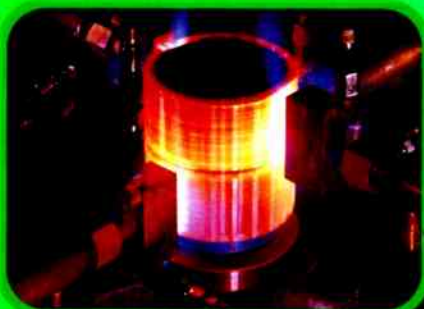


M.N.UMAROVA, Z.K.MADAMINOV

MATERIALLARGA ISSIQLAYIN ISHLOV BERISH JIHOZLARI VA JARAYONLARI (QIZDIRISH QURILMALARI)



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

M.N. UMAROVA, Z.K. MADAMINOV

**MATERIALLARGA
ISSIQLAYIN ISHLOV
BERISH JIHOZLARI VA
JARAYONLARI
(qizdirish qurilmalari)**

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
tomonidan Texnika oliy o'quv yurtlarining
5320100 – Materialshunoslik va yangi materiallar texnologiyasi
(mashinasozlik) yo'nalishi talabalari uchun o'quv qo'llanma
sifatida tavsiya etilgan*

«O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati» nashriyoti
Toshkent – 2019

UO‘K: 621.778.04(075)

KBK: 31.3ya73

U 47

Umarova, M.N.

U 47 Materiallarga issiqlayin ishlov berish jihozlari va jarayonlari (qizdirish qurilmalari) [Matn]: o‘quv qo‘llanma. M.N. Umarova, Z.K. Madaminov. — Toshkent: «O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati» nashriyoti, 2019. — 248 bet.

UO‘K: 621.778.04(075)

KBK: 31.3ya73

Mazkur o‘quv qo‘llanma tarkibi jihatdan quyidagi oltita bo‘limni o‘z ichiga oladi: yonilg‘i va uning yonishi, pech gazlarining mexanikasi asoslari, issiqlik uzatilishi, qizdirish qurilmalari, termik sex jihozlari, issiqlikdan foydalanilganda ekologik muammolar. Shuningdek, o‘quv qo‘llanmani o‘zlashtirish samarasini oshirish maqsadida kurs ishini bajarish uchun ilova hamda foydalanish uchun adabiyotlar ro‘yxati keltirilgan.

Shuningdek o‘quv qo‘llanmada yonilg‘ini yonishini nazariy hisoblash, yonilg‘ining turi, kimyoviy tarkibi keltirilgan.

TAQRIZCHILAR:

Abduraxmonov A.A. — Andijon Mashinasozlik instituti «Texnologik mashinalar va jihozlar» kafedrasida dotsenti, t.f.n.;

Zaparov A.A. — Andijon davlat universiteti dotsenti, texnika fanlari nomzodi.

ISBN 978-9943-6169-6-7

KIRISH

Materiallarga issiqlayin ishlov berish jihozlari va jarayonlari fani issiqlik texnikasidagi issiqlikni olish, o'zgartirish, uzatish va foydalanish hamda issiqlik mashinalarining apparatlari, qurilmalari konstruktiv xususiyatlari, ishlash prinsiplarini o'rganadi.

Issiqlik inson faoliyatining hamma jabhalarida qo'llanadi. Issiqlikni eng ratsional ishlatilishi, issiqlik qurilmalarining ishchi jarayonlarini tejamkorligini taqdim etish hamda bu qurilmalarning yangi tipdagi issiqlik agregatlarini yaratish uchun issiqlik texnikasining nazariy asoslarini ishlab chiqish lozim bo'ladi.

Issiqlikdan foydalanish ikkita turli yo'nalishlarga bo'linadi, energetik va texnologik. Bu yo'nalishlar bir-biridan prinsipial jihatdan farqlanadi.

Energetik yo'nalishi issiqlikdan elektr energiyasi hosil qilish va uni uzatish bilan shug'ullanadi. Issiqlik qozonxonalarda yomilg'ini yondirish yoki bevosita ishchi yonuv dvigatellarida olinadi. Texnologik yo'nalishda issiqlikdan turli jismlarning xossalarini o'zgartirish (eritish, strukturasini o'zgartirish, mexanik, fizikaviy va kimyoviy xossalariga ta'sir etish) uchun foydalaniladi.

Pechlar issiqlik texnikasi — pechlarda yuz beradigan issiqlik texnikasiga oid va ularga qo'shimcha ravishda kechadigan jarayonlarni (yonilg'i yonishi, gazlar harakati va materiallarning holati, issiqlik uzatilishi) hisoblash usullari, turli ishlar uchun mo'ljallangan pechlarning loyihalash prinsiplari, xususan qora va rangli metallurgiyada hamda mashinasozlikda qo'llaniladigan pechlarning konstruksiyalarini o'rganuvchi fan sifatida o'rganiladi.

O'rganilayotgan fan fizika va kimyoviy sikl fanlari: umumiy, fizikaviy, analitik kimyolar bilan chambarchas bog'liq. Lekin fizika va kimyo kurslarida issiqlik uzatish jarayonlari, gazlar harakati va yonish umumiy holda berilsa, ushbu qo'llanmada issiqlik uzatish, gazlar mexanikasi va yonish nazariyasi turli ishlar uchun mo'ljallangan pechlarda ko'rib chiqiladi.

Mamlakatimizdagi yangilanishlar va islohotlarning asosiy yo'nalishi qatorida xalq turmush darajasini yangi mezonlar asosida ko'tarish ham muhim o'rin egallaydi. Respublikaning o'zida tovar-moddiy boyliklarini ishlab chiqarilishi farovonlikning asosiy ta'minlovchi vositasidir. Materiallarga ishlov berishda ularni xossalarini o'zgartirishda qizdirish qurilmalarining o'zni beqiyos. Shuning uchun ushbu qo'llanmada qizdirish qurilmalari haqida ma'lumotlar keltirilgan.

1-bob. YONILG'I VA UNING YONISHI

1.1. Yonilg'ining turlari va tarkibi

Yerdagi issiqlik manbai quyosh bo'lib, uning energiyasi hozirda juda kam miqdorda qo'llaniladi va uning foydalanish quvvatlari yetarli darajada emas. Ko'p miqdorda shamol energiyasi suv harakati energiyasi va atom energiyasidan foydalanish tobora oshib bormoqda. Lekin issiqlik energiyasining 90% ga yaqini olinadigan yonilg'ilar: ko'mir, torf, neft mahsulotlari va tabiiy gazning yonishidan olinadi.

Yonilg'i deb, yonuvchi modda bo'lgan, yonganda katta miqdordagi issiqlik ajratib chiqaruvchi mahsulotga aytiladi. Ajralib chiqqan issiqlik energiyasi energetik, sanoat va issiqlik qurilmalarida ishlatiladi.

Yonilg'idan ajralib chiqqan issiqlikni beruvchi reaksiyalar tipiga qarab yonilg'i organik va yadroviy bo'lishi mumkin.

Organik yonilg'ilardan kimyoviy reaksiyalar natijasida yonilg'ining oksidlanishidan kislorodning bevosita ishlatilishidan, yadroviy reaksiyalarda og'ir elementlarning bo'linishidan (uran, plutoniy) ajralib chiqadigan issiqlikdan foydalaniladi.

2030-yilgacha qilingan bashoratlarga ko'ra organik yonilg'ilar sanoatda issiqlikning asosiy manbasi bo'lib qoladi.

1.1-jadval

XX asr oxiridagi organik yonilg'ining iste'moli

Iste'molchi	Yonilg'i turi		
	Qattiq	Suyuq	Gazsimon
Butun dunyo (mlrd.t.sh.y.)	3.31	4.29	2.66
Jumladan Rossiya mln t.sh.y.	226	232	503

Izoh: SHY-shartli yonilg'i

Yonilg'i agregat holatiga ko'ra qattiq, suyuq va gazsimon, kelib chiqishiga ko'ra — tabiiy va sun'iy larga bo'linadi.

Yonilg'ining tarkibi yonuvchi (C-uglerod, H-vodorod, S-Oltingugurt) va ballast elementlar (N-azot, O-kislorod), kul-A va namlik W dan iborat.

Yonilg'ining elementar tarkibi butun massasiga nisbatan foizlarda beriladi. Shuningdek yonilg'ini ishchi, quruq, yonuvchi va organik massaga ajratiladi.

Hamma elementlarni tarkibida saqlangan yonilg'i – ishchi deb ataladi.

Ishchi, yonuvchi, quruq va organik massalar indekslar bilan belgilanadi. I, Y,Q,O va quyidagicha yoziladi.

$$C^i + H^i + S^i + N^i + O^i + A^i + W^i = 100\%$$

$$C^q + H^q + S^q + N^q + O^q + A^q = 100\%$$

$$C^Y + H^Y + S^Y + N^Y + O^Y = 100\%$$

$$C^o + H^o + S^o + O^o = 100\%$$

1.2-jadval

Organik yonilg'ilarning agregat holati va kelib chiqishi

Agregat holati	Kelib chiqishi	
	Tabiiy	Sun'iy
Qattiq	O'tin, torf, qo'ng'ir va toshko'mir, antratsit, yonuvchi slanetslar	Pista ko'mir, yarim koks, ko'mir va torf briketlar
Suyuq	Neft	Benzin, kerosin, reaktiv, dizel yonilg'isi, mazut smolalar
Gazsimon	Tabiiy gaz	Gazlar: koks, generator domna, yarim koks gazi va boshqalar

C – uglerod, issiqlikning asosiy eltuvchisi bo'lib, 1 kg uglerod yonganda 34 000 kDj issiqlik ajralib chiqadi. Mazutda uglerod miqdori 85% gacha bo'lishi mumkin. Uglerod vodorod va yonilg'ining boshqa elementlari bilan organik birikmalar hosil qilishi mumkin.

