odatda yonuvchivayonmaydigan gabo'linadi. Yonmaydigan oltingugurt yoqilg'ining mineral qismini tarkibi ga kiradi. Yonuvchi oltingugurt (uchuvchan) organik S_{or} va kolchedan S_k turlariga bo'linadi, kolchedan oltingugurt tarkibi FeS_2 ; $S_{uch} = S_{or} + S_k$. Kolchedan oltingugurt mineral qismini tarkibi ga kirsada, uyoni shjarayonida ishti roketadi.

Yoqilg'iga kirgan mineral aralashmalar kul (A) ni tashkil qiladi, kulesayonish jarayonida ishti roketmaydiva yoqilg'ining issiqlik qimmatini kamaytiradi.

Organik yoqilg'ilar **organik**, **yonuvchi**, **quruq va ishchi massa** lar bilan tavsiflanadi.

Yoqilg'i massasini har birtashkilotuvchiga mos ravishda darajasiko'rinishidaindeks bilan belgilanadi.

Organik massa:

$$C^o + H^o + S^o + O^o + N^o = 100\% \quad (13.1)$$

Organik massadagi oltingugurt tarkibi ga kolchedanli oltingugurt kirmaydi.

Yonuvchi massa (quruq kulsiz):

$$C^{yo} + H^{yo} + S_{uch}^{yo} + O^{yo} + N^{yo} = 100\% \quad (13.2)$$

Yonuvchi massa tarkibi yoqilg'ini yonish materialisifatidagixossalarini aniqlaydi.

Quruq massa:

$$C^q + H^q + S_{uch}^q + O^q + N^q = 100\% \quad (13.3)$$

Quruq massa tarkibi ga ham moddalar, shujumladan kul ham kiradi.

Ishchi massa:

$$C^i + H^i + S_{uch}^i + O^i + N^i + A^i + W^i = 100\% \quad (13.4)$$

Yoqilg'ining umumiy massasi, shujumladan kul va namlik, **ishchi massa** si deyiladi. Yonish jarayoni tahlil bilan bog'liq hisoblar, qoida bo'yicha ishchi massa bo'yicha olib boriladi.

Yoqilg'ielement tarkibi ni birmassadan boshqasiga kiritish 'ro'rtsiya yoki moske luvchi koefitsientlari yordamida amalga oshiriladi.

Gazlar tarkibi kom'onentlar hajmiy tarkiblari yig'indisi ko'rinishida yoziladi:

$$CH_4 + H_2 + CO + C_nH_m + O_2 + N_2 + H_2S = 100\% \quad (13.5)$$

13.2-jadval

Qattiq va suyuq yoqilg'ining tarkibiy qismi

Yoqilg'ituri	Yoqilg'itarkibidagi yonuvchi elementlar, %			
	S^{yo}	N^{yo}	O^{yo}	S^{yo}
Yog'och	50	6	43	0

Torf	53 - 62	5,2 - 6,2	32 - 37	0,1 – 0,3
Qo'ng'irko'mir	62 - 72	4,4 – 6,2	18 - 27	0,5 – 6,0
Toshko'mir	75 - 90	4,5 – 5,5	4 - 15	0,6 – 6,0
Antratsit	90 - 96	1,0- 2,0	1 - 2	0,5 – 7,0
Neft	83 - 86	11 - 13	1 - 3	0,2 – 4,0

13.3-jadval

Yonuvchigazningtarkibiyqismi

Gazturi	Quruqgazhajmidagimoddamiqdorlari, %							
	SN ₄	N ₂	SO	S·N _m	O ₂	SO ₂	N ₂ S	N ₂
Tabiiy (Buxoro)	94,6	-	-	3,8	-	0,4	-	0,9
Koksgazi (tozalangan)	22,5	57,5	6,8	1,9	0,8	2,3	0,4	7,8
Domnagazi	0,3	2,7	28	-	-	10,2	0,3	58,5
Suyultirilgangaz	4	qolganiboshqagazlar: 'ro'an 79%, etan 6%, vodorod, izobutan 11%						

Yoqilg'itarkibidauglerodqanchako'pbo'lsa, kislorodshunchakambo'ladi va aksincha. Kislorodmiqdoriningyoqilg'itarkibidaortishiuning issiqlik berishini asaytiradi. Yoqilg'itarkibidagikimyoviyelementlarningreaktsiyagakirishi (yonishi) daxarxilmiqdordagi issiqlik ajraladi.

Kammiqdordavodorodgazisuvnielektroliz qilish usulibilanolinadivailmiytadqi qotlaboratoriyalarida qo'llaniladi.

Tabiiyvasun'iygazyoqilg'isifatidasanoatningvaqishloqxo'jaliginingturlitarmoqlarida, avtomobilda, aviatsiyadaoxirgion'yilmobaynidakengqo'llanilmoqda.

Yoqilg'itarkibinibilishzaruratiyonishjarayoniningmaterialmuvozanatimahlu motiniolishchun kerak.

yoqilg'itarkibiyoqilg'ining issiqlik qimmatini aniqlaydi, bu esa uning **yonishning solishtirma issiqligi** **Q** ni, yahni 1 kgsuyuqyoki qattiqyoqilg'iyoki 1

m³gazyoqilg'inormalsharoitlardato'liqyonishida ajraladigan issiqlikmiqdori (mosravishdakJ/kg, kJ/m³o'lchov birliklarida) nitavsiflaydi. Yonishning solishtirma issiqligini hisoblab to'ishyoki kilometrik uskunada tajriba usuli bilan aniqlash mumkin.

Yoqilg'iyonish solishtirma issiqligini aniqlashdayoqilg'ielementtarkibi bo'yicha D.I. Mendeleev taklif qilgan formuladan foydalaniladi. Undanko'rinadiki, yoqilg'iyonish issiqligi uning alohida elementlari yonganda ajraladigan issiqliklari yig'in disigateng.

Suyuqyoki qattiqyoqilg'ining **yuqori solishtirmayonish issiqligi** uchun formula quyidagikori ishgaega:

$$Q_{yu} = 339C + 1256H - 109(O - S), \text{ kJ/kg} \quad (13.6)$$

1kgsuvnibug'lantirishuchun 2512 kJissiqliksarfqilinadi, W
foizlargaberilganliginihisobgaolib, namliknibug'lantirishgaketa yotgan issiqlik 25W
gateng.

Suyuqyoki qattiqishchiyoqilg'ining **quyisolishtirmayonishissiqligi** ushbu for
muladananiqlanadi:

$$Q_q^i = 339C + 1030H - 109(O - S) - 25W, \text{ kJ/kg}, \quad (13.7)$$

bundakoeffitsientlar alohida elementlarning yonish issiqligini ifodalaydi va 100
gabo'lingan soni keltiriladi; C, H, O, S - yoqilg'idagi har xil elementlarning tarkibi, %.

Gazyoqilg'isining yonish issiqligi
1m³ quruq gazganisbatan normal sharoitlar uchun olinadigan va tashkilotuvchi elementlari yo
nishi issiqligini orqalito' iladi:

$$Q_q^q = 358CH_4 + 638C_2H_6 + 913C_3H_8 + 108H_2 + \\ + 126CO + 590C_2H_4 + 234H_2S; \text{ kJ/m}^3 \quad (13.8)$$

bunda CH₄, C₂H₆ vaboshqalar – gazaralashmasidagi mos kom'onentlarning tarkibi,
hajm bo'yicha % da.

Issiqlik energetik uskunalari ning ko'rsatkichlarini rejalashtirish,
iqtisodiy hisoblashlar va solishtirishlari yagona asosda amalga oshirilish zarur.
Buning uchun **shartli yoqilg'** itushunchasi kiritiladi, uning yonish issiqligi 29,35
MJ/kg gateng qilib qabul qilinadi,
bu **quruq kamkulliko'mir** ning yonish issiqligiga to'g'ri keladi.

Gazyoqilg'isi. Uqozon qurilmalarida, issiqlik generatorlarida,
suv qizdirgichlarda, gazli isitish asboblari da, shuningdek ichki yonuvdvigatel-
larida ishlatiladi. Tabiiy gaz asosan metandan va qisman boshqa uglevorodlar va inert gazlar aralashmalaridan tashkil to'gan.

Tabiiy gazning taxmini y tarkibi hajm bo'yicha quyidagicha: metan – 85 ... 99; etan 1,0
... 8.0; 'ro'an-butan-0,5...3; azot 0,5...0,7; uglekislota 1,8 gacha.

Siqilgan gaz tabiiy, neft olishdagi yo'lovchi,
koksligazlar va boshqalardan olinadi.
Siqilgan gazlarning asosiy kom'onentlari gas metan, uglerod oksidi, vodorod, azot,
uglekislota gazisi vubug'larivodorodli oltingugurt,
ammiak va boshqa aralashmalari kiradi.

Siqilgan gazlarni gaz magistrallariga,
shuningdek gaz olish va qayta ishlash joylari va qinj oylashgan qishloq tumanlarida qo'lla
shjuda qulay. Siqilgan gazlar avtomobillari da ishlatiladi, buning uchun ularga
50 l sig'imli balonlari ro'natiladi, balonlari da ishchi bosim 20 M'agateng.

Suyultirilgan gazlar ro'zg'ordakeng qo'llaniladi, shuningdek avto-
mobilg' transportlari da ishlatiladi.

Bugazlar neftni birlamchi qayta ishlash mahsulotlari yoki yo'lovchi gazlar bo'ladi.
Suyultirilgan gazlarning asosiy kom'onentlari butan va 'ro'an bo'ladi vaunchako'p bo'l
magan miqdor da metan, etan, etilen, 'ro'ilenvabutilen bo'lishi mumkin.
'ro'anvabutan mahlum bosimostigasi uy uqlik holatiga osono'tadi.

Uy-ro'zg'or iste'moli uchun uch xil markali siqilgan gazlar ishlab chiqiladi:
S'BTZ -'ro'anvabutan aralashma litexnika viy qishki, S'BTL -

ro'anvabutanaralashmalitexnikaviyyozgivaBT-texnikaviybutan. S'BTZaralashma 75%dankambo'lmagan'ro'anva'ro'ilen, S'BTL 60%danoshmaganbutanvabutilen, texnikaviybutanBT-60%dankambo'lmaganbutanvabutilentarkiblibo'ladi.

Generatorgaziqattiqyoqilg'ini 60% havosizmuhitdahaydaydiganmaxsususkunalar – gazgeneratorlaridaolinadi. Ishlatiladiganqattiqyoqilg'isifatidatoshko'mir, o'tin, torf, qishloqxo'jalikchiqindilari (qirindi, kungaboqar'oyalari, kano'cho'larivaboshqalar)dantayyorlanganbriketlar, quymalarishlatiladi.

Gazolishuchunqo'llaniladiganqattiqyoqilg'iturlarigabog'liqholdageneratorga zitarkibiquyidagioarliqlardao'zgaradi: SO' - 25..30%, N₂-12...15%; SN₄-0,5...3,5%; SO₂-5...8%; O₂-0,2...0,5%; N₂-45...50%. Generatorgaziningquyiyonishissiqligi 5000...65000 kJ/m³ gateng.

Biogaz.

Bizningmalakatimizdavajahonningko'pginadavlatlaridaqisqavaqtichidachorvachiqi ndilaridanyuqorisifatliorganiksifatli'g'itbilanbirgalikdametantarkibligazolishmua mmosikattaqiziqishuyg'otadi.

SHusabablichorvago'nginiachitishuchunturlianaeroblimikrobiologikreaktorlarkons truktsiyalari'aydobo'ldi.

Bureaktorlardareaktsiyalarbirvaqtdaamalgaoshadi. Biogaztarkibidametan 70% gacha yetadi, uningquyiyonishissiqligi 23000 kJ/m³ gachanitashkiletadi.

Suyuqyoqilg'i.Suyuqyoqilg'iishlabchiqarishuchunasosiymanbanefthisoblana di. Nefttarkibigako'raolinadiganyoqilg'izichligi 690 dan 1015 kg/m³ gachao'zgaradi.

Neftqazibolishjoylartarkibiningbirxilemasligidanuningkimyoviytarkibiturlicha. Neftningasosiyelementlarigauglerod (83...87%) vavodorod (12...14%) kiradi. Bundantashqarinefttarkibidakislorod (0,1...0,3%), oltingugurt (kamoltin- gugurtlineftlarda 0,01% danvayuqorioltingugurtlineftlarda 5...7% gacha), azot (0,02...1,7) shuningdekkammiqdordagiboshqaelementlarkiradi.

Qishloqxo'jaligiishlabchiqarishidaquyidagineftmahsulotlarifoydalaniladi: benzinlar, kerosinlar, dizelyoqilg'ilari, mazutlar, ro'zg'orisitishyoqilg'ilari.

Benzin. KarbyuratorliavtomobillarvamototsikllardvigatellariuchunA-72, A-76, AI-80, AI-93, AI-98 markalibenzinlarchiqariladi. Aharfibenzinavtomobiluchunekanliginibildiradi, sonlaroktansoniqiymatininiko'rsatadi, oktansonimotorusulidaaniqlanadi.

AI-98 dantashqaribarchabenzinlaryozgivaqishkilargabo'linadi. Yozgibenzinlarshimoliyvashimoli-sharqiyviloyatlarda 1 a'reldan 1 oktyabrgacha, qolganviloyatlardayildavomidaqo'llaniladi, qishkibenzinlar – shimoliyvashimoliysharqiyviloyatlardayildavomida,boshqaviloyatlarda 1 oktyabrdan 1 a'relgachaqo'llaniladi.

Benzinlarningquyiyonishissiqligio'rtacha 44000 - 44500 kJ/kgnitashkiletadi.

Kerosinissiqlikgeneratorlarida, quritgichlardahamdarozg'orehtiyojlaridayoqilg'isifatidaishlatiladi.

Dizelyoqilg'isikattaaylanishsonlidizellardaqo'llanilishsharoitigabog'liqholda uchta: L-yozgi, Z-qishkivaA-arktikamarkadaishlabchiqiladi.

O'rtachavakichikaylanishchastotalidizellaruchundizelg'yoqilg'isiikki-DTvaDMmarkalardaishlabchiqiladi.

Yoqilg'iningturg'unqurilmalardaishlatilishidauqizdiriladi, tindiriladivafilg'trlanadi.

Dizelg'yoqilg'ilariquyiyonishissiqligi 42600 kJ/kgatrofidabo'ladi.

O'txonamazuti. Qozonxonayoqilg'isisifatida o'txonamazutlari ishlatiladi, mazutlarneftni, yonuvchislanetslarni, toshko'mirlarniqaytaishlashmahsulotibo'ladi. O'txonamazutlaridan neftdankelibchiqadiganiko'proqkengroqqo'llaniladi.

Mazutningasosiysifatko'rsatkichiquyushqoqligibo'lib, umazutnimarkirovkalashasosigaqo'yilgan.

Qishloqxo'jaligiga 40 va 100 markalio'txonamazutlari qozonxonalaruchunkeltiriladi.

Quyiyonishissiqligiquruqyoqilg'ihisobidakamoltingugurtli 40 markalimazutuchun 40740, 100 markaliuchun - 40530 kJ/kg, oltingugurtli 40 va 100 markalimazutuchun - 39900 kJ/kg.

Qotishharorati 40 markalimazutuchun 10°Sdanyuqori, 100 markaliuchun 25°Sdanyuqoribo'lishikerak.

Ro'zg'oro'txonayoqilg'isi qishloqxo'jaligi ishlabchiqarishidakengishlatiladi. Buyoqilg'idabug'vasuvqizdirishqozonlari, issiqlikgeneratorlari, donquritkichlar, uy-ruzg'orehtiyojlariuchunqurilmalardaishlatiladi. Tashqiko'rinishdanbu yengilharakatlanuvchikamsmolali (saqqichli) suyuqlikbo'lib, neftdanolinadi. Buyoqilg'idizelyoqilg'isigasolishtirilgandakengfraktsiyalitarkibgaega, uningqotishharoratikeraklichayuqori - minus 15 °S, buesauni'astharoratlaridaishlatishdaqi yinchiliktug'diradi. SHuninguchunyoqilg'isaqlanadiganidishlarvayoqishqurilmasigauzatishquvurlariisi tiladiganbinolargajoylashtirilishikerak.

Ushbuyoqilg'iningquyushqoqligi 20 °Sda 5 mm² / s (sSt) danyuqoribo'lmasligikerak, uni oltingugurtikamneftdantayyorlashda oltingugurtmiqdori 0,5 % danoshmasligikerak. Quyiyonishissiqligiquruqyoqilg'igako'rahisoblanganda 41160 kJ / kgdanoshmaydi.

Bioyoqilg'i.

Qattiqyoqilg'i. Qishloqxo'jaligi ishlabchiqarishidatabiiyqattiqyoqilg'ilar (qazibolinadiganko'mirlar, torf, yonuvchislanetslar, o'tinlar, qishloqxo'jaligichiqindilari) kabisun'iy (harxilbriketlar, yog'ochko'mir, koks) larhamishlatiladi. Ko'phollardamahalliytabiiyyoqilg'ilar - torfvao'tin, O'rtaOsiyores'ublikalaridaqishloqxo'jaligichiqindilari ishlatiladi.

Qo'ng'irko'mir yuqorikullikka (13...30 %) vanamlikka (13...50 %) ega, shuninguchunularningyonishissiqligiqiyamatlarioralig'i 8400...18800 kJ/kg. Ularosonyonadi, uzoqtutabyonadi, oksidlanishgavao'z-o'zidanyonishgalayoqatli. SHuninguchunularnishtabelda 2,5 mbalandlikdataxlashtavsiyaetiladivabiroydanortiqsaqlanmaydi.

Qo'ng'irko'mirlarorganikmassasitarkibibo'yichabirjinsliemas: S^{yo}= 65...78 %, N^{yo}= 4,3...6,2 %, O^{yo}= 16...27 %, N^{yo}= 0,7...1,8 %, S^{yo}= 0,4...3,9 %.

Yonuvchimassadagiuchuvchanmoddalar 40...50 % nitashkiletadi, bahzixilko'mirlarda 60% gacha yetadi.

Toshko'mirqoraranggaegavaqo'ng'irko'mirdantarkibidakulvanamlikkammi qdordaekanligibilanfarqqiladi.

Toshko'mirtarkibidaorganikmassabo'yichabirjinsliemas: $S^{yo} = 78...90$ %, $N^{yo} = 4,0...5,8$ %, $O^{yo} = 3...15$ %, $N^{yo} = 0,5...2,0$ %, $S^{yo} = 1...6$ %, $A = 13...27$ %, ko'pincha 25% atrofida, suv – 4...12 %. Quyiishchiyonishissiqligi 20730...31400 kJ /kkgachao'zgaradi.

Qishloqxo'jaligidatemirchilikdayoqishuchunyarqolitoshko'mirlarqo'llaniladi . Buko'mirlartarkibida 20% danoshmaganuchuvchibirikmalar, kammiqdordaoltinugurtbo'lishi, yonishissiqligi 25000...27000 kJ/kgvaqotishqobiliyatigayahnihavo yetishmaganda'archalanishidabo'laklanganko'rinishdagikoks (uvalanmasligi) hosilqilishikerak. Bundayko'mirlarodatdatemirchilikko'mirlarideyiladi.

Antratsitqoraranglikulrangaralashmaliko'rinishgaega, yuqorizichlikvamustahkamlikkaega, uniuzoqmasofalargasezilarlimaydalamasdantashishmumkin. Antratsitdaunchako'pbo'lmagan (3..5%) suv, kullar (10...15%) vauchuvchimoddalar (2...9%) bor. Uningyonishissiqligi 25000...27000, bahzida 30000 kJ/kg.

Slanetslartarkibidako'pmiqdordakul (50...60%) vasuv (13...20%) mavjudligibilanfarqqiladi. Slanetslaryonuvchiqismitarkibidako'pmiqdordavodorod (10 %gacha) borvauchuvchanmoddalarchiqishi 90% ga yetadi, shuninguchunularosonyonadi.