H – vodorod, yonilg'ining ikkinchi muhim elementi hisoblanadi. 1 kg vodorod yonganda 125 500 kDj issiqlik ajralib chiqadi,

ya'ni uglerod yonishidan 4 barobar ko'p. Suyuq yonilg'ida vodorod miqdori 10÷11% bo'ladi.

1.3-jadvalda tarkibidan biridan ikkilamchisiga o'tkazish koefitsientlari keltirilgan.

1.3-jadval

Berilgan yonilg'i massasi	Hisoblanayotgan yonilg'i massasi			
	Organik	Yonuvchi	Quruq	Ishchi
Organik	1	$\frac{100 - S^E}{100}$	$\frac{100 - S^Q + A}{100}$	$\frac{100 - (S + A^Q)}{100}$
Yonuvchi	$\frac{100}{(100 - S^Q + A^{Q+W^Q})}$	$\frac{100}{100 - (A^{Q+W})^Q}$	$\frac{100}{100 - W^E}$	1
Ishchi	$\frac{100}{100 - S^E}$	1	$\frac{100}{100 - A^E}$	$\frac{100 - W^E}{100}$
Quruq				

S – oltingugurt, odatda uglevodorodlar tarkibiga kiradi (4% gacha va undan ortiq). Uning yonishidan ko'p miqdorda issiqlik ajralib chiqadi, lekin oltingugurtning yonilg'i tarkibida bo'lishi salbiy ta'sirlarga ega. Oltingugurt yonishidan hosil bo'lgan mahsulotlar pech qurilmalariga salbiy ta'sir etib, yonishini tezlashtiradi, qizdirilayotgan mahsulot sifatini buzadi, atmosferani ifloslantiradi.

■ **Organik oltingugurt** S_0 – Oltingugurt yonilg'isining boshqa elementlar bilan birikmalari.

■ **Kolchedan oltingugurti** S_k – FeS_2 .

■ **Sulfat oltingugurti** S_c – $FeSO_4$, $CaSO_4$...

N va O – azot va kislorod, yonilg'i tarkibida oz miqdorlarda bo'lib kamdan kam hollarda 3% ko'p bo'ladi. Yonmaydigan elementlar (yonilg'i ballasti) hisoblanib, murakkab organik kislotalar va fenollar tarkibida bo'ladi.

W — yonilg'ining namligi uchi xil ko'rinishga ega:

■ **Tashqi namlik** — tabiiy quritish jarayonida, qizdirilmagan holda yo'qotiladi — W_{VN} .

■ **Gidroskopik namlik** — W_G , tabiiy quritishdan keyin yonilg'i tarkibida qoladi, 105°C dan yuqori temperaturada quritilgan yonilg'i absolyut quruq yonilg'i hosil bo'ladi va ulardan W_{VN} va W_G yo'qotilgan.

■ **Pirogenetik namlik (quruq parchalanish namligi)** — kislorod va vodorodning birikishidan hosil bo'ladi.

Namlik — yonilg'ining keraksiz tarkibiy qismi bo'lib, uni yo'qotish uchun ko'p issiqlik sarf etish kerak bo'ladi.

A — yonilg'i kuli, keraksiz qism.

■ Mineral qo'shimchalar (CaO , Al_2O_3 , $MgO...$) yonilg'ining yonuvchi qismini kamaytiradi.

■ Kul bilan birga yonilg'ining zarrachalari ham chiqib ketadi.

■ Kulni qizdirish uchun ham yonilg'i sarfi bo'ladi.

■ Kulni chiqarish yo'nalishl pechning yondirish moslamasi-ning ishini murakkablashtiradi.

1.2. Suyuq yonilg'ining tasniflanishi

Qizdirish qurilmalarida qattiq yonilg'i deyarli ishlatilmaydi. Tabiiy neftni ishlatish iqtisodiy nuqtayi nazardan foydasiz, uning quruq haydash bilan qimmatbaho mahsulotlar: benzin, kerosin va boshqalar. Qizdirish qurilmalarida asosan mazut ishlatiladi. Mazutning elementar tarkibi o'rtacha

86% C, ~ 13% H, ~ 1,5% (N+O)ga teng.

Suyuq yonilg'ining sifati uning tarkibi issiqlik yaratish imkoniyati, chaqnash va yonish temperaturasi qotib qohish temperaturasi, qovushqoqligi, oltingugurtning miqdori, namligi va kul hosil qilishi bilan baholanadi.

Chaqnash temperaturasi — mazut bug'larining havo bilan birikandagi yonish temperaturasiga aytiladi.

Yonish temperaturasi deb, yetarli darajadagi mazut bug'lanishdan to'xtovsiz yonish temperaturasiga aytiladi.

Qotib qolish temperaturasi deb, mazutning qovushqoqligi kamayib ketib qoladigan temperaturaga aytiladi, bu ko'p jihatdan yonilg'i tarkibidagi parafin bilan belgilanadi.

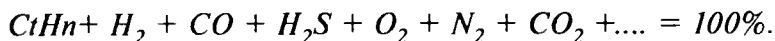
Qovushqoqlik yonilg'ining ichki ishqalanish kuchlarining ko'rsatkichi hisoblanadi va suyuqlikning zarralarining nisbiy harakatidan kelib chiqqan va suyuqlik molekulalarining ayrim-larining bir-biri bilan bog'lanishlariga bog'liq.

Qovushqoqlik, bir miqdor yonilg'ining vaqti ichida ma'lum teshikdan oqib tushish tezligiga nisbati bilan o'lchanadi.

Pribor — viskozimetr. Mazut yonishi uchun yaxshi changlanishi lozim bo'lib, buning uchun uning qovushqoqligi kam bo'lishi kerak. Mazutning namligi 1÷2%, kul miqdori foizning yuzdan va mingdan ulushlariga teng. Hozirgi vaqtda neft zaxiralarining qisqarishi va uning qazib chiqarilishining qimmatlashuvi iqtisodiy jihatdan foydasiz bo'lib qoladi.

1.3. Gazsimon yonilg'i

Gazsimon yonilg'i yonuvchi va yonmaydigan gazlar aralashmasidir. Yonuvchi qism uglevodorodlar C_nH_n , vodorod H_2 , uglerod oksidi CO va vodorod oltingugurti (H_2S)dan iborat. Yonmaydigan gazlar tarkibiga N_2 va kislorod O_2 kiradi. Yonuvchi gazning tarkibi hajmiy miqdorlarda beriladi va umumiy ko'rinishi quyidagicha bo'ladi :



Tabiiy va sun'iy gazlar tarkibi turlicha. Tabiiy gaz metanning yuqori darajadagi qismi bilan tavsiflanadi 93÷98% gacha, hamda oz miqdordagi boshqa uglevodorodlar: etan (C_2H_6), propan (C_3H_8), butan (C_4H_{10}), etilen (C_2H_4) va propilen (C_3H_6). $1m^3$ CH_4 metan yonishida 35800 kDj kesiklik ajralib chiqadi. (C_2H_4) — etilen 59000 kDj issiqlik ajralib chiqadi. Koks gazida 50–60% gacha H_2 vodoroddan tashkil topgan va 14,5 barobar havodan yengil. $1m^3$ H_2 yonishidan 108000 kDj isiqlik ajralib chiqadi. Odatda yonuvchi gazlar oz miqdorda vodorodga ega bo'ladilar.

Domna gazi tarkibida 30% va undan ko'p miqdorda is gazi CO bo'lishi mumkin. 1m^3 CO dan 12770 kDj issiqlik ajralib chiqadi. Ushbu gaz rangsiz, hidsiz va o'ta zaharli hisoblanadi 0,5% CO gazi bilan nafas olganda 5–6 minutda o'limga olib borishi mumkin.

Ba'zi bir gazlar tarkibida oltingugurt vodorodi H_2S – og'ir gaz, yoqimsiz hidli yuqori toksikaviy gaz. H_2S gazi pechning metall qismlarini va gaz quvurlarini korroziyasini keltirib chiqarishi mumkin, korroziyaming borishini gazda kislorod va namlikning bo'lishi yanada kuchaytiradi. H_2S gazining 1m^3 ning yonishidan 23400 kDj issiqlik ajralib chiqadi.

Qolgan gazlar $\text{O}_2 + \text{N}_2 + \text{CO}_2$ va suv bug'lari W yonilg'i ballasti hisoblanadi. Ularning yonilg'i tarkibida bo'lishi yonilg'ining yonish temperaturasi kamaytiradi. Yonilg'i tarkibida 0,5% O_2 kislorod bo'lishi mehnat muhofazasi jihatdan havfli hisoblanadi. Sun'iy gazlar tarkibida yonuvchi gazlar (vodorod va uglerod oksidi) 25÷45% gacha bo'lib, ballastda azot va uglekislota ko'proq bo'ladi 55÷75% gacha. Gazlardagi chang, qurum, smola miqdori, ba'zida namlik g/m^3 da beriladi. Namlikning miqdori uning temperaturasi bog'liq.

Gazlarda namlikning temperaturaga bog'liqligi jadvalda keltirilgan.

1.4-jadval

t, °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80
g, g/m^3	4.8	9.8	18.9	35.1	63.1	111.4	196	361	716

1 g/mol H_2O $22.4 \times 10^{-3}\text{m}^3$ tashkil etadi.

Belgilaymiz:

$\text{H}_2\text{O}^{\text{v.g}}$ – nam yonilg'ida namlik miqdori

$g_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{v.g}}$ – namlikning massasi.