Ko'pmiqdordakulvanamlikborligislanetslarningissiqlikqimmatinikeskinkamaytiradi, ularningyonishissiqligiyuqoriemasva 5800...108000 kJ/kgnitashkiletadi. Qishloqxo'jaligidaslanetslarmahalliyqozonxonayoqilg'isisifatidaishlatiladi.

Torfhaxilo'simliklarqoldiqlariningortiqchanamlikvahavo yetishmasligidan'archalanishinatijasidahosilbo'ladi. O'simliklarqoldig'idan (qamishvaboshqalar) hosilbo'ladigantorfmineral tuzlarga boybo'lib, to'qaytorflarideyiladi. Uningkulligi 8...16 %. Agartorfmineral tuzlarikamo'simliklarqoldig'idanhosilbo'lsa, ularmoxlideyiladi, ulartarkibidagikulligi 2...4 % miqdordabo'ladi.

Torflarningaralasho'tishjarayonlaridankelibchiqadiganlariuchraydi, ularningkulmiqdori 7...9 %. Torfasosanbirjinslimassabo'librangisariqdanqoram tirmallaranggacha, tabiiynamligi 85...95 % bo'ladi.

Torfningorganikmassasi quyidagitarkibibilantavsiflanadi: $S^{yo} = 55...56$ %, $N^{yo} = 5...6$ %, $O^{yo} = 35...40$ %, $N^{yo} = 0,5...3$ %, $S^{yo} = 0,12...1,5$ %. Quyi yonishissiqligiyonuvchimassauchun 12000 kJ/kgatrofidabo'ladi.

Qishloqxo'jaligidatorfyoqilg'isisifatidaissiqlikqurilmalaridavaro'zg'orehtiyojl arida, shuningdeko'g'itsifatidakengishlatiladi.

O'tin60 % danoshiqtsellyuloza, 30 % atrofidaligninva 1% atrofi-daminal tuzlardantashkilto'adi.

Buyoqilg'iningorganikqismidagielementlartarkibiquyidagicha: $S^{yo} = 50$ %, $N^{yo} = 6$

%, $O^{yo} = 43\%$, $N^{yo} = 1\%$. O'tinlarda asosiy yonmaydigan qisminamlik bo'lib, yangi qirg'ilgan yog' och-larda 50...60 % ga yetadi.

O'tinlar quruq (namligi 25% dankam), yarim quruq (namligi 25...30 %) vaho'l (namligi 35% danoshiq) o'tinlarga bo'linadi. Quruq o'tinlarga kuz va qish davrida tayyorlangan bir yildan kam bo'lmagan muddat saqlanganlar i kiradi; yarim quruq – olti oydan kam bo'lmagan; ho'l – qirg'ilgan dan so'ng olti oydan kam. O'tinning yonuvchiligi massasiyoni shissiqqligi 18800...19200 kJ/kg ni tashkil etadi, biroq 30% namlikda u 13300 kJ/kg gacha kamayadi.

Qishloq xo'jaligi chiqindilari ishlab chiqarish varo'zgi rehtiyojlari uchun ayniq sa'rmonga yaqin tumanlarda kengishlatiladi. CHiqindilarga somon, kungaboqar boshog'i, kano'oyasi, kungaboqar vag'o'za'oyalari, sholichiqindilari vaboshqalar kiradi.

CHiqindilari organik massa tarkibi bo'yicha ko'proq o'tingayaqin.

Sun'ii yoqilg'ilar fizik-mexanikusullarda (saralash, boyitish, quritish, briketlash (qo'yma), vaboshqalar) va fizik – ximikusullarda (quruq haydash, yarim koklash, koklash vaboshqalar) olinadi.

Briketlar qishloq xo'jaligi ishlab chiqarish chiqindilaridan yelimga bog'lovchi moddalar qo'llanib 100...150 M'abosimostidazichlanib olinadi (sovuq briketlash). Torflarni, changlar va ko'miruv oqlarini issiqlik bilan briketlashda bog'lovchi modda sifatida yoqilg'iqizdirilganida ajraladigan modda – mum ishlatiladi.

3. Yonish jarayonlari hisobi

Yoqilg'iyonishi uchun kerak bo'ladigan havomiqdori. 1 kg qattiqlik kislorod yoqilg'iyonishi uchun kerak bo'ladigan nazariy kislorod miqdori yoqilg'itarkibi ga kiradigan elementlar oksidlanish reaksiyasi uchun stexiometrik nisbatlar asosida hisoblanadi.

1 kg yoqilg'iyonishi uchun talab qilinadigan kislorod miqdori $L_{yoq}(kg)$

$$L_{yoq} = (8/3S^i + 8N^i + S^i_{uch} - O^i) / 100, \quad (13.9)$$

bunda S^i , N^i , S^i , O^i – yoqilg'ida elementlari tarkibining massaviy foizlari.

Faraz qilinadiki yoqilg'itarkibi dagi kislorod yonish dato'liqsarfi qilinadi.

Yoqilg'ini yoqishda toza kislorod emas, balki havokiritiladi, qaysi tarkibi ga massabo'yicha 23,2 % kislorod kiradi. U holda 1 kg yoqilg'ini to'liq yonishi uchun nazariy kerak bo'ladigan havomiqdori $L^o(kg)$,

$$L^o = (8/3S^i + 8N^i + S^i_{uch} - O^i) / 23,2, \quad (13.10)$$

Agar havomiqdori ni hajmiy birliklarda ifodalash kerak bo'lsa, (13.10) tenglamaning normal sharoitlar uchun havozichligiga (harorat O^oS , bosim 101,3 kPa) adazichlik 1,293 kg/m³ ga teng bo'linadi. U holda kerak bo'ladigan nazariy havomiqdori (m³) quyidagicha ifodalanadi:

$$L^o = (8/3S^i + 8N^i + S^i_{uch} - O^i) / (23,2 \cdot 1,293) =$$

$$= (8/3S^i + 8N^i + S_{uch}^i - O^i) / 30 \quad (13.11)$$

Gazyoqilg'iyonishiuchunkerakbo'ladigannazariyhavomiqdorinihajmiytarkib bo'yichaaniqlanadi:

$$L^0 = (0,5(SO + N_2)) + (n + m / 4)C_nH_m - O_2 / 21, \quad (13.12)$$

bunda n - uglerodatomlarisoni; m - vodorodatomlarisoni; 21 – havodagikislorodninghajmiytarkibi.

Yoqilg'iningyonishiuchunrealsharoitlardahaqiqiyhavomiqdoriodatdanazariy ganisbatanbirozko'p.

Yoqilg'iyonishiuchunsarflanadiganhaqiqiyhavomiqdoriningnazariykerakbo'ladigannmiqdoriganisbati**ortiqchahavokoeffitsienti** (α) deyiladi, yahni

$$\alpha = L_{h,h} / L^0, \quad (13.13)$$

bundan $L_{h,h} = \alpha L^0$.

Ortiqchahavokoeffitsientikattaligiishlatiladiganyoqilg'ituriga, uniyoqishsharoitiga, o'txonauskunasiyokidvigatelkonstruksiyasigabog'liq ($\alpha = 1,05 \dots 1,06$). O'txona, dvigatelyoki yonishuskunasiqanchaliktakomil-lashganbo'lsa, ortiqchahavoshunchalikkambo'ladi.

Agaryonishjarayoniancha'astortiqchahavokoeffitsientibilankechsa, shunchalikuningqiymatio'timal, lekin yoqilg'isarfioshganligiuningto'liqbo'lmaganyonishihisobigabo'lishikuzatiladi. α ningortiqchaqiymatlaridaortiqchahavoniqizdirishgaissiqlikyo'qolishlarikuzatildi.

Yonishmahsulotlaritarkibivahajmi. Amaliyotdagazvatutunhaydaladiganquvurlarinito'g'rihisoblashvatutunsuruvchijihoznitanlashuchunyoqilg'iyonishidahosil bo'ladigan, ishlatilgangazlarmi qdorinibilishkerak. Buninguchunyonishmahsulotlarimi qdoriniyoqilg'imassasibirligigayahni 1kgqattiqyokisuyuqyoqilg'igava 1m³ (normalsharoitlarda) miqdorligazlarga keltiriladi.

Taxminiylaholashlaruchunhisoblashlarda qattiqvasuyuqyoqilg'iyonishmahsulotlarihajmihaqiqatdayoqilg'iyonishigaketganhavohajmigateng, gazyoqilg'ilariuchunesahaqiqatdaberilganhavomiqdoriga qo'shilgan 1 m³ gazgateng. Bushubilanbog'liqqi, tutungazlariningasosiytashkiletuvchisininghajmi (azotva "ortiqcha" kislorod) yonishdao'zgarmaydi. Biroqshuninazardatutishlozimki, haqiqatdaqattiqyoqilg'iniyoqishdauningtarkibidaginanamlkningbug'lanishivayoqilg'ivodorodiyonishidabug'hosilbo'lishihisobigayonishmahsulotlarihajmihaqiqiyhavo miqdoridan13...20 % gako'p.

Yoqilg'iningto'liqyonishidatutungazlariquyidagikom'onentlardan: uglerodvaoltingugurtyonishidaolinadiganSO₂va SO₂gazlari; yoqilg'ivodorodiyonishivayoqilg'idaginanamlkningbug'lanishidahosilbo'ladigansuv bug'i; o'txonagahavobilankiradiganazotgazi; yonishdaishlatilgankislorodgazlaridaniboratbo'ladi.

Demak, yonishmahsulotlarihajmi

$$V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2} \quad (13.14)$$

Odatdatutungazlariningximiyaviytahlilio'tkazilgandauchatomligazlarSO₂va SO₂ tarkibibirgalikdaaniqlanadi, shuninguchunularningyig'indimiqdori RO₂bilanbelgilanadi:

$$RO_2 = SO_2 + SO_2 \quad (13.15)$$

To'liqyonishdahosilbo'ladigangazlarhajmi

$$V_{\bar{e}} = V_{RO_2} + V_{H_2O} + 0,79\alpha L^{\circ} + 0,21(\alpha - 1)L^{\circ} \quad (13.16)$$

bunda $0,79\alpha \cdot L^{\circ}$ - havodagiazot; $0,21(\alpha - 1)L^{\circ}$ - ortiqchakislorod.

1kmolg' C va S (mosholda 12 va 32kg)niyoqishda 1kmolg'dan CO₂va SO₂hosilbo'ladi. 1kmolg'gazhajminormalsharoitlarda 22,4m³gateng, demak, uchatomligazlarhajmi

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} = (0,01C^u / 12 + 0,01S_{yq}^u / 32) \cdot 22,4 = 0,0168 \cdot (C^u + 0,375S_{yq}^u) \quad (13.17)$$

$$\begin{aligned} & \text{1kgvodorodyonishida} \quad 9 \quad \text{kgsuvhosilbo'lishini,} \\ & \text{bug'ningzichliginormalsharoitlarda} \quad 18/22,4 \quad = \\ & 0,805\text{kg/m}^3\text{gate ngekanliginihisobgaolib, yozishimizmumkin:} \\ & V_{H_2O} = 0,01H^u \cdot 9 / 0,85 + W^u / 0,805 = 0,111H^u + 0,0124W^u \end{aligned} \quad (13.18)$$

Nazorat savollari va to'shiriqlar

1. Yuqori solishtirma yonish issiqligi deb nimaga aytiladi?
2. Quyi solishtirma yonish issiqligi deb nimaga aytiladi?
3. SHartli yoqilg'ining yonish issiqligi qanday?
4. Tabiiy gazning taxminiy tarkibini aytib bering va uning yonish issiqligi qanday?
5. Qishloq xo'jaligida ishlatiladigan qaysi qurilmalarda ro'zg'or pechi yoqilg'isi qo'llaniladi?
6. Qishloq xo'jaligi ishlab chiqarilishining qaysi chiqindilari yoqilg'i sifatida qo'llaniladi?
7. Yoqilg'i yonishi uchun kerak bo'ladigan havo miqdori qanday aniqlanadi?
8. Gomogen va geterogen yonish jarayonlarini ga'irib bering.
9. Suyuq va gazli yoqilg'ilar yonish xususiyatlari nimadan iborat?

14-Mavzu Issiqlik almashuv apparatlari va ularning hisobi.

Issiqlik almashuv qurilmalarining turlari. Rekuperativ, regenerativ va aralash issiqlik almashuv qurilmalari. Suyuqliklarning harakatlanish chizmasi: bir tomonga, qarama-qarshi tomonga va o'zaro kesishadigan yo'nalishlarda suyuqliklarning harakatlanishi. Issiqlik almashuv uskunasida, issiq suyuqlikdan sovuq suyuqlikka uzatiladigan issiqlik oqimini hisoblash. Suyuqliklarning qurilmadan chiqishdagi haroratlarini hisoblash. Regenerativ issiqlik almashuv qurilmalarini hisoblash. Issiqlik almashuv qurilmalarining gidrodinamik hisobi.

1. Issiqlik almashinish apparatlarining boshka turlari

Xalkxo'jaligidamahsulotlarniissiqlikta'siridakaytaishlashjarayonidankengfoydalaniladi. Bunarsaquyidagimaksadlardaolibboriladi; 1) Jarayonharoratiniiberilgandarajadaushlabturish; 2) sovukmahsulotniisitishyokiissiqlikmahsulotnisovutish; 3) eritmalarfikuyiltirish; 4) bug'larnikondensatsiyalashvaboshkalar.

Bujarayonlaralohidaolinganissiqlikalmashinishapparatlaridayokitexnologikapparatningo'zidaamalgaoshiradi.

Issiqlikalmashinishqurilmalariumumanolgandaikkigabo'linadi: issiqlikalmashinishapparatlarningo'zivaraktorlar.

Issiqlikalmashinishapparatlaridaissiqlikalmashinishjarayoniasosiyhisoblanib, issiqlikalmashinishesayordamchiprotsessdir.

Issiqlikberishusullarigako'raissiqlikalmashinishapparatlariquyidagilargabo'linadi: 1) sirtiyissiqlikalmashinishapparatlari, bulardaissiqlikbirmuhitdanikkinchimuhitgaajratibturuvchisirt (yuza) orkaliutadi; 2) aralashtiruvchiissiqlikalmashinishapparatlari, bulardaishmuhitlaruzaroaralashadi.

Sanoatningbarchatarmoklaridasuyuqlikvagazlarniisitishvasovitishuchunsirtiy issiqlikalmashinishapparatlarikengishlatiladi.

Konstruktivtuzilishgako'rasirtiyissiqlikalmashinishapparatlaritrubali, zmeevikli, plastinali, spiralsimon, kirrali, g'iloqlivamaxsusissiqlikalmashinishapparatlarigabo'linadi.

Issiqlikalmashinishapparatlarishlatilishigavaissiqlikalmashinishiningturigak o'raisitkichlar, bug'latkichlar, sovitkichlarvakondensatorlargaabo'linadi. Ishmuhitiningturigako'ragaz, bug'-gaz, gaz-suyuqlik, bug'-suyuqlik, suyuqlikissiqlikalmashinishapparatlaribo'linadi.

Trubaliissiqlikalmashinishapparatlari

Kojux-trubaliissiqlikalmashinishapparatlari

(kojuxichigaolingantrubaliapparat, qisqachakojux-trubaliapparat). Butipdagiapparatlarjudakengtarkalgan. Bundayisitkichlarqobiq (kojux) ichigajoylashgantrubalarto'plamidaniboratbo'lib,

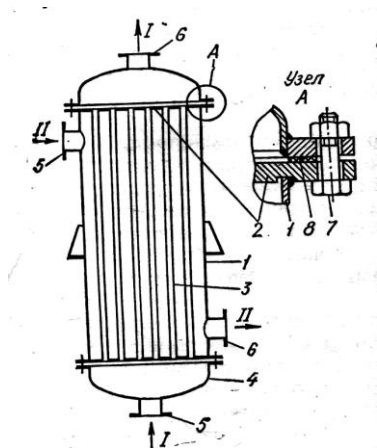
trubalarning uchlarito'rlarga maxkamlangan bo'ladi.

Apparatning yuqorigi va pastki qismlaridagi qopqoqlar natsiyordamida trubato'ribiriktiriladi.

Yuqorigi va pastki qopqoqlarga isitilayotgan yoki sovitilayotgan agentlarni berish uchun shutser mo'ljallangan. Trubalar to'rlarga razval'tsovka, payvandlash, kavsharlash va salg'niklari yordamida biriktirilishi mumkin.

Issiqlik tashuvchi agentning birinchi sitrubalarning ichidan, ikkinchisi sitrubalar va apparatning ichki devori oralig'idagi bo'shliqdan harakat qiladi.

Quyidagi rasmda bir yo'nalishli kojux-trubali issiqlik almashinish apparati kursatilgan. Bunda isitiluvchi gaz yoki suyuqlik qopqoqdagi patrubka orkali bitta trubadan kirib, usha trubadan chikib ketadi.



14.1 rasm. Bir yo'lli kojux-trubali issiqlik almashish apparati.

1- qobiq, 2-trubato'rlari, 3-trubalar, 4-qopqoq, 6- issiqlik agentlari kiradigan va chiqadigan shutserlar, 7-bolg't, 8-qistirma.

Ko'pincha,

butidagi isitkichlarda isitilayotgan va issiqlik berayotgan muhitlar bir-biriga qarshiqarshi yo'nalishda harakat qiladi.

Isituvchi agent doim isitkichning yuqorigi qismidan trubalar ichiga beriladi.

Bu muhitlarning yo'nalishi isitkichdagi yo'nalishga mos keladi,

chunki isitilayotgan vaqt da temperatura ortishi va kamayishi bilan ularning zichliklari o'zgaradi. Masalan, bug' uzi issiqligini berib sovinish natijasida uning zichligi oshib, pastga qarab harakat qiladi. Bundantashkari,

muhitlarning buyo'nalishida ularning tezliklari bir xil taqsimlanib, apparatning ko'ndalang kesimida issiqlik almashinish o'zgarmas bo'ladi.

Agar muhitlarning yo'nalishi aksincha bo'lsa,

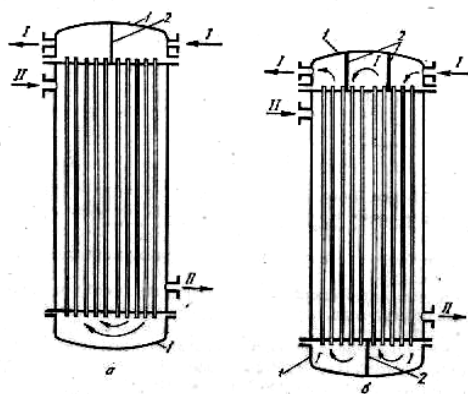
ya'ni isituvchi agent apparatning pastki qismidan trubalar va qobiq oralig'idagi bo'shliqqa va isitilayotgan muhiti isitkichning yuqorigi qismidagi trubalariga berilsa,

uxoldagi bug' issiqligini berib sovinish natijasida uning zichligi oshib yuqoriga kutarilmaydi.

Natijada pastki trubalar bilan qobiq orasidagi bo'shliqda kondensat tuplanib, bug'ning bu bo'shliq orasidan utishi qiyinlashadi va issiqlik almashinish protsessining tezligi kamayadi.

Bu isitkichlarda suyuqliklarning sarfika mbulganda ularning trubalardagi tezligi kichik bo'lib,

natijada issiqlik almashinish ko'effitsient xam kam bo'ladi. Issiqlik tashuvchi agentlarning tezligini oshirish uchun ko'pyo'li isitkichlar ishlatiladi.



14.2 rasm. Ko'pyo'llikojux-trubali isitkichlar

I – II – issiqliktashuvchi agentlar; 1-qopqoq, 2-ko'ngdalang to'siq

Ko'pyo'lli isitkichlardagi trubalarni sektsiyalarga bo'lish uchun yoki muhitning harakat yo'lini soniga qarab, isitkichning ko'pgina trubalarining orasiga ko'ndalang to'siq qo'yiladi. Bunda har bir sektsiyadagi trubalarning soni bir xil bo'lishi kerak. Ko'pyo'lli isitkichlarda bir yo'nalishli isitkichlarga nisbatan muhitlarning tezligi yo'llarning soniga qarab proporsional o'zgaradi.