Gramm-mol suvning og'irligi 18 g. 1m^3 dagi gaz takibidagi namligini aniqlaymiz.

$$g_{H_2O}^{v.g} = \frac{18}{22.4 \times 10^{-3}} \times \frac{H_2O}{100} = 8.036 H_2O, \text{g/m}^3. \quad (1)$$

Quruq gazlarga nisbatan suv bug'ining massasi:

$$g_{H_2O}^{s.g} = g_{H_2O}^{v.g} \frac{100}{100 - H_2O} = \frac{803.6}{\frac{100}{H_2O} - 1}, \text{g/m}^3. \quad (2)$$

$$H_2O^{v.g} = \frac{g_{H_2O}^{v.g}}{8.036}, \% \quad (1)$$

agar $g_{H_2O}^{v.g}$ yoki formula

$$H_2O^{v.g} = \frac{100 g_{H_2O}^{s.g}}{8.036 + g_{H_2O}^{s.g}}, \% \quad (2)$$

agar $g_{H_2O}^{v.g}$ ma'lum bo'lsa

Suv bug'larini hajmini bilib, nam gaz tarkibini hisoblash mumkin

$$X^{v.g} = K \times X^{s.g}$$

Bu yerda: $X^{v.g}$ va $X^{s.g}$ — masalan metan gazining quruq va nam gazlardagi ko'rinishi; K — to'g'rilovchi koeffitsient.

$$K = \frac{100 - H_2O^{v.g}}{100}$$

1.4. Yonilg'ining yonishini hisoblash

Yonilg'ining yonishi — yonilg'ining elementlarining oksidlovchi bilan birikish kimyoviy reaksiyalarning yuqori temperaturadagi ko'rinishi bo'lib, intensiv ravishda issiqlik ajralib chiqi-

shi bilan kechadi. Oksidlovchi sifatida kisloroddan foydalaniladi. Yonish jarayonini 2 ta guruhga ajratiladi:

■ **gomogen** yonish – gazsimon yonilg‘ilarni («gaz + gaz» tizimi bilan tasniflanadi)

■ **geterogen** yonish – qattiq va suyuq yonilg‘ilarni yonishi (qattiq jism + gaz, yoki «suyuqlik + gaz» tizimi) bilan tasniflanadi.

Yonish jarayoni turli tezlik bilan sekin yonishdan shu onda yonish bilan kechishi mumkin. Sekin yonish – qattiq yonilg‘ining o‘z-o‘zidan, omborlarda saqlanganda, yonishidir. Shu onda yonish – portlash hisoblanadi. Issiqlik energiyasi qurilmalarida shunday yonish tezligi ahamiyatga egaki, bunda bir tekisda yonish, ya’ni davomiy ravishda yonish zonasiga yonilg‘i va oksidlovchi yetkazib berish lozim. Bunda yonilg‘i va oksidlovchining konsentratsiyasi bir maromda bo‘lishi kerak. Maromning buzilishi (to‘la aralashma, to‘liqsiz aralashma) reaksiya tezligi kamayadi va hajm birligida issiqlik ajralib chiqishi kamayadi.

Yonish – bu asosan kimyoviy jarayondir. Ya’ni uning kechishi natijasida birikuvchi massalarning diffuzion ko‘chishi va boshqalar ro‘y beradi. Yonilg‘ining yonish vaqti fizikaviy (t_{fiz}) va (t_{xim}) kimyoviy jarayonlarning kechish vaqtidan tashkil topadi

$$I_{yonish} = t_{fiz} + t_{xim}$$

Fizikaviy jarayonlar kechish vaqti, yonilg‘ining oksidlovchi bilan aralashish vaqti (t_{sm}), va yonilg‘ining (havoli aralashma) yonish temperaturasigacha qizdirish (t_H) vaqtidan tashkil topgan:

$$t_{fiz} = t_{sm} + t_H$$

Yonish vaqti (t_{gor}) eng sekin tezlikli jarayon bilan aniqlanadi.

Suyuq yonilg‘ini yonishi

Issiqlik energetikasi va sanoat issiqlik texnikasida qo‘llaniladigan asosiy yonilg‘i mazut hisoblanadi. Quvvati katta bo‘lmagan qurilmalarda texnik kerosinning smolalar bilan aralashmasidan foydalaniladi. Yonishning eng ko‘p tarqalgan usuli changlatilgan

holatdagi yonish hisoblanadi. Ushbu usul yonishni tezlashtiradi, yonilg'ining oksidlanuvchi bilan kompakt maydon sirtini oshirish yuqori issiqlik kuchlanishlarini hosil qilish imkonini beradi. Suyuq yonilg'ining yonish jarayoni quyidagi bosqichiardan iborat.

- Yonilg'ini qizdirish va bug'latish;
- Yonuvchi aralashmani tayyorlash;
- Tashqi manbadan yonuvchi aralashmani yonishi (uchqun, qizigan spiral va h.k)
- Aralashmaning o'zini yonishi.

Gazsimon yonilg'ini yonishi

Gaz va havo aralashmasining yonib ketish minimal temperaturasi — yonishi temperaturasi deb ataladi. Turli gazlar uchun bu ko'rsatkich turlicha bo'lib, yonuvchi gazlarning issiqlik fizikaviy xossalariga, aralashmadagi gazning miqdoriga, yondirish sharoitlari, issiqlikni har bir konkret moslamalarning uzatishiga bog'liq. Yonuvchi gaz aralashmasi mash'alada yonadi. Mash'alada yonishining 2-xil usulini ajratiladi — kinetik va diffuzion.

Kinetik yondirishda yonuvchi gaz oksidlovchi bilan aralashadi. Gaz va oksidlovchi (havo tarkibidagi kislorod) gorelkaning aralashtiruvchi moslamasiga uzatiladi. Gazning yonish hajmiga havodan tashqari uzatiladi. Yonish tezligi gazning havo bilan aralash tezligiga bog'liq $v_{gor} = v_{fiz}$. Bundan tashqari (diffuzion-kinetik) yonish ham mavjud. Bunda gaz birmuncha hajm havo bilan aralashib, olingan aralashma ishchi bo'shliqqa uzatiladi va havoning qolgan qismi bilan aralashadi.

1.4.1. Yonilg'ini yonishi uchun havo sarfi

Yonilg'ining yonuvchi moddasi havodagi kislorod bilan muayyan miqdorda aralashadi. Kislorodning sarfi va yonish mahsulotlarining miqdorini yonishning stexiometrik tenglamalari bilan hisoblanib, 1 kg mol yonuvchi uchun yoziladi. Yonishning borishida $O_2 - 21$, $N_2 - 79\%$ deb qabul qilingan. Bu yerdan

$K= 3,76$ (79:21). Suyuq yonilg'ining to'la yonishida quruq havo qo'llanilish reaksiyasi quyidagicha tarkibga ega:

$$C^P + H^P + S^P + N^P + A^P + W^P = 100\%$$

va quyidagicha ko'rinishga ega:

$$C + O_2 + kN_2 = CO_2 + kN_2 + Q_1,$$

$$S + O_2 + kN_2 = SO_2 + kN_2 + Q_2,$$

$$2H_2 + O_2 + kN_2 = 2H_2O + kN_2 + Q_3.$$

1 k*mol uglerodning yonishi uchun 1 k*mol kislorod – 22.4 m³ hajmda sarf bo'ladi, 1 kg uglerodning yonishi uchun sarf bo'ladigan kislorod – $22.4/12 = 1.867$ m³/kg. Oltingugurt uchun – $22.4/32 = 0.7$ m³/kg, vodorod uchun – $22.4/2 \times 2 = 5.6$ m³/kg. Yonilg'ining o'zida ham kislorod borligini inobatga olib:

$$V_{O_2}^{mon} = \frac{22,4}{32} O^P.$$

1 kg suyuq yonilg'iga sarf bo'ladigan kislorod hajmini aniqlaymiz (yonilg'i kislorodini ham inobatga olgan holda):

$$V_{O_2}^{havo} = 0.01(1.867C^P + 5.6H^P + 0.7S^P - 0.7O^P), \text{ m}^3.$$

Bu ifodada yonilg'i tarkibi foizda (%) beriladi. Kislorodning m³/kg ko'rinish hosil qilishi uchun ifoda oldiga 0,01 ko'paytiruvchi qo'yiladi.