Ximiyaviy va oziq-ovqat sanoatining barcha tarmoklarida 4-6 yo'lli isitkichlar ishlatiladi. Chunki yo'llarning soni ortishi bilan isitkichning gidravlik qarshiligi ortib, issiqlik almashinish apparatining konstruksiyasi murakkablashadi.

Bir yo'lli va ko'pyo'lli kojux-trubali isitkichlar vertikal va gorizontal xolatda bo'ladi. Vertikal issiqlik almashinish apparatlarini ishlatish qulay, ularning tuzilishi sodda va kam joyni egallaydi. Gorizontal issiqlik almashinish apparatlari ko'pincha ko'pyo'lli qilib tayyorlanadi.

Kojux-trubali isitkichlarda qobiq bilan trubalar orasidagi temperaturalarining farqiga qarab truba va qobiqning uzayishi har xil bo'ladi. Shuning uchun kojux-trubali isitkichlar konstruksiyasiga ko'ra ikki xil bo'ladi: 1) ko'zg'almas to'rtli isitkichlar; 2) kompensatsiyalovchi qurilmali isitkichlar (bunday apparatlarda trubalarning turli darajada uzayishiga imkon bor).

Ko'zg'almas to'rtli isitkichlarda issiqlik ta'sirida trubalar va qobiq har xil uzayadi, shu sababli bunday isitkichlar trubalar va qobiq o'rtasidagi temperaturalar farqi katta bo'lmaganda (50°C gacha) ishlatiladi.

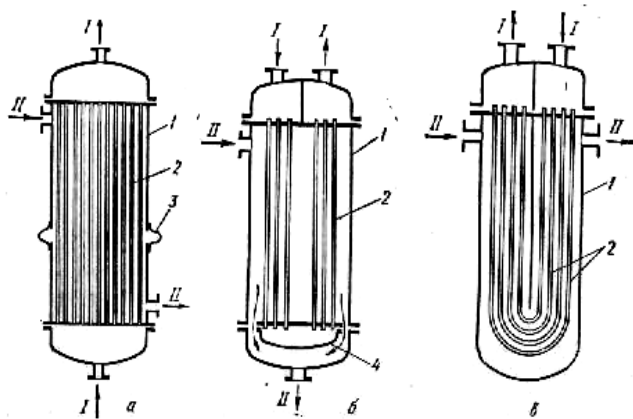
Temperaturalar farqi 50°C dan katta bo'lganda trubalar va qobiqning har xil uzayishini yuksaltirish uchun linzali kompensator *a*, harakatchan truba to'rtli *b*, va *U*-simon trubali *v*, kojux-trubali issiqlik almashinish apparatlari ishlatiladi.

14.3

rasm. Harorat yuqorib o'tganda qobiq va trubalarni uzatishini hisobga oluvchi kojux-trubali isitkichlar

- a) linza kompensatorli,
- b) harakatchan qalpoqchali,
- v) U-simon trubali;

1-qobiq, 2-trubalar, 3-linzali kompensator, 4- harakatchan qalpoqcha



Linzali kompensator isitkichlar trubalar va apparat devori oʻrtasidagi bosim $6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ gacha bulganda ishlatiladi.

Trubali toʻrli harakatlanuvchi isitkichlar temperaturalar farqi katta bulganda ishlatiladi. Bu isitkichda pastdagi truba toʻri harakatchan boʻlib, bunda trubalar toʻplami apparatning kobigida temperatura taʼsirida uzayganda xam bemalol harakat qiladi. Trubalarning uzayishini yukotuvchi kompensatsiyali isitkichlarning konstruksiyasi murakkabdir.

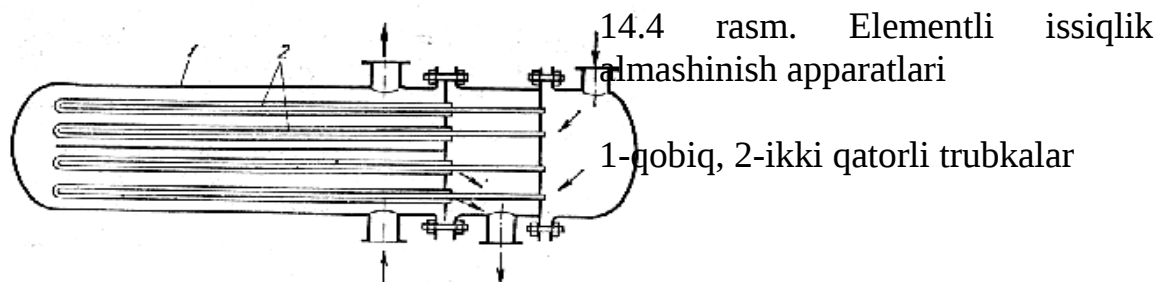
U– simon kojux-trubali isitkichlarda issiqlik taʼsirida trubalarning uzayishidagi kompensatsiyani truba qurilmalarining oʻzi bajaradi. SHuning uchun ularning konstruksiyasi sodda boʻlib, trubalar tuplami bitta koʻzgʻalmas toʻrga urnatiladi. Bu isitkichlarda trubalarning ichki yuzasini tozalash qiyin va trubalarni toʻrga joylashtirish juda murakkabdir.

Kojux-trubali isitkichlarda trubalar turga uch xil usul bilan joylashtiriladi; a) tugri oltiburchaklik kirralari buylab; b) kontsentrik aylanalar buyicha; v) kvadratning tomonlari buylab. Koʻpincha kojux-trubali isitkichlarda trubalar tugri oltiburchaklik kirralari buylab joylashtiriladi, chunki bunda trubalar ixcham joylashib, ularning soni koʻprok boʻladi. Ayrim vaktlarda trubalarning yuzasini tozalash oson bulishini nazarda tutib trubalar toʻrga kvadrat tomonlari boʻylab joylashtiriladi.

Koxuj-trubali isitgichlar quyidagi afzalliklarga ega: ixcham, metall kam sarf kilinadi, issiqlik almashinish yuzasi katta, trubalarning ichini tozalash oson.

Bu apparatlar kamchiliklardan xam xoli emas: issiqlik tashuvchilarni katta tezlik bilan oʻtkazish qiyin, trubalarning tashkarisidagi boʻshliqni tozalash va tuzatish imkoni kam.

Elementli issiqlik almashinish apparatlari. Bu isitkichlar ketma – ket ulangan bir necha truba elementlarining sektsiyasidan iborat. Isitkichlarning bitta sektsiyasida trubalarning soni 4-140 ta bulishi mumkin. Elementlarning bir nechitasi birgalikda (ularda trubalarning soni kam bulganda) xuddi koʻp yoʻlli koxuj-trubali issiqlik almashinish apparatlariga uxshab ishlaydi. Bu isitish apparatlari issiqlik tashuvchi agentlarning tezliklari bir xil kattalikda va ish muhitlarining bosimi yuqori bulganda xam samarali ishlaydi.

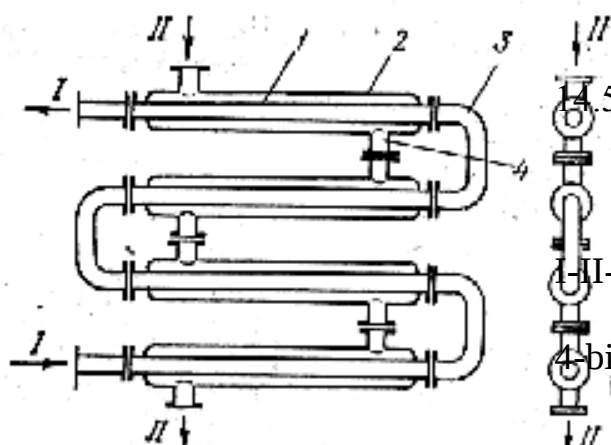


Elementli issiqlik almashinish qurilmalarida tusiklar bulmagani uchun gidravlik karshilik xam bo'ladi. Natijada truba oralarida ifloslangan qatlamning xosil bulishi kamayadi. ammo ko'p yo'lli koxuj-trubalari isitish apparatlariga nisbatan bu isitish qurilmalarida elementlarning soni ortishi bilan flanets birikmalari, kompensator hamda truba to'rlarining soni ortadi, natijada apparatning kiymati xam ortib ketadi.

Elementli issiqlik almashinish apparatidagi bitta sektsiyaning issiqlik almashinish yuzasi 0,75...30 m² ga teng.

«Truba ichida truba» tipidagi issiqlik almashinish apparatlari. bunday isitkichlar bir necha elementlardan tuzilgan. Xar bir element katta diametrli tashqi truba va kontsentrik xolda joylashgan ichki trubadan iborat (14.5-rasm). Ichki trubadan isitilaetgan muhit harakat kilsa, trubalararo bo'shliqdan esa sovitilaetgan agent harakat qiladi.

Ichki trubaning va trubalararo bo'shliqning kundalang kesimlari kichik bulganligi sababli kichik sarflarda xam issiqlik tashuvchi agentlarni katta tezliklar bilan o'tkazish mumkin. SHuning uchun bu isitkichlarda yuqori kursatkichli issiqlik o'tkazish koeffitsientiga erishish mumkin va apparatning massa birligiga tugri keladigan issiqlik miqdori koxuj- trubali isitgichlarga nisbatan yuqori bo'ladi.



14.5 rasm. «Truba ichida truba» tipidagi issiqlik almashinish apparati;

1-II- issiqlik tashuvchi agentlar, 1-ichki truba, 2-tashqi truba, 3-kalach, 4-birlashtiruvchi patrubka

Bundan tashkari, issiqlik tashuvchi agentlarning tezligi katta bulgani uchun, trubalarning yuzasida xar xil iflosliklar xosil bulmaydi.

Bu tipdagi isitgichlar yuqori bosimda va issiqlik tashuvchi agentlarning sarflanish miqdori kam bulganda xam ishlaydi. Ularning afzalligi: issiqlik

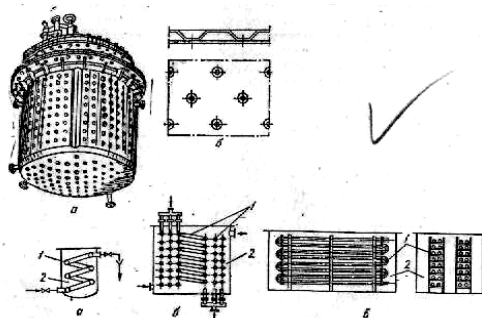
tashuvchi agentlar katta tezlikka ega bulganligi uchun issiqlik o'tkazish koeffitsientining kiymati katta, apparatni tayerlash oson.

Kamchiliklari ulchamlari katta, issiqlik almashinishda katnashmaydigan tashqi trubalarga ko'p metall sarflanganligi uchun apparatning kiymati katta, trubalar o'rtasidagi bo'shliqni tozalash qiyin.

Zmeevikli issiqlik almashinish apparatlari.

Bunday isitkichlarda 15...20 mm li trubalardan tayerlangan spiralsimon zmeeviklar suyuqlik bilan tuldirilgan idishga urnatiladi. (14.6-rasm, a). zmeevik trubalaridan gaz yoki bug' harakatlanadi.

Suyuqlik bilan tuldirilgan idishning xajmi katta bulgani va idish ichidagi suyuqlikning tezligi juda kichik bulgani uchun zmeevikning tashqi devori tomondagi bug' bilan suyuqlik orasidagi issiqlik berish koeffitsienti xam kichik kiymatga ega bo'ladi. apparatning xajmini kamaytirish va suyuqlikning tezligini oshirish uchun uning ichiga stakanga uxshash idish tushiriladi.



14.6 rasm. Zmeevikli isitkich.

Bunday issiqlik qurilmalarida zmeeviklar tugri trubalardan tayyorlanib, kalachlar yordamida birlashtiriladi (14.6-rasm, v).

Agar issiqlik tashuvchining miqdori katta bulsa, bir necha parallel sektsiyalardan iborat bulgan zmeeviklar urnatiladi (14.6-rasm, b).

Sektsiyalar bunday parallel ulanganda muhitning tezligi va harakat yo'li kamayish natijasida qurilmaning gidravlik karshiligi xam kam bo'ladi. Bu isitkichlarda trubalararo issiqlik almashinishning intensivligi kam, chunki zmeevik trubalaridan idishdagi isitilayotgan suyuqlikka erkin konvektsiya orkali utadi. shuning uchun bu isitkichlar kam miqdordagi suyuqliklarni isitish uchun ishlatiladi.

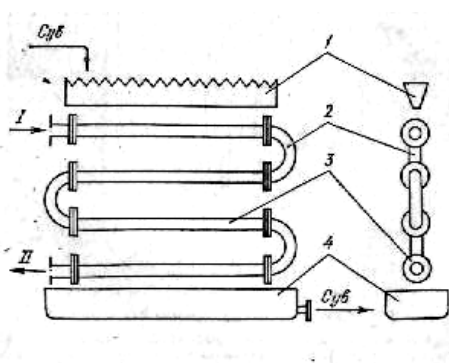
Zmeevikli issiqlik almashinish qurilmalarining konstruktsiyasi sodda va arzon bulganligi uchun ular sanoatda keng kullaniladi.

Bu isitkichlarni tozalash, tuzatish oson hamda ular yuqori bosimda ximiyaviy aktiv muhitlarni isitish uchun xam ishlatiladi.

Zmeevik trubalarida harakatlanayotgan bug'ning bosimi 0,2...0,5 mpa gacha bulganda zmeevik uzunligining truba diametriga nisbati 200-245 bulishi kerak. Agar bu nisbatning miqdori katta bulsa, bug' kondensati zmeemik trubalarning pastki qismida yigilib, issiqlik almashinish tezligi kamayadi va gidravlik karshiliklar ortib ketadi. Afzalligi: tayyorlash oson, issiqlik almashinish yuzasini uzatish va tuzatish oson, idishdagi suyuqlikning xajmi

katta bulganligi sababli rejimning o'zgarishlariga uncha sezgir emas. Kamchiliklari: ulchami katta, idishdagi suyuqlikning tezligi kam bulganligi uchun zmeevikning tashkarisidagi issiqlik berish koeffitsienti kichik, trubalarning ichki yuzasini tozalash qiyin.

Yuvilib turuvchi issiqlik almashinish apparatlari xam zmeevikli apparatlar katoriga kiradi. bunday isitkichlar tashqi tomonidan suyuq xoldagi issiqlik tashuvchi (odatda suv) bilan yuvilib turuvchi zmeeviklardan iborat (14.7-rasm). Purkab beruvchi tarnov orkali suv yuqorigi trubaga berilib, undan keyin pastki trubaga tushadi. Ketma-ket xamma trubalardan utgach, suv sovitkichning tagida joylashgan yig'gichga tushadi. odatda bunday sovitkichlar ochik xavoda joylashtirilgan bo'ladi.



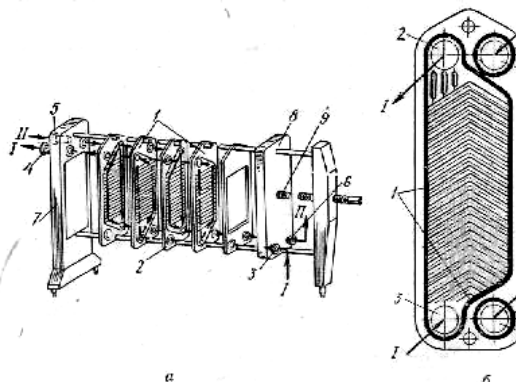
14.7 rasm. Yuvilib turuvchi issiqlik almashinish apparati

1-suvni sochib beruvchi tarnov,
2- kalach, 3-trubalar; 4-suv yig'gich

Afzalliklari: sovituvchi suvning sarfi kam, tuzilishi sodda va arzon, trubalarni tozalash oson.

Plastinali va spiralsimon issiqlik almashinish apparatlari.

Plastinali issiqlik almashinish apparatlari yupka metall listlardan tayyorlangan bir necha kator parallel plastinkalardan tuzilgan bo'ladi. (14.8-rasm). Plastinalar o'rtasidagi kanallar ikki guruhga bo'linadi: birinchi guruh kanallardan issiqlik tashuvchi agent



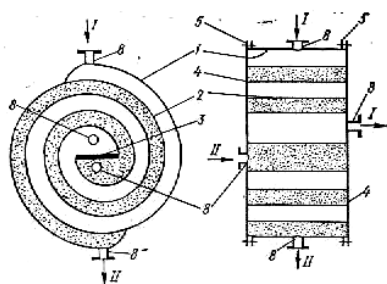
14.9-rasm. Plastinali issiqlik almashinish apparati

Harakat qilsa, ikkinchi guruh kanallardan issiqlik kabul kiluvchi agent harakat qiladi. bunday issiqlik almashinish apparatlari ixcham bo'lib, ikkala

issiqlik tashuvchilarni katta tezlik bilan utkaziish imkoniyatiga va yuqori issiqlik o'tkazish koeffitsientiga ega. biroq, bunday apparatlar katta bosimlarga bardosh bera olmaydi, isitkichni remont kilgandan keyin plastinalar orasidagi tegishli zichlikni yana xosil kilish qiyin.

Bunday apparatlar asosan atmosfera bosimida gazlar o'rtasida issiqlik almashish uchun xizmat qiladi (masalan, xavoni tutun gazlari bilan isitish uchun ishlatiladi).

spiralsimon issiqlik almashinish apparatlari tugri turtburchaklik kesimiga ega bulgan ikkita kanallardan iborat (14.9 rasm).



14.9-rasm. Spiralsimon issiqlik almashinish apparati

1,2- metall listlar, 3- plastina to'siqlar, 4-kopkok, 5-flanets, 6-kistirma, 7-oralik yo'l, 8-suyuklikning kirish va chikish shtutseri

Kanallar yupka metall plastinalardan tuzilgan bo'lib, ular issiqlik almashinish yuzasi vazifasini bajaradi. spirallarning ichki tomondagi uchlari ajratuvchi tusik orkali biriktirilgan . kanallar sistemasi qopqoq yordamida berkitilgan.

Gorizontal spiralsimon apparatlar ikkita suyuqlik o'rtasida issiqlik o'tkazish uchun xizmat qiladi. Vertikal spiralsimon apparatlar esa kondensatsiyalanayotgan bug' va suyuqlik orasida issiqlik almashinishini amalga oshirish uchun ishlatiladi.

Afzalliklari: tuzilishi ixcham, ikkala issiqlik tashuvchi agentni katta tezlik bilan o'tkazish mumkinligi uchun katta issiqlik o'tkazish koeffitsientiga ega. gidravlik karshiligi ko'p yo'lli kojux – trubali apparatlarnikiga karaganda kam.

Kamchiliklari: tayyorlash va remont kilish murakkab, 0,6 mpa dan ortik bosim bilan ishlash mumkin emas.

G'ilofli va kirrali isiklik almashinish apparatlari.

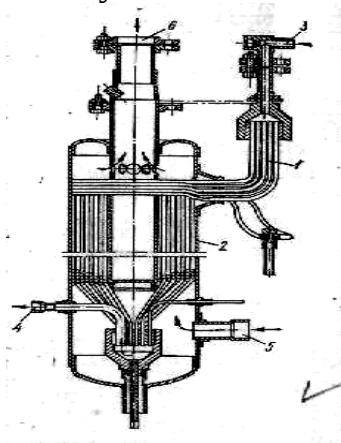
Eng oddiy g'ilofli apparatning sxemasi 14.10-rasmida keltirilgan, ularni eng ko'pi bilan 0,6...1 mpa bosimgacha ishlatish mumkin. bunday apparatlarda issiqlik almashinish yuzasi 10 m² gacha. Apparatdagi suyuqlikning issiqlik berish koeffitsientini oshirish uchun aralashtirgichlar ishlatiladi. bu apparatlar ko'pincha ximiyaviy moddalarni sintez kilishda kullaniladi.