1 kg yonilg'i uchun quruq havoning nazariy sarfi

$$L_O = (1+k)V_{O_2}, \text{ m}^3.$$

Agar yonish jarayonida nam havo qo'llanilsa unda havoning namlik hajmi: m³.

$$V_{H_2O}^{havo} = \frac{22.4g}{18 \times 1000} \cdot g_{H_2O}^{Q.X} = 0.00124 g_{H_2O}^{Q.X}$$

Nam havoning nazariy sarfi

$$L_O^{V.V} = (1 + 0.00124 \cdot g_{H_2O}^{C.V}) L_O \text{ m}^3. \quad (1.1)$$

Gazsimon yonilg'i uchun kislorod sarfi, yonuvchi komponentlarining hajmiy qismlari uchun stexiometrik reaksiyalarni qo'llagan holda hisoblanadi. Umumiy holatda gazsimon yonilg'i tarkibi :

$$C_m H_n + CO + H_2 + H_2S + CO_2 + SO_2 + O_2 + N_2 + \dots = 100\%.$$

Yonishning to'la tenglamasini keltiramiz:

$$C_m H_n + (m+n/4) (O_2 + kN_2) = m CO_2 + n/2 H_2O + (m+n/4) kN_2 + Q_1,$$

$$CO + 0.5 (O_2 + kN_2) = CO_2 + 0.5kN_2 + Q_2,$$

$$H_2 + 0.5 (O_2 + kN_2) = H_2O + 0.5kN_2 + Q_3,$$

$$H_2S + 1.5(O_2 + kN_2) = H_2O + SO_2 + 1.5kN_2 + Q_4.$$

Yonilg'i birligining yonishi uchun zarur bo'lgan kislorod sarfi:

$$V_{O_2} = 0.01 \left[0.5 (CO + H_2 + 3H_2S) + \left(m + \frac{n}{4} \right) C_m H_n - O_2 \right], m^3.$$

1 m³ yonilg'i yonishi uchun quruq havo sarfi:

$$L_O = (1+k)V_{O_2}, m^3.$$

Nam havo nazariy sarfi:

$$L_O^{v.v} = (1+k)(1+0.00124 \cdot q_{H_2O}^{c.v})V_{O_2}, m^3. \quad (1.2)$$

(1.1) va (1.2) formulalarda keltirilgan havo sarfini nazariy zarur deb ataymiz, ya'ni $L_O^{v.v}$ – bu to'la yonishni ta'minlovchi minimal miqdordagi havo hajmi bo'lib, 1 kg (1 m³) yonilg'i uchun kerak bo'lgan havo miqdoridir. Ushbu shartda yonilg'idagi havo bilan uzatilgan kislorod to'la yonadi. Real sharoitlarda texnik qiyinchiliklar bois oksidlovchining mahalliy yonmasligi yoki ortiqchaligi seziladi, natijada yonilg'ining to'la yonishi yomonlashadi. Shuning uchun havo hajmi nazariy hisoblangandan ko'proq miqdorda uzatiladi. Haqiqiy havo sarfining nazariy sarfiga nisbati havo sarfining koeffitsienti deb nomlanadi.

$$\alpha = \frac{L_a}{L_0} \text{ yoki } L_a = \alpha \cdot L_0.$$

α – yonilg'i turi yondirish moslamasining konstruksiyasiga gaz va havoning qizdirish temperaturasi bog'liq bo'lgan katalik hisoblanadi. Havo sarfi koeffitsienti optimal bo'lishi lozim, agar $\alpha > \alpha_{opt}$, unda havo sarfi ko'payib ketadi. Yonish mahsulotlarining sarfi ham oshib ketadi. Ularning gaz uzatish tizimida harakatlantirish uchun qo'shimcha energiya sarflari lozim bo'ladi. Chiqib ketayotgan gazlar bilan issiqlik ham chiqib ketib, temperatura pasayadi. Agar $\alpha < \alpha_{opt}$ tengsizlik ko'rinishga ega bo'lsa to'la yonish bo'lmaydi (gazlarda – CO, H₂, CH₄). Yuqori temperaturalarda yonish mahsulotlarining ba'zilar dissotsiatsiyalanadi (CO₂ → CO + O). To'la yonishda yonish mahsulotlarida CO, H₂O_{par}, SO₂, N₂ kabi mahsulotlar ham bo'ladi.

1.5-jadval

Havo sarfi koeffitsientini tanlash

Yonilg'i	Yonilg'ini yondirish moslamasi	α	$\frac{q_3}{Q_H^p} 100\%$
Domna va generator gazi, koks-domna, tabiiy gaz	Uzun mash'alali gorelkalar *	1.15 – 1.30	2 – 3
Gazsimon yonilg'ilarning hamma turlari	Kalta mash'alali gorelkalar **	1.05 – 1.15	1 – 2
Mazut, smola	Forsunkalar ***	1.15 – 1.35	2 – 3

*Havo sarfini koeffitsientini kichik miqdori, gorelka va forsunkalar uchun(α), yonilg'ining yaxshi aralashishida qo'llash kerak.

**Termik pechlarda kalta mash'alali gorelkaning yo'nalishi devorga kubbaga va metalga issiqlik uzatishning bilvosita o'tkazish yoki yonilg'ini to'la yonishini ta'minlanishi lozim. Gazlarni pech ishchi bo'shlig'iga kirishdan oldin bu ish bajarilishi kerak.

*** Termik pechlarda mazut ishchi bo'shliqdan ayrim joyda yondirilishi kerak.

1.4.2. Yonish mahsulotlarining tarkibi va miqdori

Gazsimon yonilg'i – yonish mahsulotlarining tarkibi va miqdori:

Yonilg'ining to'la yonish tenglamalarida $RO_2=(CO_2+SO_2)$, suv bug'i va azot borligi ma'lum.

$$V_{RO_2}=0.01(tCtHn+CH_4+CO+SO_2+H_2S+CO_2)$$

Suv bug'i uglevodorodlar yonishidan hosil bo'ladi. Yana uglevodorod va oltingugurt vodorodi yonishi qo'shiladi. Yonish mahsulotlariga havo va gazning namligi qo'shiladi.

$$V_{H_2O}=0.01\left[\frac{n}{2}CtHn+H_2+H_2S+0.124\left(g^{s.g}+g^{s.v}L_0\right)\right]$$

Azot hajmi (gazdagi azot va tutun gaziga o'tgan havo azoti)

$$V_{N_2}=0.01N_2+kV_{O_2}m^3.$$

Unda, $\alpha=1$ da yonish mahsulotlarining namligi

$$V_o^{v.d.}=V_{RO_2}+V_{H_2O}+V_{N_2}$$

Agar $\alpha>1$ bo'lsa, unda yonish mahsulotlarida ortiqcha O_2 , N_2 va H_2O bo'ladi.

$$V_{\alpha}^{v.d.}=V_o^{v.d.}+(\alpha-1)V_{O_2}+k(\alpha-1)V_{O_2}+0.00124g_{H_2O}^{c.v}(1+K)(\alpha-1)V_{O_2}$$

Suyuq yonilg'ining yonish mahsulotlari tarkibi va miqdori

Mazutning yonish reaksiyalaridagi, to'la yonish mahsulotlarida $RO_2=(CO_2+SO_2)$, suv bug'i va azot qatnashadi. 1 k*mol S yonishidan 1 k*mol SO_2 hosil bo'ladi va uning hajmi 22.4 m³ ga teng. Shuning uchun 1 kg C – uglerodning yonishidan

$$\frac{22.4}{12}=1.867m^3CO_2 \text{ hosil bo'ladi.}$$

1 kg S – oltingugurtning yonishidan – 0.7 m³ SO₂ gaz hosil bo‘ladi. (22.4/32). Unda gazlarning umumiy hajmi:

$$V_{RO_2} = 0.01(1.867C^P + 0.7S^P), m^3.$$

Yonish mahsulotlaridagi namlikni aniqlaymiz. Namlik yonilg‘i va havodan olib kiriladi (suv bug‘i – WP, 1 kg mazut changlatilishi uchun 1,24 m³ bug‘ sarf bo‘ladi). (22.4/18). Agar havo tarkibidagi 1m³ bug‘ bo‘lsa unda namlik miqdori, havo bilan olib kirilgan:

Hajmi:

$$V_{H_2O}^{havo} = \frac{22.4g}{18 \times 1000} (1 + k) V_{O_2} = 0.00124(1 + k)gV_{O_2}, m^3.$$

Yonilg‘i bilan olib kirilgan namlik

$$V_{H_2O}^{mon} = 0.01 \left[1.24 (W^P + W^F) \right]$$

H₂ – vodorod yonishidan 2 mol H₂O hosil bo‘ladi. 1 kg H₂ dan $\frac{2 \times 22.4}{2 \times 2} = 11.2$ litr bug‘ hosil bo‘ladi. Yonish mahsulotlarida jami miqdori

$$V_{H_2O} = 0.01 \left[11.2H^P + 1.24(W^P + W^F) + 0.124g(1 + k)V_{O_2} \right], m^3/kg.$$

RO₂ va H₂O dan tashqari yonish mahsulotlarida N₂ azot ham mavjud. Azot yonilg‘i va havo bilan olib kiriladi:

$$V_{N_2}^{mon} = 0.01 \times \frac{22.4}{28} N^P = 0.01 \times 0.8 N^P, V_{N_2}^{havo} = k V_{O_2}.$$

Yonish mahsulotlaridagi azot hajmi:

$$V_{N_2} = 0.01 \times 0.8 N^P + k V_{O_2}.$$

Unda nam yonish mahsulotlari hajmi, $\alpha = 1$ da

$$V_O^{v,d} = V_{RO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2}$$

Nam yonish mahsulotlarining $\alpha > 1$ da O_2 , N_2 va H_2O ortiqcha kirishi natijasida hajmi oshadi

$$V_\alpha^{v,d} = V_0^{v,d} + (\alpha - 1)V_{O_2} + k(\alpha - 1)V_{O_2} + \\ + 0.00124 g_{H_2O}^v (1 + K)(\alpha - 1)V_{O_2}.$$

1.4.3. Yonilg'ining yonish issiqligi

Turli xil yonilg'ining asosiy tavsiflanishlaridan biri yonish issiqligi hisoblanadi, ya'ni issiqlikning, yonilg'ining massasini hajm birligining to'la yonishidan hosil bo'ladigan miqdori hisoblanadi. To'la yonish deb yonilg'i komponentlarining C, H va S kislorod bilan oksidlanadi. Yonish issiqligi, normal sharoitlarda qattiq va suyuq yonilg'ini 1 kg, gaz yonilg'ini 1 m³ yonishidan hosil bo'lgan issiqlikka aytiladi. Yonish issiqligini past Q_p^n va yuqori Q_p^v bo'lishini ajratadilar. Yuqori issiqlik Q_p^v tarkibiga suv bug'lanishlarining kondensatsiyalanganligidan hosil bo'lgan yonish mahsulotlari tarkibida bo'lgan suvning N^R , yonilg'ining W^R namligi yonish mahsulotlariga o'tishi hisoblanadi. Yonish mahsulotlariga havoning namligi ham o'tadi, lekin u inobatga olinmaydi. H^P vodorod yonishidan $9H^P$ kg namlik hosil bo'ladi. Yonish mahsulotlari tarkibida $(9H^P + W^P)$ kg namlik hosil bo'ladi. 1 kg namlikni bug'ga aylanishi uchun 2500 kDj issiqlik sarf bo'ladi. Agar suv bug'lari kondensatsiyalanmasa, unda namlikni bug'lantirish uchun ketadigan issiqlik sarf bo'lmaydi. Unda biz past issiqlikni qabul qilamiz. Odatda shunday bo'ladi. Shuning uchun yonilg'ining asosiy xarakteristikasi bu Q_p^n past issiq miqdori hisoblanadi. Yonish issiqligi yonilg'ining har qanday massasiga taalluqli bo'lishi mumkin, lekin asosan ishchi massaga taalluqli bo'ladi.

$$Q_H^P = Q_v^P - 25(9H^P - W^P), \text{ kDj/kg.}$$

Ma'lum elementar tarkibi qattiq va suyuq yonilg'ining yonish issiqlik miqdori D.I. Mendeleyev tomonidan tavsiya etilgan empirik formula yordamida aniqlanadi:

$$Q_H^p = 340C^p + 1035H^p - 109(O^p - S^p) - 25W^p, \text{ kDj/kg.}$$

Quruq gazning yonish issiqligini hajmiy tarkib bo'yicha va komponentlarning ma'lum yonish issiqligi bo'yicha aniqlanadi.

$$Q_H^p = 358CN_4 + 640C_2H_6 + 915C_3H_8 + 1190C_4H_{10} + \\ + 1465C_5H_{12} + 127CO + 108H_2 + 234H_2S, \text{ kDj/m}^3.$$

Agar gaz tarkibiga noma'lum uglevodorodlar kirs (metan tarkibi aniq sharti bilan), unda uglevodorodning hajmini tarkibidagi etan hisobida olinadi. C_2H_4 turli xil yonilg'ilarni solishtirish uchun shartli yonilg'i tushunchasi kiritilgan bo'lib, uning yonish issiqligi 29300 kDj/kg deb belgilangan.

Har bir yonilg'ining Q_n^p past issiqlik yaratish imkoniyatining shartli yonilg'i issiqligiga nisbati ashyo – yonilg'i ekvivalenti deb hisoblanadi. E – unda haqiqiy yonishning sarfini V_n shartli yonilg'iga o'tkazish uchun V_n ekvivalent E ga ko'paytirish bilan topiladi.

$$V_{u,t} = V_{u,t} \times E = V_{u,t} \times (Q_H^p / Q_{u,t}).$$

1.4.4. Yonilg'ining yonish temperaturasini hisoblash

Yonishning nazariy temperaturasi – havoning yetarli darajada bo'lganida yonish mahsulotlarining eng baland temperaturasi bo'lib, kimyoviy jihatdan havoning yetmasligi inobatga olingan.

$$T_o = \frac{Q_H^p + q_m + q_v - q_{3dis}}{C_O \times V_\alpha}, \text{ grad.}$$

Bu yerda:

q_t – yonilg'i birligining fizikaviy issiqligi, kDj/kg(m^3);

q_v – yonilg'i birligining yonishiga sarf bo'ladigan havoning fizikaviy issiqligi

q_{3dis} – uglerod ikki oksidi va havo bug'i dissotsiatsiyasiga sarf natijasidagi issiqlik yo'qotishlari;

V_{α} – yonish mahsulotlarining hajmi, m^3 ;

C_o' – yonish mahsulotlarining temperaturalar intervalidagi o'rtacha issiqlik sig'imi $\frac{kDj}{m^3 \cdot ^\circ C}$

Tenglamada ikkita noma'lum $C_o' = f(t_o)$, hisoblarni yengillash-tirish uchun uni o'zgartiriladi.

$$T_o C_o' = \frac{Q_H^P + q_m + q_v - q_{3dis}}{V_{\alpha}} = \frac{Q_H^P}{V_{\alpha}} + \frac{q_m}{V_{\alpha}} + \frac{q_v}{V_{\alpha}} - \frac{q_{3dis}}{V_{\alpha}}.$$

Yonish mahsulotlarining issiqlik sig'imi.

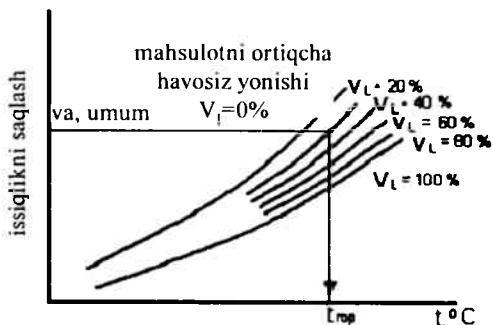
$$i = i_x + i_m + i_v - i_{dis},$$

$$i + i_{dis} = i_x + i_m + i_v = i_{umum}.$$

Ma'lum issiqlik sig'imi bo'yicha ($i-t$) diagrammalar yordami-da yonish harorati aniqlanadi (11-rasm).

Ortiqcha havoning miqdori $V_L = \frac{L_{\alpha} - L_o}{V_{\alpha}} \times 100\%$. Amaliy

harorat $t_n = \eta \times t_o$, bu yerda η – pirometrik koeffitsient (empirik kattalik).



1.1-rasm.

2-bob. PECH GAZLARINING MEXANIKASI

Pechlarning normal ekspluatatsiyasi uchun minimal sarflar bilan pechning ichiga kerakli miqdordan yonilg'i yetkazib uning ichidan yonish mahsulotlarini chiqarish kerak bo'ladi. Bu issiqlik (o'tkazish) almashinuvining xarakteriga monand, gazlarning oqimiga bog'liq.

Pech ichidagi balandlikning turlicha bo'lgani sabab ozod yoki gazning tabiiy harakati deb nomlash mumkin.

Tashqi ta'sir namunasidagi (ventilyatorlar, forsunka, gorelkalari) gaz oqimining harakati majburiy yoki sun'iy deb nomlanadi.

Qizdirish pechlarining gaz qismida bosim 0 yoki birmuncha ko'proq bosimda ushlab turiladi. Agar pech ichidagi bosim tashqi muhit bosimidan past bo'lsa sovuq havo so'rilib pechni sovitishga va qizdirilayotgan pechlardagi metalning oksidlanishiga olib keladi. Agar bosim pech ichida ancha baland bo'lsa, pech tutab mehnat sharoitlarini yomonlashuviga olib keladi.

Gidravlikaning ko'p qonunlari suyuqliklarning harakati to'g'risidagi fanning, nazariya va amaliyotda tasdiqlangan. U pech gazlarining pech ichidagi harakatiga mos tushadi. Metalning qizish tezligi va yakuniy qizish haroratiga ta'sir etadigan omiliar:

- gidravlika qonunlarni bilish va ularni to'g'ri qo'llash;
- pech va uning asosiy qismlari o'lchamlarini aniqlash;
- gazlarning harakati uchun energiya sarfini aniqlash.

Gazlarning ayrim qatlamlarini zichligi turlicha bo'lgani sababli yuzaga kelgan harakat erkin yoki tabiiy deb nomlanadi. Gazning tashqi ta'sir ostida hosil bo'lgan bosimlar farqidan yuzaga kelgan harakatni (ventilyatorlar, gorelkalar, forsunkalar va h.k.) majburiy yoki sun'iy harakat deb nomlanadi.

2.1. Gazlar holatining asosiy qonunlari

Boyl – Mariott qonuni gazning o'zgarmas temperaturadagi holati uchun:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{const},$$

Bu yerda:

P_1 – bosim, V_1 – gazning birinchi holatdagi hajmi;

P_2 – bosim, V_2 – gazning ikkinchi holatdagi hajmi.

Jarayonlarning o'tishida $T = \text{const}$ bo'lgani uchun ular izotermik jarayonlar hisoblanadi

Agar gazning bosimi o'zgarmas bo'lsa, uning hajmining o'zgarishi temperaturaga bog'liqligi **Gey-Lyussak qonuni** orqali ifodalanadi:

$$V_2 = V_1(1 + \beta t_g),$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1 + \beta t_2}{1 + \beta t_1} = \frac{273 + t_2}{273 + t_1} = \frac{T_2}{T_1},$$

Bu yerda:

β – gazning o'zgarmas bosimdagi hajmiy kengayish koeffitsienti, hamma gazlar uchun blr xil bo'lib, ushbu nisbatga teng

$$\frac{1}{273} K^{-1}.$$

$P = \text{const}$ bo'lganidagi holati izobara jarayonlari deb nomlanadi.

Gaz bosimini uning temperaturasiga (o'zgarmas hajmda) bog'liq holda o'zgarishi **Sharl qonuni** bilan izohlanadi:

$$P_2 = P_1(1 + \beta t),$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

$V = \text{const}$ bo'lgandagi jarayonlar **izoxorik** deb nomlanadi.