Agar issiqlik tashuvchilardan birining issiqlik berish koeffitsienti ikkinchisidan ancha kichik bulsa, u xolda α ning kiymati kichik bulgan tomondagi issiqlik almashinish yuzasi kattalashtiriladi. bunday sharoitlarda kirrali yuzaga ega bulgan issiqlik almashinish apparatlari ishlatiladi. bularga kalorifer, radiatorlar misol bo'ladi (14.11-rasm).

- a) qirrali trubali,
b) silliq trubali,
v) qiyasimon trubali,
g) qirra plastinali

Zmeevik trubalar maxsus ulagichlar orkali qobiqqa biriktiriladi. issiqlik tashuvchi agentlarning biri zmeevik trubalaridan, ikkinchisi esa truba va apparat devori o'rtasidagi oralikdan harakat qiladi.

Bu tipdagi isitkichlar yuqori bosimli apparatlarda gaz aralashmalarini kuchli sovuk ostida ajratish uchun ishlatiladi. aylana issiqlik almashinish apparatlarining xarakterli xususiyatlari shundaki, bunda issiqlik tashuvchi agentlar orasidagi temperaturalar farqi katta bulganda xam zmeevik trubalarining uzayishi uz-o'zidan kompensatsiya kilinadi.



14.12-rasm. Aylanasimon isitkich

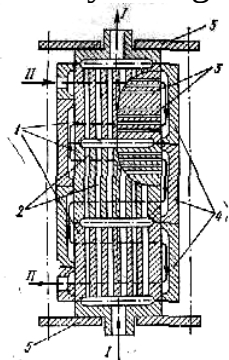
1- trubalar, 2-tashqi devor, 3,4-yukori bosimli gazning kirish va chikish patrubkalari; 5,6-past bosimli gazning kirish-chikish patrubkalari

Grafitli issiqlik almashinish apparatlari.grafitning issiqlik o'tkazish xususiyati va suyuqlik ta'sirida korroziyaga uchramasligi tufayli grafitli issiqlik almashinish apparatlari sanoatning barcha tarmoklarida ishlatiladigan isitkichlarga nisbatan keng tarkalgan bo'lib, uning afzalliklarini xech kanday isitkich bilan solishtirib bulmaydi.

Sanoatda blokli kojux-trubali yuviluvchi issiqlik almashinish qurilmalarining trubali grafitdan tayyorlanadi. Grafitning ximiyaviy mustaxkamligini oshirish uchun uning bush govaklariga fenol-formalg'degid smolasi shimdiriladi.

Bunday grafitdan tayyorlangan issiqlik almashinish qurilmalari ximiyaviy agressiv muhitlarni (suyultirilgan sulg'fat va fosfat kislotalar, kizdirilgan xlorid kislota) isitish va sovitish uchun ishlatiladi. bu isitkichlarda grafitning issiqlik o'tkazish koeffitsienti yuqori bo'ladi, ya'ni $\lambda = 92...116 \text{ vt/ (m} \cdot \text{k)}$.

Grafitli issiqlik almashinish apparati bir va bir kancha tugri burchakli yoki silindrsimon bloklardan iborat. Bu isitkichlarda issiklik tashuvchi agentlarning harakat kilishi uchun kundalang kesimi dumalok bulgan vertikal kanallar hamda unga perpendikulyar bulgan kanalchalar bor.



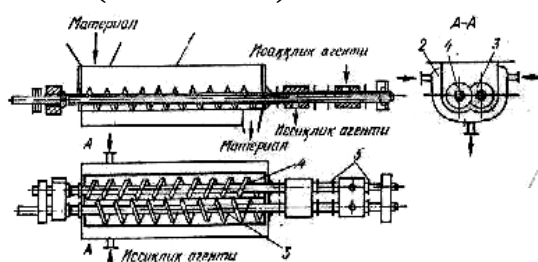
14.13-rasm. Grafitli isitkich.

1-grafit bloklari, 2-vertikal dumalok kanallar, 3-gorizontaldumalok kanallar, 4-yon tomondagi kanallar, 5-kopkok.

Issiqlik tashuvchi agentlarning birinchisi vertikal kanallarda, ikkinchisi esa gorizontall kanallarda harakat qiladi. Har xil bloklarning gorizontall kanallari bir-biri bilan yon tomondagi kameralar orqali boqlangan. grafit bloklari o‘zaro bir-biri bilan rezina qatlam orkali bolt yordamida zichlashtiriladi.

Grafitli silindrsimon blokli issiqlik almashinish apparatlarida gorizontall kanallar radial ravishda yunalgan bo‘ladi. Grafitli blokli apparatlarda ish bosimning kiymati $2,9 \cdot 10^5 \text{ n/m}^2$ dan oshmasligi kerak.

SHnekli issiqlik almashinish apparatlari. Issiqlik o‘tkazish xususiyati kam va kovushokligi yuqori bo‘lgan suyuqliklarni hamda sochiluvchan moddalarni isitganda, issiqlik almashinish tezligini oshirish uchun apparatning devoriga tegib turgan muhitning yuza qismini doimiy ravishda yangilab turish lozim. shu maksadda bir vaktning o‘zida moddalarni mexanik aralashtirib shnek yordamida uzatish lozim (14.14-rasm).



14.14-rasm. SHnekli isitkich.

1-korpus, 2-qobiq, 3,4-shneklar, 5-salg‘niklar

Apparatning chekka qismidan tushayotgan material bir-biriga qarab aylanma harakat kilayotgan shneklarda aralashib, shneklar materialni qarama-qarshi tomonga harakatlantiradi va apparatning ikkinchi chekka tomonidan chikarib yuboradi.

2. Issiqlik almashinish apparatlarining hisobi

Issiqlik almashinish apparatlarini loyixalashda ular uchun avval turli hisoblash ishlari bajariladi. hisoblash uch qismdan iborat bo‘ladi; a) issiqlik hisobi; b) konstruktiv hisoblash; v) gidravlik hisoblash.

Apparatlarning issiqlik hisobidan asosiy maksad zarur bulgan issiqlik almashinish yuzasi f ni topishdir. f ni aniqlash uchun issiqlik tashuvchi agentlarning sarfi, ularning dastlabki va oxirgi temperaturalari berilgan bo‘ladi.

Bunday issiqlik hisobi natijada quyidagilar aniqlanadi:

O‘rtacha temperaturalar farqi va ish muhitining o‘rtacha temperaturalari; 2) Issiqlik miqdori va ish jismlarinig sarfi; 3) Issiqlik o‘tkazish koeffitsienti; 4) Isitish yuzasi.

Issiqlik hisobi konstruktiv va gidravlik hisoblash bilan uzluksiz bogliklikda olib boriladi.

Uzluksiz ishlaydigan, bug‘-suyuqlik muhitlariga moslangan trubali isitkichning issiqlik hisobini ko‘rib chiqamiz. quyidagi boshlangich mahlumotlar berilgan bo‘lishi kerak:

Isitilayotgan eritmaning miqdori G , kg/s.

Eritmaning konsentratsiyasi s , %.

Eritmaning boshlang‘ich va oxirgi temperaturalari t_b ,to

Isitkichning turi-vertikal, gorizontal trubalar, yo‘llar soni.
 Isituvchi bug‘ning bosimi r yoki temperaturasi t ,
 Pulat trubalarning ichki va tashqi diametri d_i va d_t
 Trubalarning uzunligi l , m.

Eritmaning harakat tezligi ω , m/s.

Isitish yuzasidan foydalanish ko‘effitsienti φ .

Hisoblash quyidagi tartibga olib boriladi

1. Isitkichning temperatura shartlarini aniqlash. tuyingan bug‘ bosimi r ga

ko‘ra uning tuyinish temperaturasi t^s maxsus qo‘llanmalardan topiladi. isitishning boshlanishida temperaturalarning maksimal farqi:

$$\Delta t_{\max} = t_s - t_o = \Delta t_{\text{ка}} \quad (14.1)$$

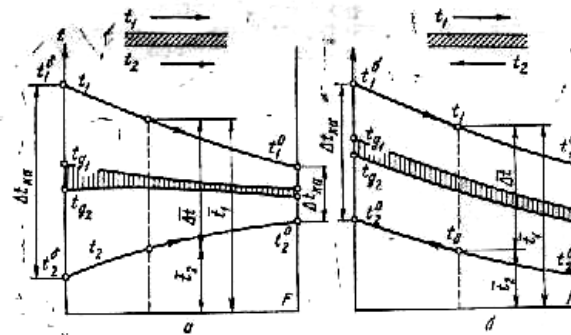
Isitishning oxiridagi muhit temperaturalarining minimal farqi:

$$\Delta t_{\min} = t_s - t_o = \Delta t_{\text{ки}}. \quad (14.2)$$

$\Delta t_{\max}$ va $\Delta t_{\min}$ temperaturalar farqining kiymati 14.15-rasmdan aniqlanadi.

agar $\frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}} > 2$ bulsa,

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{2,31g \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}}; \quad (14.3)$$



14.15-rasm. O‘rtacha logarifmik temperaturalar va ularning farqini aniqlash

$$\frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}} < 2 \text{ bulsa } \Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min}}{2}; \quad (14.4)$$

Isitilayotgan muhitning o‘rtacha temperaturasi:

$$t = t_s - \Delta t_{yp} \quad (14.5)$$

II. Isitilayotgan eritmaning fizik kattaliklarini topish. o'rtacha temperatura t va s buyicha maxsus qo'llanmadagi jadvallardan foydalanib berilgan issiqlik tashuvchi agentlarning fizik miqdorlari topiladi:

kovushoklik μ ; $n \cdot s/m^2$ yoki ν , m^2/s .

zichlik ρ , kg/m^3 .

issiqlik sigimi s , $j/(kg \cdot k)$.

issiqlik utkazuvchanlik λ , $vt/(m \cdot k)$.

temperatura utkazuvchanlik a , m^2/s .

prandtlg' soni aniqlanadi.

III. Issiqlik miqdori, bug' va suv sarflarini aniqlash. suyuqlikni isitish uchun ketgan issiqlik miqdori quyidagi tenglamadan topiladi:

$$Q = HG \cdot G (t_0 - t_6) \cdot BT; \quad (14.6)$$

Bunda $n = 2,14 \dots 1,05$ – issiqlikni yo'qotilishini hisobga oluvchi koeffitsient, g – suyuqlik sarfi, kg/c ; s – issiqlik sig'imi, $j/(kg \cdot k)$; t_0 – suyuqlikning oxirgi temperaturasi, $0s$; t_b – suyuqlikning boshlang'ich temperaturasi, $0s$;

Agar gaz yoki suyuqlik sovitilayotgan bulsa, sovituvchi moddaning miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$G' = \frac{G \cdot C(t_0 - t_6)}{C'(t_0' - t_6')}, \quad kg/s; \quad (14.7)$$

bu yerda C' -sovituvchi moddaning issiqlik sigimi; t_0' - sovituvchi moddaning oxirgi temperaturasi; t_6' - sovituvchi moddaning boshlang'ich temperaturasi.

Bug' sarfi quyidagicha topiladi:

$$D = \frac{Q}{i - \Theta}, \quad kg/s; \quad (14.8)$$

isituvchi bug'ning entalg'iyasi, Θ -kondensatning entalg'iyasi, j/kg ; maxsus qo'llanmalarda berilgan bug' bosimi r buyicha olinadi.

IV. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientini aniqlash. bir va ko'p kavatli yaxlit devorlardan hamda trubaning ichki diametri d_i ni uning tashqi diametri d_t ga nisbati $d_u/d_t > 0,5$ bulgan sharoitda trubalardan issiqlik o'tgan paytda issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientini quyidagi tenglama bilan topish mumkin:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \sum r_3 + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad vt/(m^2 \cdot k). \quad (14.9)$$

Trubalar (silindrsimon yuzalar) uchun issiqlik o'tkazishning chizikli koeffitsienti 1 m truba uzunligiga nisbatan olinadi va quyidagi tenglama orkali aniqlanadi:

$$K_k = \frac{3,14}{\frac{1}{\alpha_1 d_n} + \sum \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_T}{d_n} + \frac{1}{\alpha_2 d_T} \sum \frac{r_1}{d_3}} \text{ vt/(m}\cdot\text{k)}.$$

Bu yerda α_1 - issiq muhitdan (isituvchi bug'dan) devorga issiqlik berish koeffitsienti vt/(m $\cdot$ k); α_2 - devordan isitilayotgan muhitga issiqlik berish koeffitsienti, δ - devor qatlamininig qalinligi,

λ - alohida olingan qatlaminig issiqlik utkazuvchanligi, vt/(m $\cdot$ k); $\sum \frac{\delta}{\lambda}$ - devor qatlamlarining umumiy termik qarshiligi; $\sum r_3$ - iflosliklarning termik qarshiligi, m; d_3 - trubaning iflosliklar bilan qoplangan diametri.

Issiqlik berish koeffitsientlari α_1 va α_2 kriterial tenglamalar yordamida topiladi. masalan bizning misol uchun bug'dan devorga berilayotgan issiqlik berish koeffitsienti α_1 quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\alpha = 1,154 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r g}{\mu \Delta t H}}. \quad (14.10)$$

Kondensatning fizik-ximiyaviy kattaliklari λ, μ, ρ yupqa qatlam (plyonka) ning o'rtacha temperaturasi $t_{\text{пл}} = \frac{t_T + t_d}{2}$ bo'yicha topiladi.

kondensatsiyalanish issiqligi r to'yinish temperaturasi t_T ga qarab aniqlanadi. temperaturalar farqi quyidagi ayirmaga teng:

$$\Delta t = t_T - t_d;$$

Bu yerda t_d - devorning temperaturasi; n -vertikal yuzaning balandligi.

Agar isitish trubalari gorizontol bulsa, bunda bug'ning truba devorlariga issiqlik berish koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$\alpha = 0,724 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r g}{\mu \Delta t d}} \quad (14.11)$$

bu yerda d - trubaning diametri.

Devordan isitilayotgan muhitga issiqlik berish koeffitsienti harakat rejimiga ko'ra xar xil kriterial tenglamalar yordamida topiladi. hisoblash tenglamasini topish uchun avval reynolg'ds kriteriysi re aniqlanadi. agar $re > 10000$ bo'lsa trubalardagi majburiy konvektsiya vaqtidagi issiqlik berish koeffitsienti α_2 quyidagiga teng bo'ladi:

$$nu = 0,023 \cdot re^{0,8} \cdot r^{0,4}. \quad (14.12)$$

agar $2300 > re > 10000$ bo'lsa:

$$nu = 0,008 \cdot re_{0,9} \cdot r_{0,43}. \quad (14.13)$$

agar laminar rejimda $re < 2300$ bo'lsa:

$$nu = 0,17 \cdot re_{0,33} \cdot r_{0,43} \cdot gr_{0,1}. \quad (14.14)$$

sungra α ning qiymati nusselht kriteriysi orqali topiladi:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda}.$$

V. isitish yuzasini topish. Isitkichning isitish yuzasi issiqlik o'tkazuvchanlikning umumiy tenglamasidan topiladi:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}, M^2.$$

Bu yuza uchun qabul kilingan isitkichning sxemasi trubalarning diametri va uzunligiga ko'ra joylashtiriladi. isitish yuzasini joylashtirish isitkichning konstruktiv hisobini tashkil etadi.

Issiqlik almashinish apparatlarini konstruktiv hisoblash

Konstruktiv hisoblashning umumiy maqsadi issiqlik almashinish apparatining asosiy o'lchamlarini topishdan iborat. bundan quyidagilar aniqlanadi: apparat trubali qismining ulchamlari, trubalarning soni, to'ra trubalarning joylashuvi, apparatning diametri, apparatning balandligi, trubkalarining diametri.

1. apparat trubali qismining ulchamlarini aniqlash. a) bitta yo'ldagi trubalarning kundalang kesimini topamiz:

$$f_T = \frac{G}{\rho \cdot \omega}; \quad (14.15)$$

bu yerda G -suyuqlikning sarfi, kg/s; ρ -suyuqlikning zichligi kg/m³;

ω - suyuqlikning tezligi, m/s.

b) bitta yo'ldagi trubalarning soni:

$$n = \frac{f_T}{0,785 \cdot d_n^2}; \quad (14.16)$$

d_i - trubaning ichki diametri, m.

v) xamma yo'llardagi trubalarning uzunligi:

$$\Delta = \frac{F}{\pi \cdot d_x \cdot n}; \quad (14.17)$$

Bu yerda f - isitkichning isitish yuzasi, m², d_x - trubalarning hisobiy diametri, m; d_x ning qiymati α_1 va α_2 ning nisbatlariga bog'liq. agar

$\alpha_1 \approx \alpha_2$ bulsa $d_x = 0,5 (d_n + d_T)$.

agar $\alpha_1 \gg \alpha_2$ bo'lsa $d_x = d_n$, agar $\alpha_1 \ll \alpha_2$ bulsa $d_x = d_T$.

g) yo'llar soni:

$$z = \frac{L}{l}; \quad (14.18)$$

bu yerda l - trubalarning kabul kilingan uzunligi ($l=1 \dots 3m$).
to'rdagi joylashgan trubalarning umumiy soni:

$$n = z \cdot n \quad (14.19)$$

2. Trubalarning to'rdagi joylashuvi. Trubalar to'rga ko'pincha to'g'ri burchakli oltiburchaklikning tomonlari bo'ylab joylashtiriladi. to'rdagi trubalarning soni quyidagicha aniqlanadi:

$$n = 3a(a-1) + 1 = \frac{3}{4}(B^2 - 1) + 1; \quad (14.20)$$

a-katta oltiburchakning bitta tomonida joylashgan trubalar soni;

$v = 2a - 1$ -katta oltiburchaklikning diagonali bo'ylab joylashgan trubalar soni.

Trubalar bu usul bilan to'rdagi joylashtirilganda to'ring bir qismi foydalanilmay qoladi. shu sababli agar $a > v$ bo'lsa, umumiy trubalar soniga nisbatan yana 10...18% miqdorda trubalar joylashtirsa bo'ladi. shunday qilib trubalarning umumiy soni:

$$n_{ym} = (1,10 + 1,18)n. \quad (14.21)$$

Trubalarning ko'shish trubalar markazlari o'rtasidagi masofa qadami va ularni biriktirish usullariga ko'ra har xil bo'ladi.

Kavsharlangan trubalar uchun $s = 1,25 \cdot dt$ mm; razvaltsovka qilingan trubalar uchun $s = (1,3 \dots 1,6) dt$ mm; salg'niklar yordamida biriktirilgan trubalar uchun $s = dt + 9$ mm.

3.Apparatning ichki diametrini aniqlash. Issiqlik almashinish apparatini xarakterlaydigan asosiy kattaliklardan biri uning ichki diametridir. Masalan, kojux-trubali issiqlik almashinish apparatining ichki diametri quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$D = S(b-1) + 4d_t. \quad (14.22)$$

4. Apparatning to'la balandligini topish. issiqlik almashinish apparatining balandligi (yoki uzunligi) quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$H = l + 2\delta + 2h; \quad (14.23)$$

bu yerda l - trubalarning uzunligi; δ -turning qalinligi, m; h -kameraning balandligi, m.

5.Patrubkalarining ichki diametri berilgan muhitning sarfiga va harakat tezligiga qarab aniqlanadi:

$$D_n = \sqrt{\frac{4V_c}{\pi \cdot \omega}}; \quad (14.24)$$

bu yerda V_c - muhitning sarflanish miqdori, m³/s; ω - muhitning harakat tezligi, m/s.

Hisoblash uchun quyidagi tezlik qiymatlaridan foydalanish mumkin:

suyuqliklar uchun $\omega = 1 \dots 3 \text{ m/s}$;

gazlar uchun $\omega = 9 \dots 25 \text{ m/s}$;

tuyingan suv bug'i uchun $\omega = 20 \dots 30 \text{ m/s}$;

qizdirilgan suv bug'i uchun $\omega = 30 \dots 50 \text{ m/s}$.