Klapeyron qonuni yuqoridagi gaz qonunlarini umumlashtiradi:

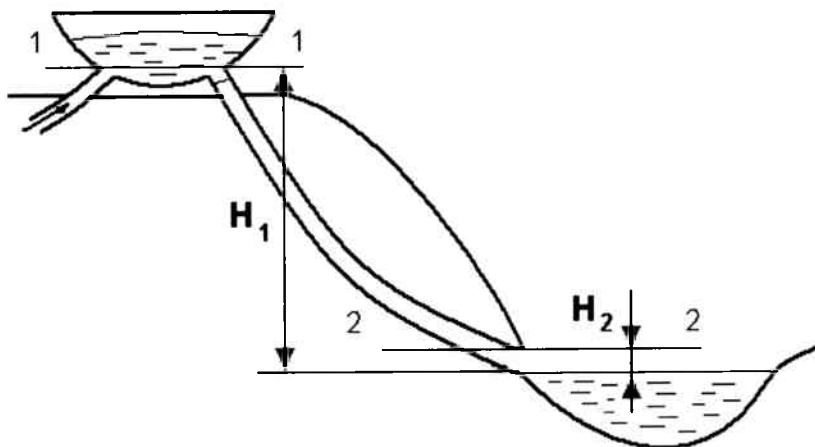
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{const}.$$

Berilgan gaz massasi uning bosim va hajmining absolyut temperaturaga nisbati, o'zgarmas kattalikdir.

2.2. Bernulli tenglamasi

Donner Bernulli harakatdagi suyuqlik yoki gazning bosimini o'rganib chiqib tenglama tuzishga erishgan.

Bu tenglama siqilmas suyuqlik uchun 1 kg massaga ega bo'lgan harakatdagi suyuqlik uchun energetik balansini ko'rsatadi.



2.1-rasm. Bernulli tenglamasini ifodalovchi.

1 kg suyuqlikning kinetik energiyasi 1—1 kesimi (2.1.rasm):

$$L_{kin} = \frac{mW_1^2}{2} = \frac{W_1^2}{2}, \text{ shuningdek } m=1,$$

Bu yerda: W_1 — 1—1 kesimdagi oqim tezligi, m/s.

Bosimning potensial energiyasini quyidagicha aniqlash mumkin. Suyuqlikning idish tubiga bosimi — P_1 , Pa. Agar idish tubida 1 m^2 ga teng maydon ajratilib, suyuqlik balandligi 1 m bo'lsa, unda bu hajmdagi suyuqlik massasi uning zichligiga teng — ρ . Suyuqlik bosimining potensial energiyasi, 1 kg suyuqlik massaga olinganda ushbu ifoda bilan aniqlanadi:

$$L_{pot.bosm} = \frac{P_1}{\rho},$$

bu yerda:

ρ – oqim zichligi.

1 kg suyuqlikning 1–1 kesimidagi potensial energiyasi

$$L_{nom} = gH_1.$$

Binobarin, 1 kg suyuqlik massasi 1-1 kesimda ushbu energiya zaxirasiga ega; $\frac{W_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} + gH_1$, 2–2 kesimda esa – $\frac{W_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho} + gH_2$.

1–1 kesimdan to 2–2 kesimigacha energiya yo‘qotishlari

$$L_{nom.en} = \lambda \frac{W^2}{2},$$

bu yerda:

λ – ishqalanish koeffitsienti,

W – harakatning o‘rtacha tezligi.

Energiyaning saqlanish qonunidan **Bernulli tenglamasi** ushbu ko‘rinishga ega bo‘ladi:

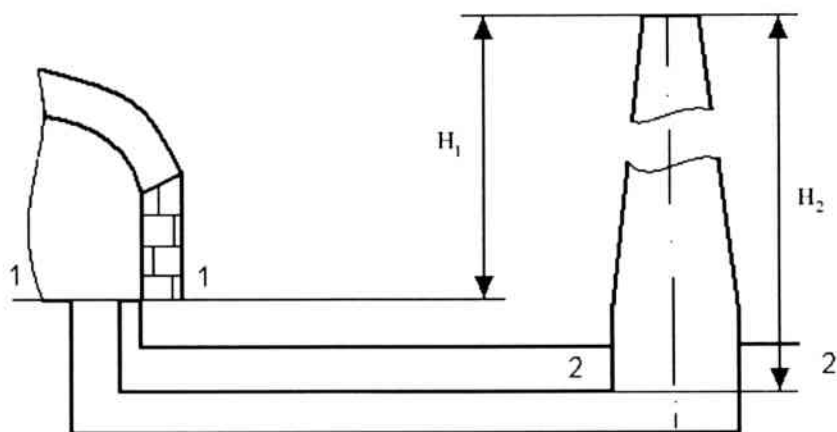
$$\frac{W_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} + gH_1 = \frac{W_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho} + gH_2 + \lambda \frac{W^2}{2} = const.$$

Bernulli tenglamasini harakatdagi gaz uchun ham qo‘llash mumkin (2.2-rasm). Gazlar uchun energiya balansi 1 kg uchun emas, 1 m³ gaz uchun hisoblanadi, buning uchun tenglamaning hamma hadlari gazning zichligiga ko‘paytirilishl kerak ρ .

$$\frac{W_1^2}{2} \rho + P_1 + \rho gH_1 = \frac{W_2^2}{2} \rho + P_2 + \rho gH_2 + \lambda \frac{W^2}{2} \rho. \quad (2.1)$$

Atrof-muhit havosi uchun, shu sharoitlarda Bernulli tenglamasi ushbu ko‘rinishga ega:

$$P_{1v} + \rho_{1v} gH_1 = P_{2v} + \rho_{2v} gH_2. \quad (2.2)$$



2.2-rasm. Bernulli tenglamasiga chizma (pech gazlar uchun taalluqli).

Absolyut bosimning ortiqcha bosim bilan almashtirish P_1 va P_2 bilan, gazlarni kanallar orqali oqishini bilish uchun birinchi tenglamadan ikkinchisini ayirish kerak.

$$\frac{W_1^2}{2} \rho + (P_1 - P_{1B}) + (\rho_{1B} - \rho) g H_1 = \frac{W_2^2}{2} \rho + (P_2 - P_{2B}) + (\rho_{2B} - \rho) g H_2 + \lambda \frac{W^2}{2} \rho.$$

Gazlarning balandligini H yuqoriga emas pastga qarab qandaydir nol sathdan hisoblanadi. Buni inobatga olgan holda Bernulli tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega.

$$\frac{W_1^2}{2} \rho + (P_1 - P_{1B}) + (\rho_{1B} - \rho) g H_1 = \frac{W_2^2}{2} \rho + (P_2 - P_{2B}) + (\rho_{2B} - \rho) g H_2 + \lambda \frac{W^2}{2} \rho.$$

Aerodinamik nuqtayi nazaridan:

$$\frac{W_1^2}{2} \rho, \frac{W_2^2}{2} \rho$$

tezlik yoki dinamik kuchlanish deb nomlangan 1–1 va 2–2 kesimlar uchun va ularni h_{1din} , h_{2din} tarzida belgilaydilar.

$$(P_1 - P_{1B}), (P_2 - P_{2B})$$

– pezometrik yoki statik kuchlanishlar ayni shu kesimlar uchun – h_{1sm} , h_{2sm} ;

$$(\rho_{1B}-\rho)gH_1, (\rho_{2B}-\rho)gH_2$$

– geometrik kuchlanishlar $h_{lo'ng}$, h_{chap} ;

$$\lambda \frac{W^2}{2} \rho$$

– yo'qotilgan kuchlanishlar – $h_{yo'q}$.

Unda Bernulli tenglamasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$h_{1din} + h_{1st} + h_{1geom} = h_{2din} + h_{2st} + h_{2geom} + h_{nom} = const.$$

Binobarin, 1-kanal kesimidagi gaz oqimi kuchlanishlari yig'indisi, 2-kanal kesimidagi gaz oqimi kuchlanishlari yig'indisiga teng.

Gazning kanal kesimidagi o'rtacha tezligini, kesim yuzasiga ω ko'paytirib, gaz sarfini aniqlash mumkin $v = W \times \omega$, m^3/s .

Agar gaz temperaturasi $0^{\circ}C$ dan farq qilsa, unda tezlik va zichlik ko'rsatkichlarini normal sharoitlar uchun qayta hisoblash kerak bo'ladi.

$$\rho_o = \rho_t (1 + \beta t), W_o = \frac{W_t}{1 + \beta t}$$

bu yerda: $\beta = \frac{1}{273}$.

Gazning geometrik kuchlanishini bevosita o'lchashning iloji yo'q chunki u havo va gazning zichligiga bog'liq bo'lib, gazlarning temperaturasini aniqlash mumkin.

Gazlarning pech kanallaridagi harakatida doimo bir turdagi kuchlanishni ikkinchi turdagi kuchlanishga o'tishi kuzatiladi. Agar gazning izotermik oqimini ko'rib chiqsak, undagi o'zgarishlari qaytarilishi mumkin, faqat kuchlanishning yo'qotilayotgan qismi bundan mustasno. Kuchlanish yo'qotishlariga dinamik bosim sarf bo'ladi, bu gazning harakatida doimo yangilanib turadigan kuchlanish bo'lib, pezometrik bosim zaxirasi hisobiga to'ldirilib turadi.

Gazlarning harakatida bosim yo'qotishlarini minimallashtirish muhim muhandislikning muammosi hisoblanadi. Shuning uchun bosim yo'qotishlarning sababini o'rganish g'oyatda muhimdir.

2.3. Bosimlarni o'lchash

Pechlarning gaz trubalarini ekspluatatsiyasida ko'pincha gaz kuchlanishlarini o'lchash kerak bo'ladi. (Pa). Ularni odatda U shimon trubkalar yordamida 1mm suv ustuni bilan to'ldirilgan 9,81 Pa bosimga teng, (1Pa = 0,102 mm suv ustuniga teng o'lchaydilar).