Zmeevikli issiqlik almashinish apparatlarini konstruktiv hisoblashdan maqsad trubalarnig umumiy uzunligini, o'ramlarning sonini va zmeevikning balandligini aniqlashdir. zmeevik trubalarini d_{3M} va o'ramlar orasidagi masofani h deb olsak, bitta o'ramning uzunligi quyidagicha aniqlanadi:

$$l = \sqrt{\pi \cdot d_{3M}^2 + h^2} \approx \pi d_{3M} \quad (14.25)$$

h ning miqdorini $1,5 \dots 2 d_{3M}$ ga teng deb olingani uchun uning qiymatini hisobga olmasa ham bo'ladi.

O'ramlar soni bir nechta bo'lsa u holda zmeevikning umumiy uzunligi:

$$L = \pi \cdot n \cdot d_{3M}. \quad (14.26)$$

bundan o'ramlar soni:

$$n = \frac{L}{\pi \cdot d_{3M}}.$$

Zmeevik trubalarining balandligi esa:

$$H = n \cdot h.$$

To'g'ri trubali zmeeviklarning isitish yuzasi F bo'lganda, zmeeviklarning umumiy uzunligi:

$$\Delta = \frac{F}{\pi \cdot d_x}; \quad (14.27)$$

bu yerda d_x - zmeevik trubasining hisobiy diametri.

Bundan zmeevik isitkichlardagi sektsiyalar soni quyidagicha aniqlanadi;

$$m = \frac{4V_c}{\pi d^2 \omega}; \quad (14.28)$$

bu yerda d - zmeevik sektsiyasining uzunligi

$$l = \frac{L}{m}. \quad (14.29)$$

Issiqlik almashinish apparatlarining gidravlik hisobi

Gidravlik hisoblashdan asosiy maqsad issiqlik almashinish qurilmalaridagi ishqalanish hamda mahalliy qarshiliklarni yengish uchun ketgan bosimni aniqlab,

umumiy naporni va ish muhitini apparatdan o'tkazish uchun kerak bo'lgan quvvatni topishdan iborat.

Apparatning gidravlik qarshiligini aniqlash uchun trubalararo va trubalarda harakat kilayotgan muhitlarning qarshiligini bilish kerak.

trubalararo (ya'ni trubalar va apparat devori orasida) harakat kilayotgan muhitning qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P = \zeta \frac{\rho \omega^2}{2}; \quad (14.30)$$

bu yerda ω -trubalararo harakat kilayotgan muhitning harakat tezligi; ρ -o'rtacha temperaturada muhitning zichligi; ζ -trubalar orasidagi qarshilik koeffitsienti, ζ ning miqdori trubaning uzunligiga bog'liq: uzunligi 6m bulgan trubalar uchun $\zeta = 350 \dots 450$; uzunligi 1...3 m bo'lgan trubalar uchun $\zeta = 0,5-1,5$.

Trubalarning gidravlik qarshiligi trubadagi ishqalanish qarshiliklarini yengish uchun yo'qotilgan bosim $\Delta P_{\text{й}}$ va maxalliy qarshiliklarni yengish uchun yuqotilgan bosim $\Delta P_{\text{МК}}$ yig'indisiga teng:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{й}} + \Delta P_{\text{МК}}. \quad (14.31)$$

To'g'ri kanallarda ishqalanishni yengish uchun yo'qotilgan bosim quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\Delta P_{\text{й}} = \lambda \frac{1}{d_3} \cdot \frac{\omega^2 \rho}{2}, \quad \text{n/m2}; \quad (14.32)$$

bu yerda λ -ishqalanish koeffitsienti; d_3 -kanallarning ekvivalent diametri; -ish muhitning kanallardagi tezligi; ρ -muhitning zichligi; l -kanallarning uzunligi.

Zmeevklarda ishqalanishga yo'qotilgan bosim $\Delta P_{\text{й}}$ quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$\Delta P_{\text{йЗМ}} = \Delta P_{\text{й}} \left(1 + 3,54 \frac{d}{D_{\text{ЭМ}}}\right); \quad (14.33)$$

Mahalliy qarshiliklarning yengish uchun yo'qotilgan bosim $\Delta P_{\text{МК}}$ quyidagicha tenglamadan topiladi;

$$\Delta P_{\text{МК}} = \sum \zeta \frac{\omega^2 \rho}{2}; \quad (14.34)$$

ζ - maxalliy qarshiliklar koeffitsienti.

shunday qilib, trubalardagi muhit uchun tula gidravlik qarshilik quyidagicha topiladi:

$$\Delta P = \left(\lambda \frac{1}{d_3} + \sum \zeta \right) \frac{\omega^2 \rho}{2}, \quad \text{n/m2}; \quad (14.35)$$

Kanallar ko'ndalang kesimining shakliga ko'ra ekvivalent diametrning qiymati 14.1-jadvaldan foydalanib hisoblanadi.

EKVIVALENT DIAMETRNING KIYMATINI ANIQLASH JADVALI.

ko'ndalang kesimning shakli	eslatma
xalqasimon d -di	d – tashqi diametr, d_i – ichki diametr
kvadrat a	a – kvadratning tomoni
tugri turtburchaklik $\frac{2a}{a+b}$	a va b – tugri turtburchaklikning tomonlari
trubalar orasidagi bo'shliq $\frac{D^2 - nd}{D - nd}$	d – apparatning ichki diametri, D – trubalarning tashqi diametri, n – trubalar soni

Ishkalanish koeffitsienti λ muhitning harakat rejimiga va truba devorlarini g'adir-budirlik darajasiga bog'lik. laminar rejimida ($Re < 2300$) g'adir-budirlik ishqalanish koeffitsientiga amaliy jixatdan ta'sir qilmaydi va quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (14.36)$$

Turbulent rejimda, agar $Re < 10^5$ bulsa, g'adir-budirlik harakatga uncha katta ta'sir kilmaydi, bunda λ quyidagicha aniqlanadi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,8 \lg Re - 1,5 \quad (14.37)$$

Turbulent rejimda, bulsa, quyidagicha topiladi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \frac{3,7}{\varepsilon}; \quad (14.38)$$

Bu yerda $\varepsilon = k/d$ – trubaning nisbiy g'adir-budurligi; d – trubaning diametri; k – truba yuzasining o'rtacha absolyut g'adir-budirligi; k ning taxminiy qiymatlari jadvallarda beriladi.

masalan: yangi po'lat trubalar uchun 0,06-0,1; foydalanishda bo'lgan pulat trubalar uchun 0,1-0,2; yangi chuyan va keramik trubalar uchun 0,35-1; ifloslangan pulat va chuyan trubalar uchun 0,5-2.

Maxalliy qarshiliklar koeffitsienti ko'pincha tajribalar yo'li bilan topiladi. apparatlarni hisoblashda ularning qiymati maxsus qo'llanmalardagi jadvaldan olinadi.

Issiqlik almashinish apparatlarini loyixalashda issiqlik , konstruktiv va gidrravlik hisoblashlardan sung mexanik hisoblashlar amalga oshiriladi.

Nazorat savollari

1. Issiqlik almashinish apparatlari deb qanday apparatlarga aytiladi?
2. Issiqlik almashinish apparatlari necha turga bo'linadi?

3. Nima uchun issiqlik balansi tuziladi?
4. Issiqlik tashuvchilarning yo‘nalishi bo‘yicha issiqlik almashinish apparatlari necha turga bo‘linadi?
5. Issiqlik almashinish apparatlarining issiqlik hisobi qaysi ifoda orqali olib boriladi?

15-Mavzu Issiqlik energetik qurilmalar.

Kompressor, umumiy ma’lumotlar, ishlash printsipli, SO-7A kompressorining havo chizmasi, f.i.k.

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 ‘rintsi’i 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.

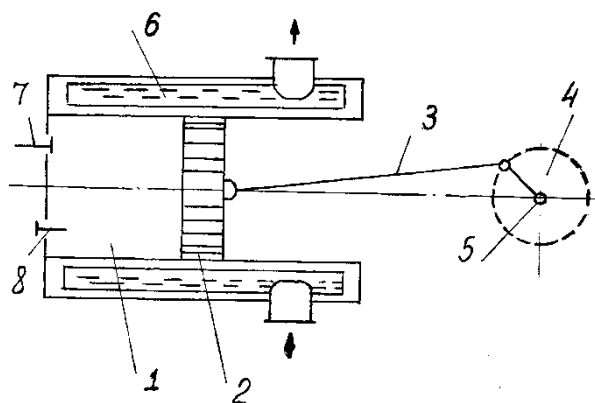
parrakli kompressorlarda gazning bosimi kompressorning g‘ildiraklari aylanganida vujudga keladigan inertsiya kuchlar taʼsirida ko‘payadi. Ular **turbokompressorlar** ham deyiladi va markazdan qochma hamda o‘qiy kompressorlariga bo‘linadi.

porshenli kompressorlar miqdori unchalik katta bo‘lmagan gazni katta bosimlargacha siqishda ishlatiladi. Trubokompressorlar esa buning aksicha gazni nisbatan ‘ast bosimlarda (0,15-1,5MPa atrofida) uzatib berish uchun mo‘ljallangan

Kompressorlar bir-biridan konstruksiyasi va siqish printsi‘iga ko‘ra farq qilishiga qaramasdan siqish protsessi termodinamikasi ularda bir xil bo‘ladi.

2 Bir bosqichli porshenli kompressorlar

Kompressorlarda sodir bo‘ladigan protsesslarni tekshirish va tahlil qilish uchun, ish ‘rintsi’i oddiyroq bo‘lgan bir bosqichli porshenli kompressorlarni ko‘rib chiqamiz (15.1-rasm).



15.1- rasm.

U silindr 1 va ichida harakatlanadigan porshen 2 dan iborat. Silindr devori ichi bo'shliq 6 dan iborat bo'lib unda sovutuvchi suv aylanma harakat qiladi. porshen shatun 3 vositasida kri ↑ orqali kompressorning tirsakli vali 5 bilan birlashtirilgan va ilgari lama-qay ↑ akat qiladi.

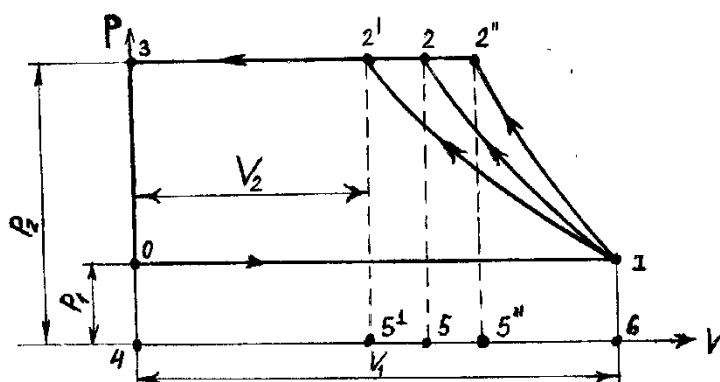
porshen chapdan o'ngga siljiganda kompressor silindrida siyraklanish vujudga keladi. Tevarakdagi muhitning bosimi tahsirida so'rish klapani 7 ochiladi va silindrga siqilishi lozim bo'lgan gaz to'ladi.

porshen o'ngdan chapga tomon siljiganida so'rish klapani yo'iladi va porshen silindrdagi gazni siqadi. Siqilgan gaz haydash kla'ani 8 ochilib silindrdan itarib chiqariladi va gaz yig'gichga haydaladi, undan esa istehmolchiga 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 yengishga sarf bo'ladigan ish yo'q, silindrning geometrik hajmi foydali ish hajmiga teng va qoldiq bo'shliq hajm hosil kilmaydi, deb faraz qilamiz. Gazni silindrga so'rish va yig'gichga haydash o'zgarmas bosimda amalga oshadi.



15.2- rasm.

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

Kompressorda porshen chapdan o'ngga qarab harakatlenganda silindrga bosimi R1 bo'lgan gaz kiradi. Bu protsess diagrammada 0-1 chizig'i bilan tasvirlanib **so'rish chizig'i** deyiladi.

porshen o'ngdan chapga harakatlenganda gazni R2 bosim va V2 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 silindrda bosim juda tez R2 dan R1 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 to'riladi:

$$l_k = l_{cuk} + l_{xaiud} - l_{cyp} = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} p d\vartheta + p_2 \vartheta_2 - p_1 \vartheta_1 \quad (15.1)$$

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

R^g -diagrammada siqilish ishi:

12561 yuza bilan haydash ishi 43254 yuza bilan, so'rilish ishi *lsur* esa 01640 yuza bilan tasvirlanadi.

15.2-rasmda keltirilgan diagrammadan ko'rinib turibdiki, kompressor silindrining devorlaridan issiqlik olib ketilmaganda gazni siqish protsessi 1-2 adiabat bo'yicha boradi. Silindr devorlaridan issiqlik tez olib ketib turilganda protsess 1-2 izoterma bo'yicha sodir bo'ladi.

Ko'rinib turibdiki, ikkala protsessdan izotermik protsess tejamliroq, chunki izotermik siqishda sarf bo'ladigan ish adiabatik siqishdagiga qaraganda son jihatdan 12 " 2 1 yuzaga teng miqdorda kam bo'ladi. Lekin real kompressorda gazni izotermik siqib bo'lmaydi, chunki silindrni sovituvchi suv havoni siqishda chiqadigan issiqlikning hammasini olib keta olmaydi. SHuning uchun real sharoitlarda siqilish protsessi 1-2 politropa bo'yicha ketadi. politropa chizig'i izoterma va adiabat chizig'i orasida bo'lib, politropa ko'rsatkichi 'q 1,18 ÷ 1,25 atrofida bo'ladi.

Kompressor silindrida 1 kg siqishda sodir bo'ladigan protsessning xarakteriga qarab, kompressorning to'liq solishtirma ishi *l* turlicha qiymatga ega bo'ladi.

Izotermik protsessda $p_2 \vartheta_2 = p_1 \vartheta_1$ bo'lganligi uchun:

$$l_k^{u3} = l_{cuk} = p_1 \vartheta_1 \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (15.2)$$

Adiabatik protsessda siqilish ishi:

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

(15. 1) formulaga ko'ra kompressorning to'liq solishtirma ishi:

$$l_k = \frac{1}{k-1}(p_2 g_2 - p_1 g_1) + p_2 g_2 - p_1 g_1 = \frac{k}{k-1}(p_2 g_2 - p_1 g_1) =$$

$$= \frac{k}{k-1} RT_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{k-1/k} - 1 \right] \quad (15. 3)$$

Politropik siqilishda kompressorning to'liq solishtirma ishi quyidagiga teng:

$$l_k^{nol} = n l_{cuk}^{nol} = \frac{n}{n-1} (p_2 g_2 - p_1 g_1) = \frac{n}{n-1} RT_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{n-1/n} - 1 \right]$$

(15. 4)

Yuqorida aytib o'tilganidek, kompressor istehmol qiladigan ishni kamaytirish uchun uning silindrini suv bilan tez sovitib turish kerak. Bundan tashqari surkov moyining o'z-o'zidan alanganishining oldini olish maqsadida siqilayotgan gazning temperaturasi pasaytirish uchun ham silindrni sovitib turish lozim.

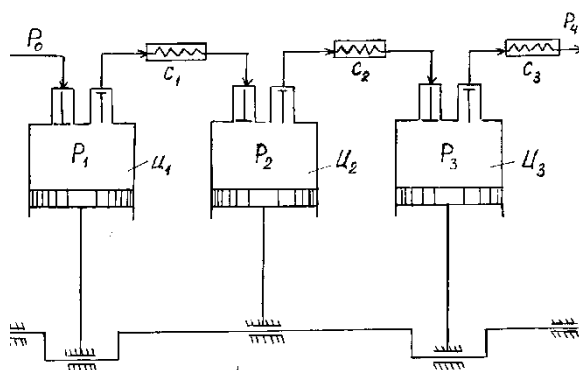
Bir bosqichli kompressor bosimini oshirishni cheklovchi yana muhim omillardan biri-haydash bosimi oshishi bilan unumdorligining pasayishidir. SHuning uchun bir bosqichli kompressorlar bosimi 0,8-1,0 MPa dan yuqori bo'lmagan siqilgan gaz olishda ishlatiladi.

Gazni ancha yuqori bosimlargacha siqish uchun uni bosqich bilan, ya'ni oraliq sovitish yo'li bilan bir necha marta siqish kerak bo'ladi.

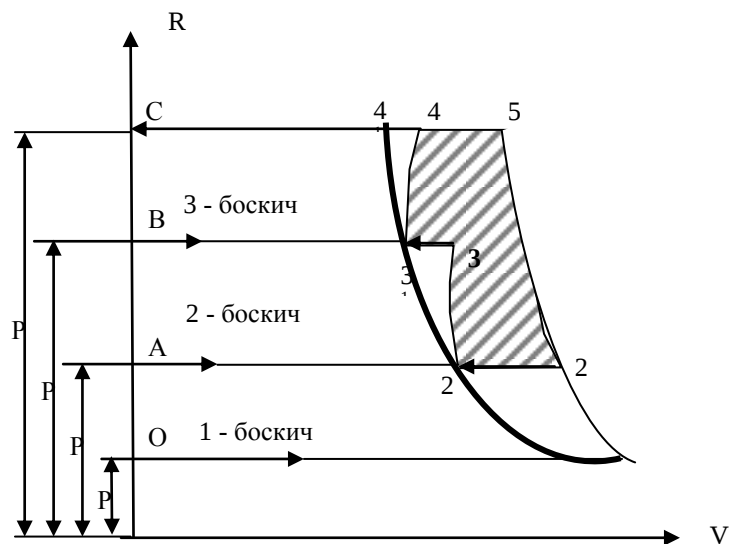
3.Ko'p bosqichli porshenli kompressor

Ko'p bosqichli porshenli kompressorlar yuqori bosimli gaz olish uchun qo'llaniladi.

Gazni siqish politropa bo'yicha ketma-ket bir necha silindrda oraliq sovitish bilan amalga oshiriladi.



15.3-rasm.



15.4-rasm.

15.3-rasmda uch bosqichli porshenli kompressorning sxemasi, 15.4-rasmda esa undan sodir bo'ladigan protsessning RV diagrammasi ko'rsatilgan.

Gaz 0-1 protsessida 'ast bosimli silindr TS1 ga so'rilib, 1-2 politropa bo'yicha R2 bosimgacha siqiladi va sovitkich S1 ga o'tadi.

Gaz sovitkichda o'zgarmas bosimda dastlabki teMPeraturasi t_1 gacha sovitilib, ikkinchi bosqich TS2 ga beriladi va bu yerda politropa 2-3 bo'yicha R3 bosimgacha siqiladi. Siqilgan bosqich TS2 da gaz politropa 2-3 bo'yicha R3 bosimgacha siqiladi. Siqilgan gaz sovitkich S2 ga o'tadi va t_1 teMPeraturagacha soviydi. Uchinchi bosqich TS2 da gaz politropa 3-4 bo'yicha oxirgi bosimgacha siqiladi. So'ngra sovitkich S2 ga va undan istehmolchiga o'tadi.

Ko'p bosqichli kompressorning har bir keyingi bosqichida silindrdagi 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 tahsiri 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 silindrda siqishda va uni oraliq sovitkichda sovitishda olinadigan issiqlik miqdori ma'lum formulalar orqali to'iladi:

$$Q_{\text{util}} = G_c (t_2 - t_1) = GC_g \frac{n-k}{n-1} (t_2 - t_1) \quad (15.5)$$

$$Q_{\text{sov}} = C_{cp} (t_2 - t_1) \quad (15.6)$$

Kompressor valida sarflanadigan samarali quvvat quyidagiga teng:

$$N_c = \frac{N_0}{\eta_m} = \frac{G l_o}{\eta_m} \quad (15.7)$$

bu yerda: G -kompessor unumdorligi, kg/s;

l - bir bosqichli 1 kg gazni siqishga sarflanadigan nazariy ish miqdori, j/kg;

m - kompessor bosqichlari soni;

η_m - mexanik f.i.k.