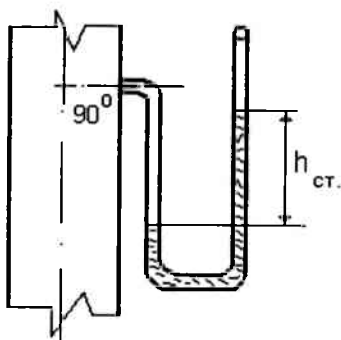
O'zgarmas kesimli kanal chegarasidagi kuchlanishlarni yo'qotishlarni aniqlash uchun quyidagi sxemani qo'llaydilar (2.4-rasm):

$$H_{o'q} = (h_{1st} + h_{1din}) - (h_{2st} + h_{2din}).$$

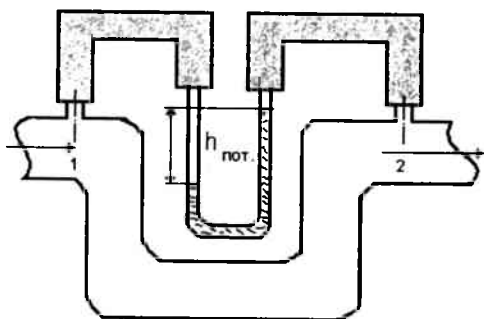
Kuchlanishlar trubkasi yordamida gazlarning harakat tezligini aniqlash mumkin.

$$W = \sqrt{\frac{2h_{din}}{\rho}}, \text{ m/s.}$$

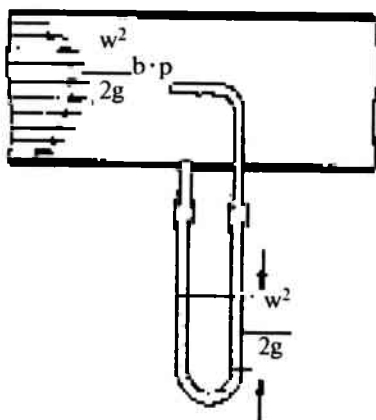
Dinamik yoki tezkor kuchlanishni Pito – Prandtl kuchlanishlar trubkasi yordamida aniqlash (2.5 rasm).



2.3-rasm. Statistik kuchlanishni o'lchash qurilmasining chizmasi.



2.4-rasm. Yo'qotilgan kuchlanishni o'lchash qurilmasining chizmasi.



2.5-rasm. Dinamik kuchlanishlarni o'lchash chizmasi.

2.4. Truba va kanallarda harakat energiyasini yo'qotishlari

1 kg harakatdagi gazning energiya yo'qotishi yoki bosim-kuchlanishi yo'qotishlari, 1m^3 gazning energiya yo'qotishi, bosim yo'qotishlari deb nomlanadi. Energiya yo'qotish gazning harakatining xarakteriga ham bog'liq. Gazlarning qatlam-

li yoki laminar va turbulent harakatini farqlaydilar. Laminar va turbulent yoki uyursimon harakatlar shartlari 1883-yilda Reynolds tomonidan aniqlangan.

$$Re = \frac{\omega d \rho}{\mu} = \frac{\omega d \gamma}{\eta_t} = \frac{\omega_o d \gamma_o}{\eta_t} = \frac{\omega d}{\nu},$$

Bu yerda:

ω – gazning harakat tezligi, m/s;

d – oqim qalinligi, m²;

ρ – gaz zichligi (suyuqlik), kg/m³;

μ – dinamik qovushqoqlik koeffitsienti, kg s/m²;

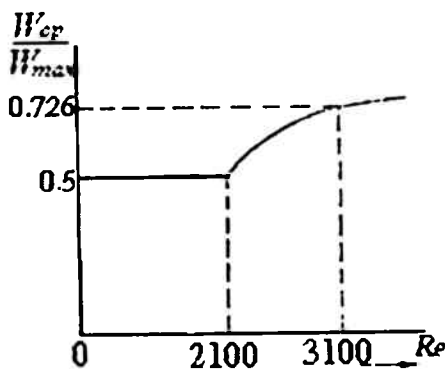
η_t – gaz temperaturasidagi ichki ishqalash koeffitsienti.

$$\eta_t = \eta_o \frac{1 + \frac{C}{273} \sqrt{\frac{T}{273}}}{1 + \frac{C}{T}};$$

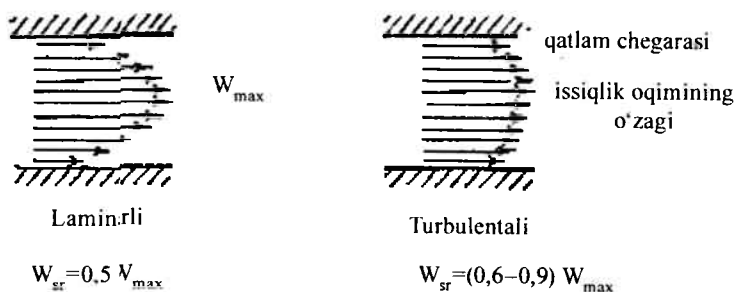
$\nu = \frac{\mu}{\rho}$ – kinematik qovushqoqlik koeffitsienti.

Yumaloq trubalarda $Re < 200$ da oqim laminar bo'ladi; $Re > 2300$ tenglikda oqim turubulentga aylanadi. Yuqoridagi miqdordan ko'rinib turibdiki, tezlikka va qalin oqimli suyuqliklar qovushqoqligi uchun turbulent harakati joiz va aksincha.

$$\omega_{kp} = \frac{Re \times \nu}{d}.$$



2.6-rasm. Re soniga bog'liq bo'lgan oqimning o'rtacha tezligini uning o'qidagi tezlikka nisbati.



2.7-rasn. Trubada oqim tezliklarining taqsimlanishi.

Oqimning keam bo'yicha tezliklarining taqsimlanishi turlicha bo'lib, «Oqin kuchlanish» yo'qotishlari laminar va turbulent harakatida ham turlicha bo'ladi.

Oqindagi kuchlanishlarining yo'qotishlari

Oqimning diramik kuchlanish yo'qotishlari harakatning trubada devorlariga ishqalanishi bilan bog'liq bo'lib, bunda kinetik energiyaning issiqlik energiyasiga o'tishi kuzatiladi va mahalliy qarshiliklarni yergish uchun yo'qotishlar sodir bo'ladi.

Kuchlanishning ishqalanishdagi yo'qotishlari Jiraro formula-si bilan aniqlanadi:

$$h_{mp} = \lambda \frac{W^2}{2} \rho \frac{l}{d_{ekv}} = \lambda \frac{W_o^2}{2} \rho_o (1 + \beta l) \frac{l}{d_{ekv}},$$

Bu yerda:

λ — ishqalanish koeffitsienti;

W — oqimning haqiqiy tezligi;

ρ — oqim zichligi;

l — kanal uzunligi;

β — gazning hajmiy kengayish koeffitsient;

d_{ekv} — kanalning ekvivalent diametri ($d_{ekv} = \frac{4F}{S}$),

bu yerda, F — kanal kesimi;

S – perimetr.

To'g'ri burchakli kanallar uchun ishqalanish koeffitsienti $d_{ekv} = 2ab/a+b$ ga teng bo'ladi.

λ – g'adir-budirlikning nisbiy funksiya (ε) va Reynolds me-
zoni.

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d_{ekv}},$$

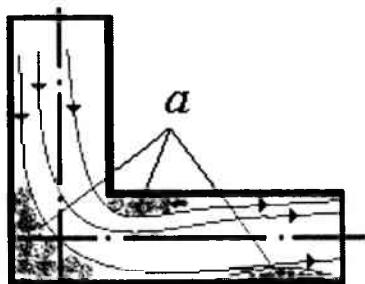
Bu yerda, Δ – kanal devorlarining g'adir-budirlarning o'rta-
cha balandligi.

2.1-jadval

Kanal devorlarida ishqalanishlar koeffitsienti

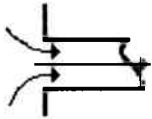
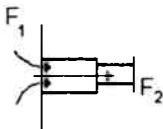
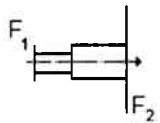
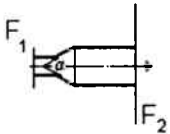
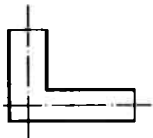
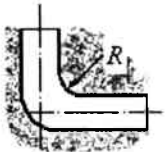
Kanallar	λ
Tekis metall	0,025
G'adir-budir metall	0,040
G'ishtli va beton	0,050

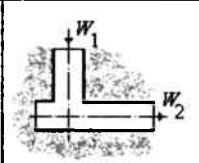
Kuchlanish yo'qotishlari oqimning yo'qotish harakatining o'zgarishi yoki kanallar kesimining o'zgarishi tufayli yuz beradi (2.8-rasm). Oqim harakatining o'zgarishi yoki kanal ko'ndalang kesimining o'zgarishida tezliklar epyurasi oqim kesimi bo'ylab o'zgaradi. Bu oqimning kanal devorlariga ishqalanishda kine-
tik energiyaning so'zsiz issiqlik energiyasiga o'tishi bilan kechadi. Bunday yo'qotishlarni mahalliy deb nomlanadi. To'g'ri kanal-
lardan oqim harakati muhim kesimli kanallarda faqat ishqala-
nishga qarshilik orqali kechadi va butun kanal bo'ylab taqsim-
langan. Gazlarning harakati Aerodinamik qarshiliklari ishqalanishga qarshilik va mahalliy qarshiliklar yig'indisidan tashkil topgan.



2.8-rasm. Oqim yo'nalishining o'zgarishi (a – kam harakatlanuvchi yoki harakatlanmaydigan suyuqlik yoki gazning bo'sh hajmi).