Nazorat savollari:

1. Kompessorlarning vazifasi.
2. Bir bosqichli porshenli kompessor.
3. Ko'p bosqichli porshenli kompessor.
4. Kompessorlarda siqilgan gaz olishga sarflanadigan ish.
5. Kompessorlarning turlari.
6. Trubokompessorlar.
7. Kompessor uchun nazariy indikator diagramma.
8. Kompessorning to'liqsolishtirma ishi.
9. Samarali quvvatni aniqlash.
10. Issiqlik miqdorini aniqlash.

16-Mavzu Ichki yonuv dvigatellari sikllari.

Ichki yonuv dvigatellari nazariyasi. $P=\text{const}$, $V=\text{const}$, $P=\text{const}$ va $V=\text{const}$ dagi ichki yonuv dvigatellarining sikllari. Bu qurilmalarning F.I.K. va uning oshirish yo'llari.

1Asosiy 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 tahsir etadigan yangi tipdagi dvigatel yaratildi.

Bunday ichki yonuv dvigateli yaratish mumkinligi g'oyasini birinchi bo'lib 1824 yilda Sadi Karno ehtirol 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 printsipta benzin bilan ishlaydigan dvigatel yaratdi.

1897 yilda nemis injeneri Dizel kerosinda, yuqori bosimda kompressordan silindrga 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 sikllarini tahlil qilishda keltirilgan va olingan issiqlik miqdori, siklning xarakterli nuqtalarida ishchi jismning asosiy termodinamik parametrlari, siklning termik f.i.k. asosiy xarakteristika (parametr)lar yordamida aniqlanadi.

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

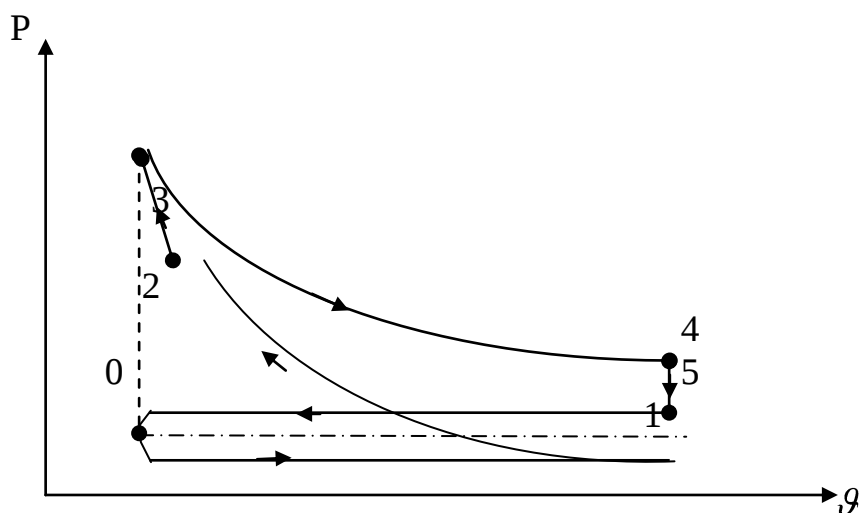
Siqilish darajasi $\varepsilon = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}$ ishchi jism boshlang'ich solishtirma hajmini siqilish so'ngidagi solishtirma hajmiga nisbati; bosim ortishi darajasi $\lambda = \frac{P_3}{P_2}$ o'zgarmas hajmda issiqlik berish protsessi oxiri va boshidagi bosimlar nisbati;

oldindan kengayish darajasi $\rho = \frac{\vartheta_3}{\vartheta_2}$ izobarik issiqlik berish protsessi oxiri va boshidagi solishtirma hajmlar nisbati.

Porshenli ichki yonuv dvigatellari sikllarining uchta asosiy turi mavjud: Otto sikli (V=const da yonish); Dizel sikli (P=const da yonish); Trinkler sikli (V=const va so'ngra P=const da yonish).

2 O'zgarmas hajmda issiqlik keltirilishi bilan boradigan sikl

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



16.1- rasm.

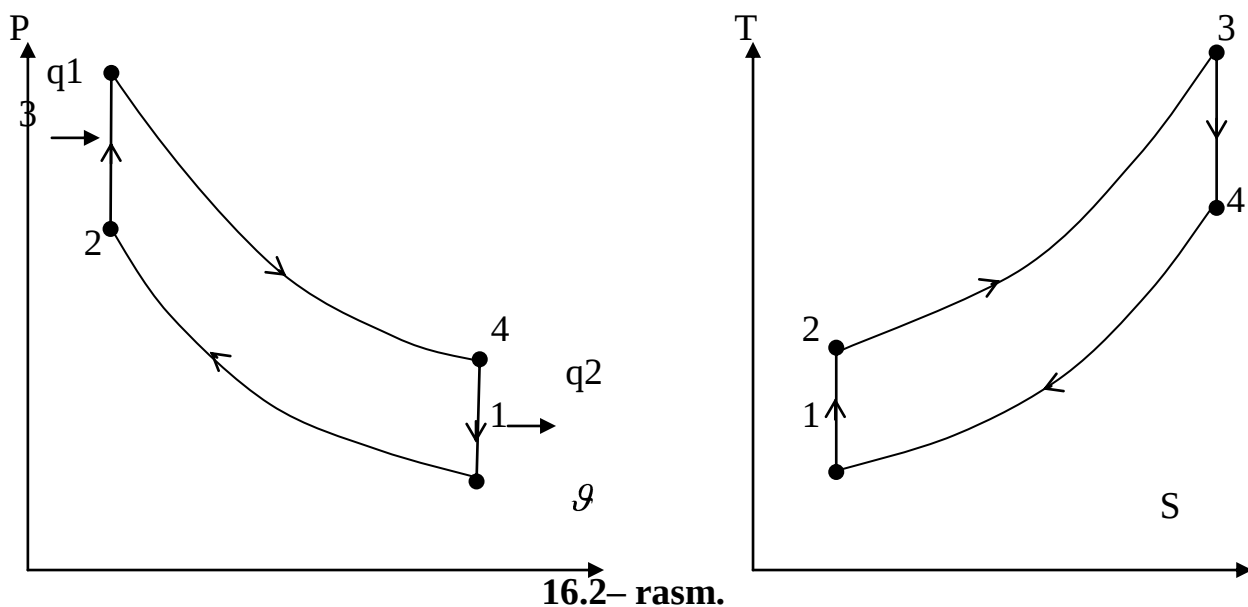
16.1- rasmda o'zgarmas hajmda tez yonish bilan ishlaydigan dvigatelning indikator diagrammasi berilgan. Yoqilg'i sifatida yengil yoqilg'ilar benzin, yoritgich gaz, spirt va boshqa shu kabi yoqilg'ilar qo'llaniladi. 0-1 protsessda porshen chapdan o'ngga harakatlanadi va so'rish klapani ochilib silindrga karbyuratorida 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 silindrda siqiladi va uning bosimi ortadi (1-2 protsess).

Aralashma bosimi silindrda 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 istehmolchiga beriladigan kengayish ishini bajaradi (3-4 protsess). Porshen o'ng chekka holatga yetgandan so'ng chiqarish klapani ochiladi va silindrdagi bosim atmosfera bosimidan bir oz yuqoriroq bo'lgan qiymatgacha pasayadi (4-5 protsess). Porshen o'ng chekka holatga yetgandan so'ng chiqarish klapani ochiladi va silindrdagi bosim atmosfera bosimidan bir oz yuqoriroq bo'lgan qiymatgacha pasayadi (4-5 protsess); bunda gazning bir qismi silindrdan chiqadi. So'ngra porshen qaytadan chapga harakatlanib ish bajargan gazlarning qolgan qismini silindrdan atmosferaga chiqarib yuboradi (5-0 protsess).

Otto sikli bo'yicha ishlaydigan dvigatel silindridagi porshen bir sikl 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 siklini (16.2-rasm). ko'rib chiqamiz.

Ichki yonuv dvigatelining sikli berk sikl, siklning ishchi jismi ideal gaz, uning miqdori dvigatelda o'zgarmasdan qoladi deb faraz qilamiz.



16.2– rasm.

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

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

$$\eta_t = 1 - q_2 / q_1$$

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 siklning 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 siklining termik f.i.k. qiymati quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \quad (16.1)$$

Otto sikli 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.

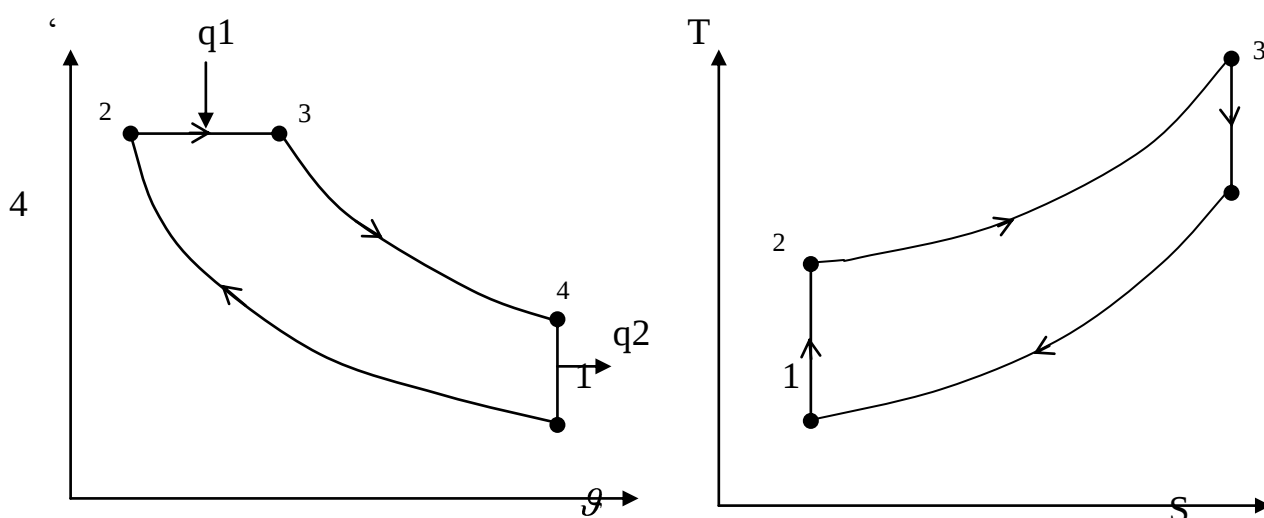
Shunday qilib, η_t ni oshirish nuqtai nazaridan siqish darajasini qanday yo'l bilan bo'lmasin oshirish foydali. Lekin amalda ε ning juda yuqori qiymatigacha erishilgandan so'ng, ko'pincha porshen hali chap chekka holatiga kelmasdan yonuvchi aralashma o'z-o'zidan alangalanib ketadi. SHuning uchun odatdagi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

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

3 O'zgarmas bosimda issiqlik keltirilish bilan boradigan sikl

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

Tahlil qilish qulay bo'lgan ideallashtirilgan Dizel siklini (16.3 -rasm) ko'rib chiqamiz.



8.1 - rasm.

1-2 protsessda dvigatel silindriga so'rilgan havo R2 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 sikli o'zgarmas bosimda yonib tugaydigan sikl deb ataladi.

Yoqilg'ini silindrga kiritish protsessi tugaganidan keyin ishchi jism 3- 4 adiabata bo'yicha kengayadi. Nuqta 4 ga mos bo'lgan holatda silindrning chiqarish klapani ochiladi va 4-1 izohora bo'yicha soviq manbaga issiqlik q_2 olinishi amalga oshiriladi.

Bu siklning termik f.i.k. ni issiqlik sig'implari CP va C^g hamda adiabata 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:

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

bo'lishini hisobga olib:

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

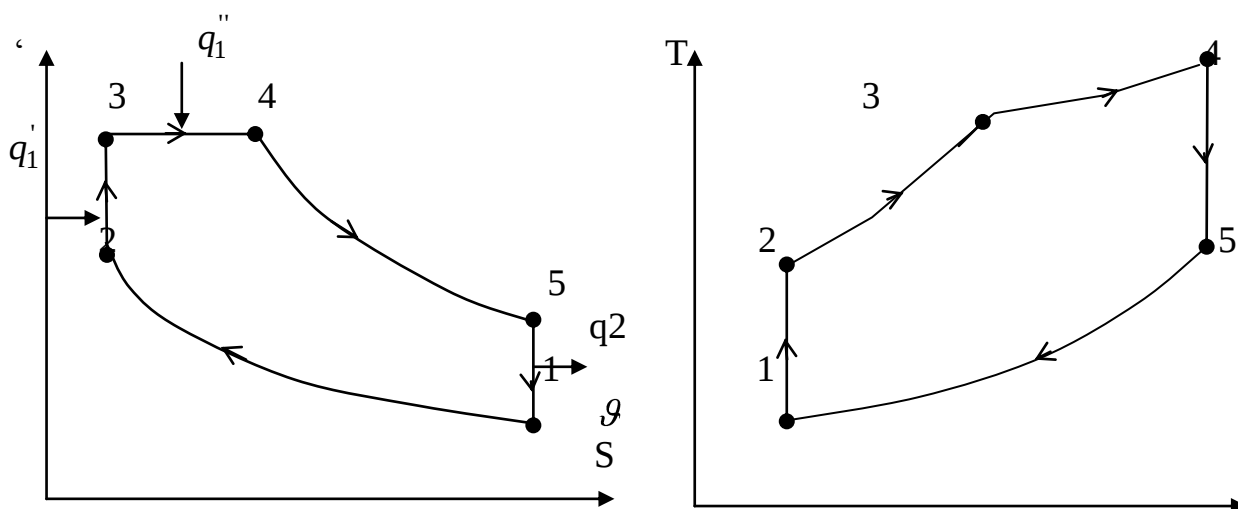
T_2, T_3, T_4 – temperaturalarini T_1 orqali ifodalab, Dizel siklining termik f.i.k. qiymati quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\eta_t = 1 - \frac{\rho^k - 1}{K \varepsilon^{k-1} (\rho - 1)} \quad (16.2)$$

Siqish darajasi ε qanchalik katta bo'lsa va oldindan kengayish darajasi ρ qanchalik kichik bo'lsa, Dizel siklining f.i.k. shunchalik yuqori bo'ladi.

4 Aralash yonuv sikli

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 dvigatelning 6-10 % quvvati sarf bo'ladi va nasos, forsunka kabi qurilmalar ishlatiladi.



16.4 - rasm.

Rus injeneri G.V. Trinkler tomonidan kompressorsiz yoqilg'i mexanik purkaladigan dvigatel yaratildi. Bunday dvigatel siklining $P-S$ va $T-S$ diagrammada tasvirlanishi 16.4 -rasmda ko'rsatilgan.

Aralash yonuv sikli 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 yerda: $q_1' = C_g (T_3 - T_2)$ 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 sikli termik f.i.k qiymati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda \cdot \rho^k - 1}{\varepsilon^k - 1 [(\lambda - 1) + K \cdot \lambda (p - 1)]} \quad (16.3)$$

(16.3) ifodaga ko'ra siklning f.i.k. ε va λ ko'payishi bilan ortadi va ρ kattalashganda kamayadi. $\rho = 1$ da (16.3) tenglama Otto siklining termik f.i.k. uchun (16.1) tenglamaga aylanadi, $\lambda = 1$ da esa tenglama (16.3) Dizel siklining termik f.i.k. uchun (16.2) tenglamaga aylanadi.

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

$$\eta_{t \text{ дизель}} < \eta_{t \text{ аралёнув}} < \eta_{t \text{ Отто}}$$

bo'lishini, siklning eng yuqori temperaturasi (T_3) bir xil bo'lganda esa:

$$\eta_{t \text{ дизель}} > \eta_{t \text{ аралёнув}} > \eta_{t \text{ Отто}}$$

bo'lishini ko'rsatadi.

Nazorat savollari:

1. Ichki yonuv dvigatellari.
2. Ichki yonuv dvigatellari sikllarining asosiy parametrlari.
3. Otto sikli.
4. Dizel sikli.
5. Trinkler sikli.
6. I.Yo.D. turlari.
7. I.Yo.D. f.i.k. ni taqqoslash.
8. Dvigatelning indekator diagrammasi.
9. Otto sikli f.i.k. ni aniqlash.
10. Dizel sikli f.i.k. ni aniqlash.

17-Mavzu Gaz turbinali qurilma.

Gaz turbina qurilmasi. $P=\text{const}$, $V=\text{const}$ dagi gaz turbina qurilmalarining sikllari. Bu qurilmalarning F.I.K. va uning oshirish yo'llari. Bug' turbina qurilmalarining sikllari.

1. 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.

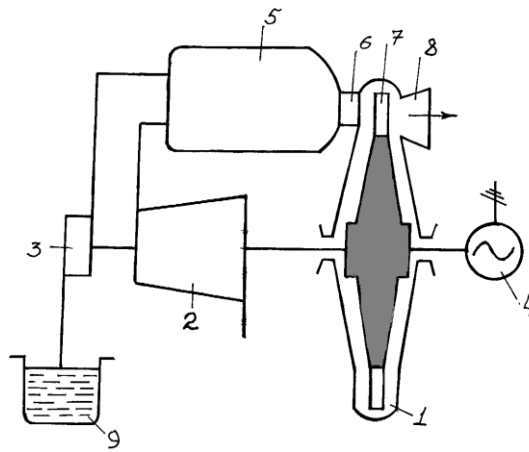
Hozirgi vaqtda gaz turbinalari aviatsiya, kemasozlik, temir yo'l transportida ishlatiladi va asta-sekin energetikaga joriy etilmokda. Gaz turbinalarini yirik energetik qurilmalarda chekli qo'llanilishiga asosiy sabab shuki, zamonaviy konstruksion materiallarning issiqlikka bardoshligi yetarli bo'lmaganligidan 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 $Q=\text{const}$ da yonadigan GTQ.

2. Yoqilg'i o'zgarmas bosimda yonadigan GTQ va uning sikli

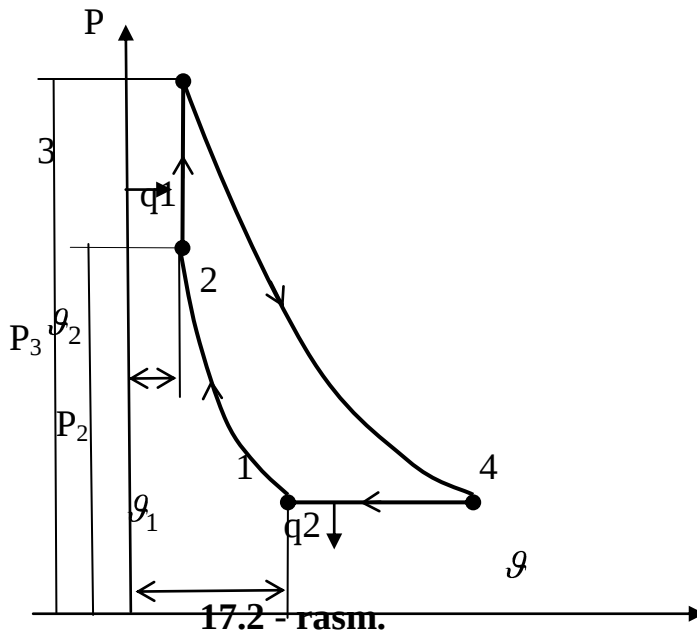
17.1-rasmda yoqilg'i $P = \text{const}$ da yonadigan GTQ sxemasi tasvirlangan. Umumiy valda gaz turbinasi - 1, kompressor-2, yonilg'i nasosi- 3 va energiya istehmolchisi - 4 o'rnatilgan. Kompressor atmosfera havosini so'radi, uni kerakli bosimgacha siqadi va yonish kamerasi -5 ga yuboradi. SHu kameraga 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 yerda ish bajaradi va so'ngra chiqarish patrubi-8 orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi. Ish bajargan gazlar bosimi atmosfera bosimidan bir oz yuqori bo'ladi.

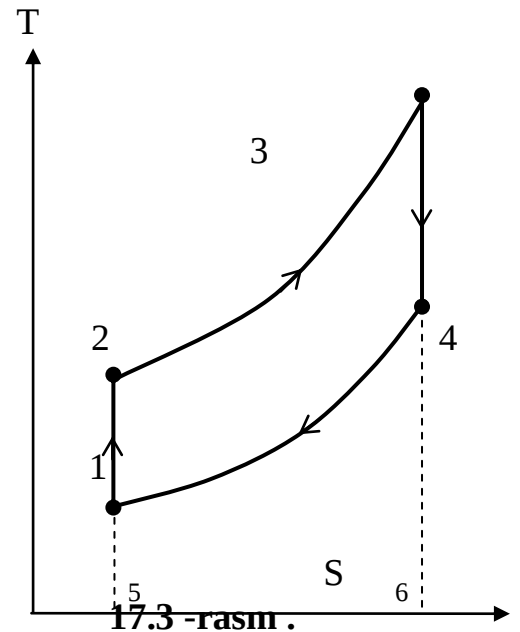


17.1 - rasm.

17.2 - va 17.3 - rasmlarda va $P-\vartheta$ va TS - diagrammalarda GTQ ning $P=\text{const}$ da issiqlik berilishi bilan boradigan ideal sikllari tasvirlangan. Bu siklda ishchi jismdan issiqlik olinishi o'zgarmas bosimda amalga oshadi.



17.2 - rasm.



17.3 - 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.

Sikl 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:

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

Siklning 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:

$$\eta_t = 1 - \left(\frac{1}{\beta^{(k-1)/k}} \right) \quad (17.1)$$

O'zgarmas bosimda issiqlik beriladigan GTQ termik f.i.k. qiymati bosim ortishi darajasi va adiabat 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.

3. Yoqilg'i o'zgarmas hajmda yonadigan GTQ va uning sikli

17.4-rasmda yoqilg'i $\vartheta = \text{const}$ 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. Bahzan 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 bosimgacha adiabatik kengayadi. Soplodan oqib chiqayotgan gazlar turbina kuraklari 6 ga keladi, tegishli baxaradi va turbinaning chiqish patrubi 7 orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi. qurilmaning foydali ishini energiya istehmolchisi 9 qabul qiladi.

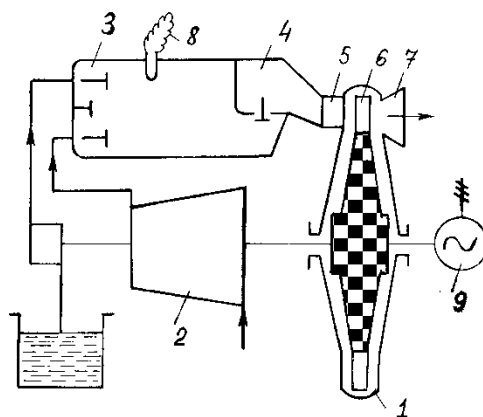
17.5 va 17.6-rasmlarda R , ϑ va TS -diagrammalarda GTQning $V = \text{const}$ da issiqlik berilishi bilan boradigan ideal sikllari tasvirlangan.

Boshlang'ich parametrlari R_1 , ϑ_1 , T_1 bo'lgan ishchi jism 1-2 adiabat bo'yicha nuqta 2 gacha siqiladi. Keyin 2-3 izohora bo'yicha ishchi jismga q_1 - solishtirma issiqlik miqdori beriladi. Ishchi jism 3-4 adiabat bo'yicha boshlang'ich bosimgacha kengayadi va 4-1 izobara bo'yicha q_2 - solishtirma issiqlik miqdori olinib boshlang'ich holatiga qaytadi.

Sikl uchun quyidagi o'lchamsiz parametrlar o'rinli:

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

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



17.4-rasm .

Ishchi jismga beriladigan solishtirma issiqlik miqdori:

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

Ishchi jismdan soviq manbaga olinadigan issiqlik miqdori:

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

Siklning termik f.i.k.

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

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

$$\eta_t = 1 - \frac{[K(\lambda^{1/k} - T_1)]}{[\beta^{(k-1)/k} \cdot (\lambda - 1)]} \quad (17.2)$$

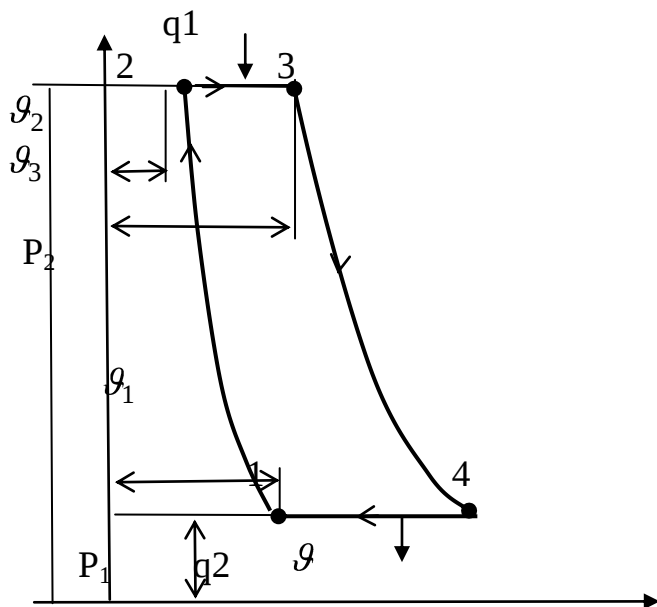
O'zgaras hajmda issiqlik beriladigan GTQ termik f.i.k. qiymati β , λ va K qiymatlariga to'g'ri proporsional.

TS- diagrammada o'zgaras hajmda issiqlik berilishi bilan boradigan GTQ sikli f.i.k. 17.6-rasmda beriladigan va olinadigan solishtirma issiqlik miqdorlari yuzasi farqiga ko'ra aniqlanadi:

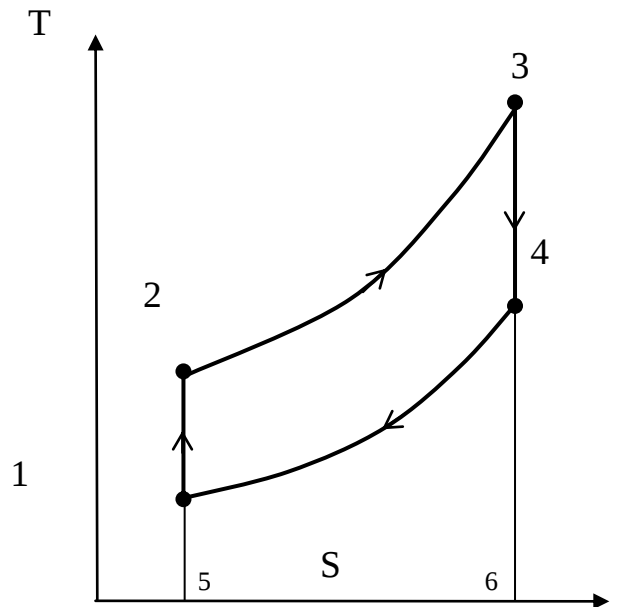
$$\eta_t = (\text{yuza 5236} - \text{yuza 5146}) / \text{yuza 5236} = \text{yuza 1234} / \text{yuza 5236}. \quad (17.3)$$

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.



17.5 - rasm.



17.6 - rasm.

Nazorat savollari:

1. Gaz turbina qurilmalari.
2. Yoqilg'i o'zgarmas bosimda yonadigan GTQ.
3. Yoqilg'i o'zgarmas hajmda yonadigan GTQ.
4. GTQ lari sikllari.
5. GTQ lari turlari.
6. GTQ larning I.Yo.D. laridan farqi.
7. GTQ lari iqtisodiy samaradorligini oshirish.
8. GTQ siklini diagrammada tasvirlash.
9. GTQ f.i.k. ni aniqlash.
10. GTQ sikllarini taqqoslash.

18-Mavzu Sovitish mashinalari

Sovitish mashinalarining ishlash uslubi, sikllari. Ularning asosiy xarakteristikalar. Issiqlik nasosi.

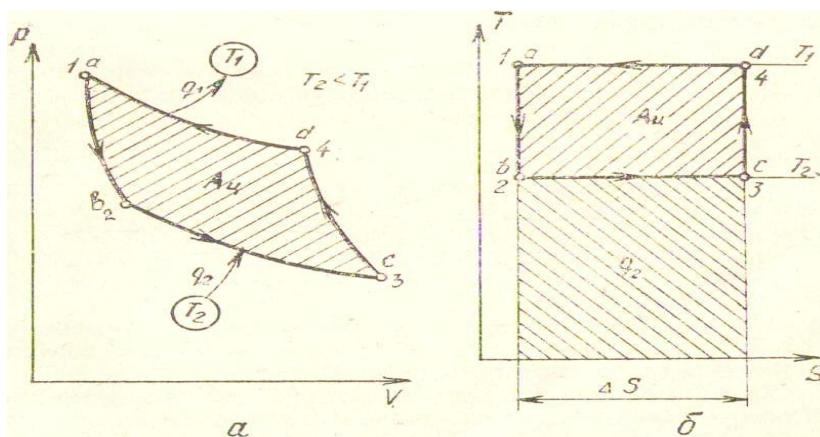
1. Ideal sovitkich qurilmasi va uning ish siklidagi termodinamik jarayonlar.

Sovitkich mashinalarning ishlash printsipti termodinamikaning ikkinchi qonuniga asoslangan bulib, ularda ish jismi temperaturasi atrof-muhit temperaturasidan pasayishidan iborat, ya'ni jismdan issiqlik miqdori tashqi muhitga chiqariladi. Moddaning temperaturasi kichik bo'lishini tahminlash uchun albatta ish bajariladi. Bu qurilmalarda sovuq elitgich sifatida suv, sho'r suv ($-21,4^{\circ}\text{S}$), kalg'tsiy xlorid (-55°S), etilenglikol (-70°S), xladon ($-96,7^{\circ}\text{S}$) va sh. k. moddalardan foydalaniladi,.

Sovitish mashinalarining sikli Karno sikliga teskari bo'lgan, sikldir. Karno sikliga teskari bo'lgan sikl sovitkich mashinalarning ideal sikli deyiladi. Ideal

siklga sovitkich mashinalarning real sikllari solishtirilib, ularning itisodiy jihatdan samaradorligi aniqlanadi.

Karnoning sovitish sikli (18.1-rasm) dan ko'rinib turibdiki, sovituvchi moddaga issiqlik miqdori sovitiluvchi jismdan izoterma ($T=\text{const}$) buyicha o'zatiladi (2 va 3 nuqtalar oralig'i).



18.1-rasm. Karno sovitish siklining PV va TS diagrammalari

Bu jarayon davomida ish jismi (real sharoitda suv bug'i, ammiak, karbonat anhidrid, freon-12 va sh. k.) bosimi o'z hajmini oshirish hisobiga pasayadi. Ish jismi hajmi kengayib borgan sari uning temperaturasi pasayadi, ya'ni ish jismi soviydi. SHundan so'ng ish jismi adiabatik ($dq=0$) siqiladi. Bu siqilish jarayonida mahlum miqdorda ish bajariladi va ish jismi temperaturasi ko'tariladi, ya'ni isiydi (3 va 4 nuqtalar oralig'i).

Isigan ish jismini izotermik siqish jarayonida 4 va 1 nuqtalar oralig'i, undan q_1 issiqlik miqdori muhitga chiqadi. Siqish taktining oxirida ish moddasi katta bosimga va kichik hajmga ega bo'ladi (1 nuqtada). SHundan so'ng ish jismi adiabatik kengayadi (1 va 2 nuqtalar oralig'i) va keskin soviydi. Natijada tashqi muhitdagi ortiqcha issiqlik miqdorini yutadi. Sikl takrorlanadi.

Sovitish siklining bajargan ishi 1—2—3—4—1 nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga son qiymati jihatdan teng, ya'ni

$$A_{ts} = q_1 - q_2 \quad (18.1)$$

bunda q_1 — ish moddasidan sovituvchi jismga o'zatilgan issiqlik miqdori; q_2 — sovitiluvchi jismdan ish moddasiga o'zatilgan issiqlik miqdori; A_{ts} — siklning bajargan ishi.

Sovitish mashinalarining iqtisodiy samaradorligi sovitish koeffitsienta ξ orqali ifodalanadi:

$$\xi = \frac{q_2}{A_{ts}} \quad (18.2)$$

Karnoning sovitish sikli uchun ξ koeffitsientni quyidagicha yozish mumkin:

$$\xi = \frac{q_2}{A_{ts}} = \frac{\Delta S \cdot T_2}{\Delta S \cdot T_1 - T_2} = \frac{1}{\frac{T_1}{T_2} - 1} \quad (18.3)$$

bunda T_1 va T_2 — ish jismi va tashqi muhit temperaturalar; A_{ts} — ish jismining izotermik kengayishidagi va siqilishidagi entropiyasining o'zgarishi.

Karnoning sovitish siklining PV diagrammasidan ko'rinib turibdiki, sikl ikkita izotermik va ikkita adiabatik jarayonlardan tashkil topar zkan. Bunday

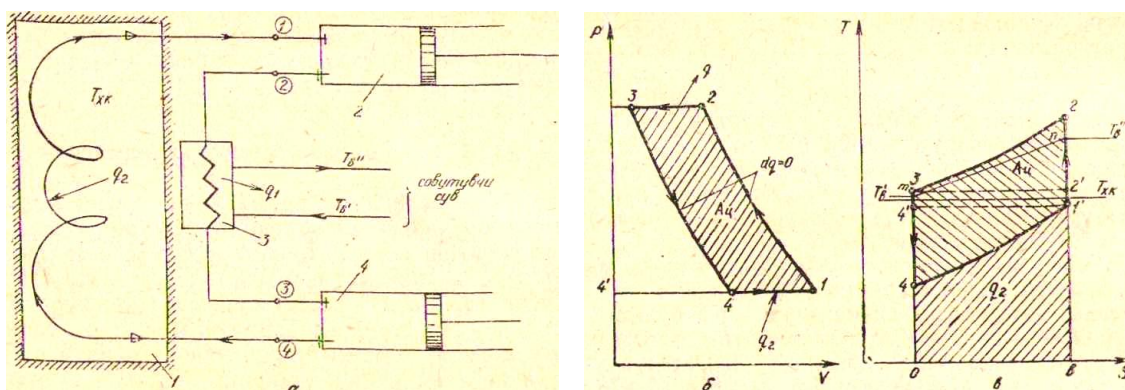
qurilmalarda sovitish jarayoni ish jismi ichki energiyasining o'zgarishi hisobiga sodir bo'ladi. Fizika kursidan mahlumki, har qanday gaz yoki suyuqlik o'z hajmini keskin kengaytirganda soviydi. Sovitkichlarda shu effektdan foydalaniladi.

2. Havo bilan sovitish qurilmasi.

Havo bilan sovitish qurilmasining asosiy ish jismi-atmosfera havosi hisoblanadi. Bunday sovitish qurilmasi sovitish xonasi 1, kompressor 2, issiqlik almashtirgich 3 va pnevmatik (havo) dvigatelg' 4dan tashkil topgan (18.3-rasm). havo bilan sovitish qurilmasining sikli quyidagicha kechadi: kompressor 2 sovitish xonasi 1 dagi T_1 temperaturali havoni so'radi va shu havoni adiabatik siqib chiqarish klapani 2 orqali nssiqlik almashtirgich 3 ga haydaydi. Havoning kompressordan chiqishidagi temperaturasi sovituvchi suv temperaturasidan yuqori bo'ladi. SHuning uchun issiqlik almashtirgichdan q_1 issiqlik miqdori siqilgan havodan suvga o'tadi, natijada havo soviydi. Bu sovitilgan havo pnevmatik dvigatelga klapan 3 orqali haydaladi va unda adiabatik kengayib musbat ish bajaradi. Adiabatik kengayish jarayonida pnevmatik dvigateldagi havo soviydi va uning temperaturasi sovitish xonasi 1 dagi temperaturadan past bo'ladi. Sovuq havo pnevmatik dvigateldan sovitish xonasi 1ga daydaladi. U yerda ortiqcha issiqlik miqdori q_2 ni yutadi. Sovitish xonasi 1 dagi jism soviydi. Sikl takrorlanadi.

Kompressorda havoni siqish uchun sarf bo'lgan ish miqdori 4'—1—2—3—4' nuqtalar (PVdiagramma) bilan chegaralangan yuzaga, pnevmatik dvigatelda havoning kengayishida bajarilgan ish miqdori 3—3—4— 4—3 nuqtalar (PVdiagramma) bilan chegaralangan yuzaga son qiymati jihatidan teng bo'ladi, Siklning bajargan ishi kompressordagi manfiy va pnevmatik dvigateldagi musbat ishlarning ayirmasiga, ya'ni 1—2—3—4—1 nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga son qiymati jihatidan teng bo'ladi.

Issiiqshk almashtirgichdan suvga o'zatilgan issilik miqdori son qiymati jihatidan $a—3—2—v—a$ nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga teng bo'ladi (18.2- rasm, TSdiagramma), ya'ni



$$q_1 = q + A_{ts} \quad (18.4)$$

18.2-rasm. Havo bilan sovitish qurilmasi: a – qurilma sxemasi; b va v – havo bilan sovitish qurilmasi termodinamik jarayonlarining PV va TS diagrammalari.

Sovitish siklining koeffitsientini TS diagramma orqali quyidagicha yozish mumkin:

$$\xi = \frac{q_2}{A_{ts}} = \frac{1}{T_2 - T_1 \div T_1 - T_4 - 1} \quad (18.5)$$

PV diagrammadan ko'rinib turibdiki, 1—2 va 3—4 nuqtalar oralirida havo adiabatik siqishadi va kengayadi. SH uni ehtiborga olib havo temperaturalari nisbatini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_4}$$

Unda sovitish siklining koeffitsientini kompressor va. dvigatelning so'rish va haydash kanallaridagi havo temperaturalari nisbati orqali ifodalash mumkin bo'ladi, ya'ni

$$\xi = \frac{1}{\frac{T_2}{T_1} - 1} = \frac{1}{\frac{T_3}{T_4} - 1} \quad (18.6)$$

Demak, kompressorning haydash klapanidan o'tgan siqilgan havo temperaturasi qancha kichik bo'lsa yoki havo dvigatelining so'rish kanalidagi havo temperaturasi qancha past bo'lsa, sovitish qurilmasining iqtisodiy samaradorligi shuncha yuqori bo'ladi.

Issiqlik almashtirgichga kiritiladigan suvning temperaturasi qancha past bo'lsa, Havo bilan sovitish qurilmasining samaradorligi shuncha katta bo'ladi. Chunki kompressorda havoni yuqori bosimgacha siqish uchun ortiqcha ish sarflash zarur bo'lmaydi.

Sovitish koeffitsient ξ ni goho solishtirma sovuqlik ishlab chiqarish q_0 deb yuritiladi. Sovuq manbadan ish birligi sarfi vaqtida chiqarilgan issiqlik miqdorini bildiruvchi kattalik kJ yoki Megajoul da o'lchanadi. Solishtirma sovuqlik ishlab chiqarishni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$q_0 = 10^3 \cdot \xi$$

Havo bilan sovitish qurilmalari uchun $q_0 = 950 \div 1250$ kJ/MJ atrofida bo'ladi.

12.3. Siqilgan bug' bilan sovitish qurilmasi.

Atmosfera bosimi yoki shunga yaqin bosimlarda bug' holatiga o'tuvchi gazlar moddani siqib sovituvchi qurilmalarning asosiy ish jismi bo'lib, ular goho sovitish agenti deb ham yuritiladi. Bunday gazlar nolg' gradusdan past temperaturalarda to'yinish nuqtasiga ega bo'ladi.

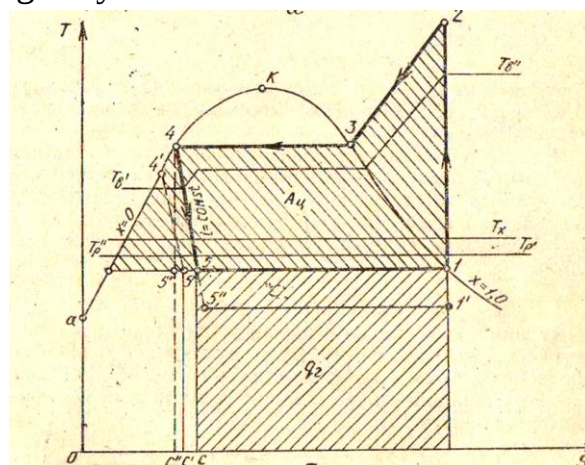
Siqilish xisobiga sovituvchi qurilmalarda qo'llaniladigan sovitish agentlari termodinamika nuqtai nazaridan quyidagi talablarga javob berishi kerak: a) vakuumda bug'lanish yuz bermasligi va tashqaridan sovitish xonasiga havo so'rilmisligi uchun noldan past bo'lgan manfiy temperaturalarda to'yinish nuqtasiga ega bo'lgan sovitish agenti bug'ining bosimi atmosfera bosimidan kichik bo'lmasligi shart; b) siqish kamerasidagi bosim kichik bo'lishi talab qilinadi (ana shundagina mashina qismlari yengil konstruktsiyadan tashkil topadi); v) past temperaturalarda tez va ko'p bug'lanadigan, ya'ni hajmiy sovuqlik ishlab chiqarishi yuqori bo'lishi kerak; g) suyuqlikning issiqlik sig'imi past bo'lishi talab qilinadi.

Siqilgai bug' bilan sovitadigan qurilma sovitish xonasi 1 kompressor 2, bug'latkich 3, kondensator 4 va rostlovchi (drosselli) ventilig' 5 dan tashkil topgan (18.3- rasm). Siqilgan bug' bilan sovitadigan qurilmada yuz beradigan termodinamik jarayonlarning TS_{dia} - grammasidan ko'rinib turibdiki (18.3-rasm), sikl sovi- tuvchi agent (ish moddasi) ni kompressorga so'rish va uni adiabatik ($dq = 0$) siqishdan boshlanadi (1 va 2 nuqtalar oralig'i).

Sovitish moddolari va ularning to'yinish temperaturalari hamda bosimlari

№	Sovitish agentining nomi va formulasi	1 bar bosimda to'vinish	To'vinish bosimi, bar	
			15°	-10°S
1	Suv bug'i, N20	—99,64	0,017	0,00218.
2	Ammiak, NH3	—33,4	7,28	2,91
3	Karbonat angidrid, SO2	—78,9	50,9	26,4
4	Oltingugurt angidrid	—10,3	2,75	1,015
5	Metil xloridi, CH3CI	—24,0	4,18	1,75
6	Freon	— 30.0	4,9	2.19

The diagram shows a thermodynamic cycle involving two heat engines and a heat pump. On the left, a heat source at temperature T_H provides heat Q_1 to a heat engine (labeled 1). The heat engine's output is connected to a second heat engine (labeled 2) via a vertical pipe containing a valve (labeled 5). The second heat engine rejects heat Q_2 to a heat sink at temperature T_C . A heat pump (labeled 3) is connected to the heat sink, taking heat Q_3 from it and rejecting heat Q_4 back to the heat source. The heat pump is driven by a mechanical input T_D . The heat engine (1) is represented by a cylinder with a piston, and the heat pump (3) is represented by a cylinder with a piston. The heat sink is shown as a reservoir at temperature T_C .



Demak, " $T > T_s$ " ortiqcha issiqlikni sovituvchi, agent kondensator (sovitkich) 4 da issiqlik almashinuv yo'li bilan sovituvchi suvga beradi va o'zgarmas bosim ostida ($R = const$) sovituvchi agentning bug'i to'liq kondensatsiyalanadi. Bu TS diagrammadagi 2—3—4 nuqtalarga mos keladi.

Hosil bo'lgan sovitish agenti kondensatini yana bug'lanish darajasiga yetkazish maqsadida u drossellash ventili 5 dan o'tkaziladi (4—5 nuqtalar

oralig'i). Bug'lanish, darajasiga yetkazilgan sovitish agenti bug'latgichga haydaladi va unda keskin kengayib soviydi. Xosil bo'lgan bu sovuqlik miqdori sovituvchi sho'r suvga uzatiladi. Bu sho'r suv sovitish xonasi temperaturasi pasaytirib, undagi moddalari sovitadi, ya'ni ulardan issiqlik miqdori chiqadi. SHO'r suv tomonidan yutilgan issiqlik bug'latish xonasidagi sovituvchi agentni yana ham kuchliroq bug'lanishini tahminlaydi. Sikl takrorlanadi.

Siklning bajargan ishi $1-2-3-4-5-1$ nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga son qiymati jihatidan teng bo'lib, uni sovitish agentini adiabatik siqishda (1 va 2 nuqtalar oralig'i) entalpiyaning o'zgarishi orqali ifodalash mumkin:

$$A_{ts} = i_2 - i_1 \quad (18.7)$$

bunda i_1 va i_2 — sovitish agentining 1 va 2 nustalaga (18.4-rasm, TSdiagramma) mos keluvchi entalpiyalarining qiymati.

Bug'latkich xonasidagi sovituvchi agentni bug'latish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdori q_2 kattaligi TSdiagrammada joylashgan $5-1-d-c-5$ nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga son qiymati jihatidan teng, ya'ni 1 va 5 nuqtalar entalpiyalari ayirmasi ko'rinishida yozamiz:

$$q_2 = i_1 - i_5 \quad (18.8)$$

qurilma sovitish koeffitsientining sovitish xonasidan chiqqan issiqlik miqdori siklining bajargan ishiga nisbati yoki yuzalar hamda $5-1$ va $1-2$ nuqtalar entalpiyalarining ayirmalarining nisbati ko'rinishida ifodalash mumkin:

$$\xi = \frac{q_2}{A_{ts}} = \frac{\text{yuza } 5-1-d-c-5}{\text{yuza } 1-2-3-4-1} = \frac{i_1 - i_5}{i_2 - i_1} \quad (18.9)$$

Demak, sovitish xonasi 1 dan qancha ko'p miqdorda q_2 issiqlik chissa, kompressorni ishga tushirish uchun shuncha kam ish sarflanadi, natijada mazkur sovitish qurilmasining iqtisodiy samaradorligi katta bo'ladi.

Siklning TSdiagrammasidagi sho'r suv CHIZIG'I T'-T'' bug'lanish chizig'i $2-1$ ga qancha yaqinlashib kelsa, sovitish xonasi 1 dan shuncha ko'p issiqlik miqdori chiqayotganligini bildiradi. Sovitish xonasi 1 dagi temperaturani yanada pasaytirish maqsadida goho qurilmaga qo'shimcha sovitish sistemasi qo'shilishi mumkin. Bunda sistemadan (sovitish xonasi) chiqadigan q_2 ortadi va qurilmaning iqtisodiy samaradorligi ko'tariladi, chunki q_2 ga mos keluvchi yuza $5'-1-d-s'-5'$ kattalashadi.

Yana ham kuchliroq sovitish uchun yuqori darajada drossellash, ya'ni ventilning o'tkazish kanali teshigini kichraytirish usulidan foydalanish kerak. Bunda oz miqdordagi sovitish agenta teshikchadan katta hajmga o'tadi va keskin kengayib soviydi hamda bosimi tushadi (18.3- rasm, TSdiagrammadagi $5''-1'$ nuqtalar oralig'i).

Siqilgan bug' yordamida sovitadigan qurilmadan havo dvigateli o'rniga rostlanadigan drossellovchi ventily qo'llanilgan. Bu bilan qurilmadagi harakatlanuvchi qismlar soni kamaytirilgan va uning ishonchli ishlashi tahminlangan. Iqtisodiy jihatdan mazkur qurilma havo bilan sovitish qurilmasidan qimmatroq hisoblansada, ishonchli ishlashi tahminlangan.

4. Bug' oqimli sovitish qurilmasi.

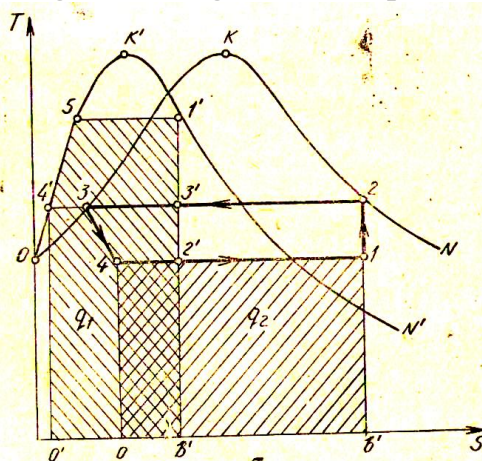
Suv buri asosiy ish jismi sifatida suv oqimli sovitish qurilmalarida ishlatilishi mumkin. Bunday bug' keskin kengayganda sovish g'odidasidan foydalanadi. Agar oddiy suv o'rniga sho'r suvdan foydalanilsa, u holda — $21,4^{\circ}\text{S}$ gacha bo'lgan temperaturani atrof-muhit temperaturasi ga nisbatan tushirish mumkin bo'ladi. Chunki ana shu temperaturada sho'r suv muzlay boshlaydi.

Bug' oqimli sovitish qurilmasi bug' qozoni 1, ejektor (frants. ejecteur, ejecter — otmoq), oqimli nasos 2 (ejektor o'z navbatida Lavalsoplosi 3 va konfuzor-diffuzor 4 dan iborat), kondensator 5, drossellash ventili 6, bug'latkich 7, sovitish xonasi 8, kondensat nasosi 9 dan tashkil topgan (18.4- rasm).

Bug' oqimli sovitish qurilmasining ish sikli quyidagicha: qozon 1 dan bug' oqimi ejektorga oqib kiradi, u yerdan de-Laval soplosi 3 orkali o'tayotganda o'z parametrlarini (bosimi, temperaturasi va hajmini) o'zgartirishi natijasida bug' oqimi zarralarining tezligi tovush tezligidan katta bo'ladi. Bug' bunday kengaygandan so'ng u ejektorning aralashtirgich qismiga bug'latkich 7 dan so'rilgan temperaturasi pastroq bug' bilan birgalikda, konfuzor 4 da adiabatik siqiladi (1—2 nuqtalar oralig'i). Bu siqilgan aralashmaning temperaturasi uning ichki energiyasi hisobiga ortadi. Bunday siqilish xuddi kompressordagiday bo'ladi. Konfuzordan chiqqan aralashma diffuzor 4' da birdan kengayib soviydi. Bu sovish jarayoni kondensatorda davom etadi. Bu jarayon TS diagrammadagi 2—3 nuqtalarga mos keladi. Kondensatning mahlum qismi drossellash ventilida katta hajmga o'tishda kengayib soviydi (3—4 nuqtalar oralig'i) va sovitish xonasi 8 dagi bug'latkich 7 ga o'tadi. O'z navbatida, unda bug'lanib soviydi va sovitish xonasi 8 da joylashgan jismlardagi ortiqcha issiqlik miqdorini yutadi, jismlar esa soviydi. Bug'latkichdagi sovitkichga jismlardagi issiqlik miqdori izotermik keltiriladi va sovituvchi modda (bug') hajmi ortadi (TS diagrammadagi 4—1 nuqtalar oralig'i). Bug' qozonida uzluksiz bug' hosil bo'lishi uchun ejektorga uzatilgan bug' miqdoriga teng bo'lgan kondensat suyuqlik nasosi 9 orqali qozonga haydaladi. Sikl takrorlanadi.

Demak, bug' oqimli sovitish qurilmasi siklidagi termodinamik jarayonlar bitta adiabatik (1—2 nuqtalar oralig'i), ikkita izotermik (2—3 va 4—1 nuqtalar oralig'i) va bitta izoxoradan (3—4 nuqtalar oralig'i) tashkil topgan ekan.

Siklning TS diagrammasidagi OKN chizig'i 1 kg va OK'N' chizig'iesha gkg bug'ga mos keladi. OK'N' egri chiziqdagi 1'—2' nuqtalar oralig'i bug'ning de-Lavalg' soplosidan oqib chiqishiga mos kelsa, 2'—3' nuqtalari oralig'i konfuzor-diffuzorda g'kg bug'ning siqilishini bildiradi. 3'—4' nuqtalarga gkg bug'ning kondensatsiyalanishi to'g'ri keladi. gkg suvning qozonda bug'lanishiga 4'—5'—1'



nuqtalar oralig'i mos keladi.

Sovitishning foydali effekta sovitish xonasidagi jismlardan qancha miqdorda q_2 issiqlikning chiqqanligiga bog'liq va u TSdiagrammadagi $a'-4'-5'-1'-b'-a'$ nuqtalar bilan chegaralangan yuzaga son qiymati jihatidan teng. TS diagrammadagi $a'-4'-5'-1'-b'-a'$ nuqtalar bilan chegaralangan yuza g kg suvni bug'latishga sarf bo'lgan issiqlik miqdoriga son qiymati jihatidan teng.

18.4-rasm. Bug' oqimli sovitish qurilmasi: a – qurilma sxemasi; b – siklning TS diagrammasi

Bug' oqimli sovitish qurilmasining iqtisodiy samaradorligini, nasosga sarflangan ish ehtiborga olinmasa, qurilmadan chiqqan q_2 va unga kiritilgan q_1 issiqlik miqdorlari nisbati, ya'ni issiqlikdan foydalanish ko'effitsienti ko'rinishida ifodalash mumkin:

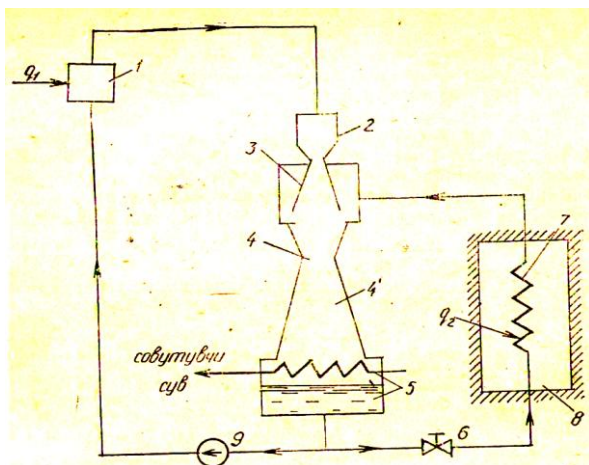
$$\xi = \frac{q_2}{q_1} = \frac{\text{yuza } a-4-1-v-a}{\text{yuza } a^1-4^1-5^1-v^1-a} \quad (18.10)$$

Sikldagi ish moddasi entalpiyalarining o'zgaruvchan ligi uchun ξ ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\xi = \frac{i_1 - i_4}{g(i_1^1 - i_4^1)} \quad (18.11)$$

bunda $i_1 - i_4$ —TS diagrammadagi 1 va 4 nuqtalar entalpiyalari; $i_1^1 - i_4^1$ — bir kg bug'ning (TS diagrammadagi) 1' va 4' nustalari entalpiyalari.

Bug' osimli sovitish surilmasi siklidan shunday xulosa chiqarish mumkinki, termodinamikaning ikkinchi qonuniga muvofiq temperaturalar farqi mavjud bo'lganda foydali ishni olish mumkin ekan. Bu qurilmada temperaturalar farqi qozondagi bug' bilan kondensatordagi suv o'rtasida paydo bo'ladi.



Foydalaniladigan asosiy darsliklar va o'quv qo'llanmalar ro'yxati

1. Zoxidov R.A., Avezov R.R., Vardiyashvili A.B., Alimova M.M. «Issiqlik texnikasining nazariy asoslari» o'q. qo'l., 1 qism, TDTU, 2005
2. Цветков Ф.Ф., Б.А.Григорев «Тепломассообмен», МЭИ, 2001
3. Zoxidov R.A., Alimova M.M., Mavjudova S.X.S. Texnik termodinamika va issiqlik uzatilishi fanidan masalalar to'plami, TDTU, Toshkent, 2006
4. Кудинов В.А., Э.М.Карташов. Техническая термодинамика. -М.: Высшая школа. 2005

5. Alimova M.M., Mavjudova Sh.S., Isaxodjaev X.S., Raximjonov R.T., Umarjonova F.Sh. «Issiqlik texnikasining nazariyasoslari» fanidan tajriba ishlari to'plami. Uslubiy qo'llanma, 1-qism. Toshkent, ToshDTU, 2006.
6. Alimova M.M., Mavjudova Sh.S., Isaxodjaev X.S., Raximjonov R.T., Umarjonova F.Sh. «Issiqlik texnikasining nazariyasoslari» fanidan tajriba ishlari to'plami uslubiy qo'llanmasi. 1-qism. ToshDTU, 2004
7. Полищук Г.С., Гурович Б.М., Тактаева Л.Н., Короли М.А. Сборник лабораторных работ по дисциплине: "Теоретические основы теплотехники". Часть II. ТашГТУ. Ташкент, 2004
8. Koroli M.A., Islomov O.N. Texnika fanlarini o'rganish gazamonaviy yondashuvlar. Metodik ishlanma, Tashkent, TDTU, 2003

Qo'shimcha adabiyotlar

1. Zohidov R.A., Alimova M.M., Mavjudova Sh.S., Isaxodjaev X.S. Issiqlik texnikasi. O'quv qo'llanma, Toshkent. Cho'lpon-2006
2. Андрианова Т.Н. и др. "Сборник задач по технической термодинамике", М.: 2000
3. Под ред. Захаровой А.А. Техническая термодинамика и теплотехника. -М: Академия, 2006
4. Taktaeva L.N., Koroli M.A., Alimova M.M., Mavjudova Sh.S. O'zlashtirish natijalarini baholash uchun test topshiriqlari. Toshkent, TDTU, 2004
5. Тактаева Л.Н., Короли М.А. Тепловой и гидравлический расчеты рекуперативных теплообменных аппаратов. Методическое указание. Ташкент, ТГТУ, 2006
6. Taktaeva L.N., Raximjonov R.T., Alimova M.M., Mavjudova Sh.S. Rekuperativ issiqlik almashinuv apparatlarining issiqlik va gidravlik xisobi. Mustaqil ish uchun uslubiy qo'llanma. TDTU, Tashkent, 2006
7. Koroli M.A., Mavjudova Sh.S. Zamonaviy pedagogik texnologiyalar. Metodik ishlanma, TDTU, Tashkent, 2003
8. Короли М.А. Методическая разработка по самостоятельной работе по дисциплине «Теплотехника», Ташкент, 2006
9. Koroli M.A., Islomov O.N. Talabalarining analitik fikrlashlarini xar tomonlama rivojlantirish uchun muammolar vaziyatlar to'plami, Metodik ishlanma, Tashkent, TDTU, 2003

Xorijiy adabiyotlar

1. Thermodynamik fur Maschinenbauer –Wolfgang Geller- Auflage: 5 — Berlin; Heidelberg: Springer Vieweg, 2015. — XVI, 387 p. — (Springer-Lehrbuch) — ISBN 978-3-662-44960-8; ISBN 978-3-662-44961-5 (eBook).
2. Closed Power Cycles- Costante Mario Invernizzi-Springer London Heidelberg New York Dordrecht, 2013. XVI, 264 p. 146 illus. — ISBN 978-1-4471-5139-5, ISBN 978-1-4471-5140-1 (eBook), DOI 10.1007/978-1-4471-5140-1.

3. Modern Thermodynamics-Dilip Kodepudi, Ilya Prigogine- Second Edition. — John Wiley & Sons, 2015. XXVI, 524 p. — ISBN 978-1-118-37181-7 (pbk.) — (CourseSmart)
4. Fundamentals of Engineering Thermodynamics- Michael J. Moran, Howard N. Shapiro, Daisie D. Boettner — 8th edition. — John Wiley & Sons, 2014. — XIV, 1044 p. — ISBN 978-1-118-41293-04; ISBN 978-1-118-82044-5

Elektron resurslar:

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