Mahalliy qarshilik ko'effitsientini aniqlash

Mahalliy qarshilik	Eskiz	K	Izoh
1	2	3	4
O'tkir qirrali kanalga oqimning kirishi		0,5	$K=0,20$ qirrali dumaloqlashtirilgan
Kanalning keskin torayishi		$0,5(1-F_2/F_1)^2$	
Kanalning keskin kengayishi		$(1-F_1/F_2)^2$	
Kanalning asta-sekin kengayishi		$(1-F_1/F_2)^2 \sin \alpha$	Kanalning asta-sekin kengayishi
90°burishi		1,0	
Tokchali buri-lish		0,15	$R=2d$

Mehrobli buri- lish		2,00	$W_1 = W_2$
------------------------	---	------	-------------

$$h = K \frac{W^2}{\rho}$$

Bu yerda, K – mahalliy qarshilikning o'lchamsiz koeffitsienti dinamik kuchlanishning aniqlovchi qismi bo'lib, oqimning u yoki bu mahalliy qarshilik yengib o'tishi uchun kerak bo'ladi.

Kanal kesimining o'zgarishim kichikroq kesimli kanal tezligi bo'yicha aniqlash kerak.

2.5. Gaz harakatining kanalda past tezligi

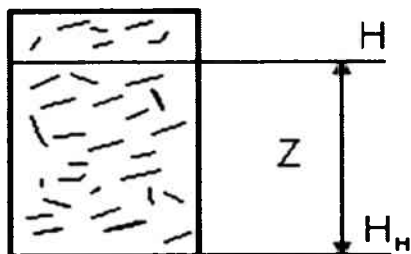
Pech uning ishchi bo'shlig'i va mo'ri trubasi asosida gaz nisbatan uncha tez bo'lmagan harakat qiladi va bosimlar farqi ham katta bo'lmaydi (100 Pa gacha). Bunday tartibdagi o'zgarishlar gaz zichligiga ta'sir etmaydi va pech gazlarini hisoblashda Bernulli tenglamasi qo'llaniladi. Gaz zichligiga temperaturaning ta'sirini inobatga olinmaydi va hisoblashlarni o'rtastatistik temperaturada bajariladi.

Gazlarning turg'unligi

Biror hajmda tinch gazning potensial energiyasini taqsimlanishini ko'rib chiqamiz. Bunday holatda uning tezligi va ishqalanish kuchi nolga teng. Bernulli tenglamasi ushbu ko'rinishiga ega bo'ladi:

$$\rho g(H_2 - H_1) + P_2 - P_1 = 0 \quad (3)$$

Agar H_2 va P_2 o'zgaruvchan balandligi va o'zgaruvchan bosim bo'lsa, $H - H_n = Z$, unda 3-tenglama bunday ko'rinishiga ega bo'ladi. $P = P_H - \rho g Z$.



2.9-rasm. Bosimning taqsimlanish chizmasi.

Ko'rinib turibdiki, gaz bosimi balandlik o'sishi bilan tushadi. Pechda gaz temperaturasi, tashqari muhitning temperaturasidan ancha balandroq va havoning zichligi, gaz zichligidan yuqoriroq. Berk idish devorlari gaz bilan to'ldirilsa, uning ortiqcha bosimi qanday taqsimlanadi. Agar gaz atrof-muhit havosidan yengil

bo'lsa, idishning ostki qismi havo bilan tutashadi. Chegara tekisligida bosim bir xil. H_H dan yuqori qismida gaz va havo bosimi ushbu tenglamalarga mos ravishda tushib ketadi.

$$P_g = P_H - \rho_g gZ,$$

$$P_v = P_H - \rho_v gZ.$$

Birini ikkinchisidan ayirib biz ushbu natijani olamiz.

$h = P_g - P_v = gZ(\rho_v - \rho_g)$, chunki havoning zichligi gazning zichligidan yuqoriroq. Unda pech ichidagi gazning bosimi har doim atrof-muhit havo bosimidan past bo'ladi. U holda bosim taxminan atmosfera bosimiga teng. Ishchi bo'shliq ichidagi ortiqcha bosim kubba ostida noldan maksimumga erishiadi.

Gazning teshik orqali chiqishi

Gaz chiqishini aniqlashdan maqsad – teshikdan chiqayotgan gazning tezligi va sarfini topishdan iborat. Gaz oqimda 150–200 m/s tezliklarda gazni siqilmas suyuqlikka taqqoslash mumkin. Agar gaz teshikka nisbatan katta bo'lgan idishdan chiqib ket-sin unda 1–1 kesimda nolga teng ($W_1 = 0$) bo'ladi. Bernulli teng-lamasini 1 va 2 kesimlarda qo'llaymiz. Shuning uchun $H_1 = H_2$, undan $\rho g H_1 - \rho g H_2 = 0$

Bernulli tenglamasi

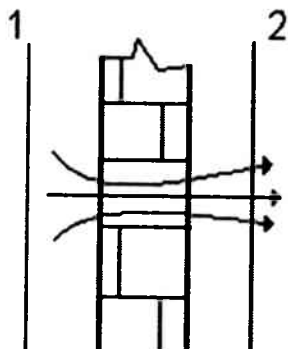
$$\frac{W_1^2}{2} \rho + P_1 + \rho g H_1 = \frac{W_2^2}{2} \rho + P_2 + \rho g H_2$$

Gidravlik qarshiliksiz olingan. Kesindan oqim tezligi

$$2W_2 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}},$$

yoki

$$W_2 = \varphi \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}},$$



2.10-rasm. Gazning teshikdan oqib chiqishi.

Bu yerda, φ – teshik koefitsienti.

Unga gidravlik qarshilikni inobatga oluvchi, tezlik koefitsienti, teshikdan oqib chiqayotgan kesimining tezligiga ko'paytirish, gazning hajmiy sarfini (F_{str}) oqimning kesimiga, F_{str} ko'p hollarda teshik diametri kichik bo'lib, oqimning siqilishini koefitsienti orqali erishiladi $E = F_{str} / F_{otv}$

Gazning hajmiy sarfi

$$V = F_{otv} E \varphi \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}} = F_{otv} \mu^1 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

2.3-jadval

Oqimning siqilish koefitsienti

Obyekt	φ	E	$\mu^1 = E\varphi$
Yupqa devor ($t_{ct} < d_{otv}$)	0.98	0.63	0.62
Qalin devor ($t_{ct} > d_{otv}$)	0.8	1.0	0.8

Gazning chiqishi devor orqali yoki pechning kubyasi orqali bo'lsa, pech tagligida atmosfera bosimi gaz va havo zichliklar farqi bilan bog'liqdir

$$\Delta p = \rho_V - \rho_G. \text{ Bu holatda } P_1 - P_2 = gH(\rho_V - \rho_G).$$

$$W_2 = \varphi \sqrt{\frac{2gH(\rho_V - \rho_G)}{\rho_G}}; V = F_{otv} \mu^l \sqrt{\frac{2gH(\rho_V - \rho_G)}{\rho_G}},$$

Bu yerda: H – teshikning taglikda turgan balandligi.

2.6. Mo'ri trubasini hisoblash

Tutun gazlarini chiqarish kanallari orasida pech tagligiga yaqin etib joylashtiriladi, bu qizigan gazlarni metall sadkani (metallning pech ichidagi massasi – joylanishi) yaxshi oqib o'tishi uchun qilinadi.

Yuqorida aytib o'tilgan rele statistik bosim taglik yonida 0 ga teng qilib tutib turishga harakat qiladi. Shuning uchun statistik bosim kanal kirishida hani nolga teng

Truba asosidagi bosimning pasayishini aniqlaymiz (2.11-rasm). $h_{ct}=0$ ga tengligini inobatga olib va W_a tezlik truba asosidagiga qaraganda pastligi uchun va $h_{din} \approx 0$ ga teng

$$h_B = \sum_A^B h_{geom} - \sum_A^B h_{nom} - h_{dinB}.$$

h_{ct} – bosimning statistik kuchlanishi;

h_{din} – bosimning dinamik kuchlanishi.

Truba asosidagi bosim tushishini aniqlash uchun Bernulli tenglamasini B–B va V–V kesim uchun yozib olamiz:

$$h_{Bct} + h_{Bdin} = h_{Vct} + h_{Vdin} - h_{BVgeom} + h_{BVpor}.$$

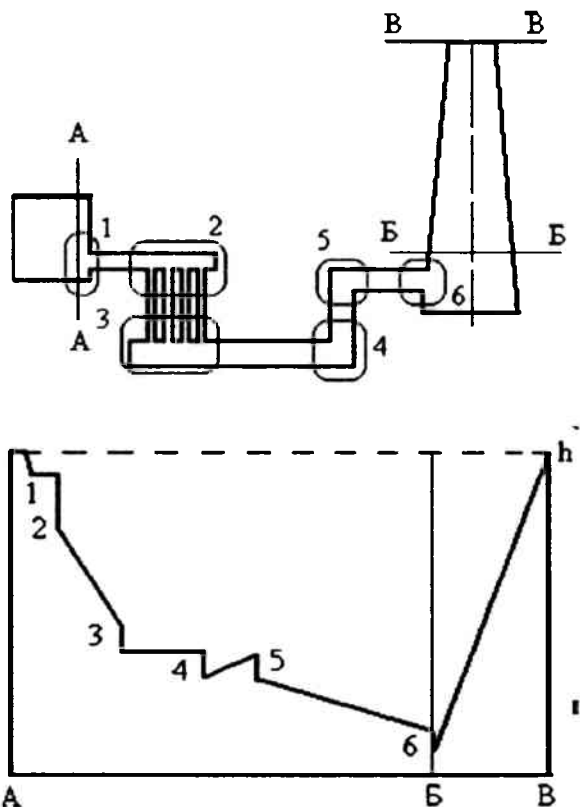
Trubadan chiqishdagi bosim atmosfera bosimiga teng bo'lgani uchun quyidagiga teng bo'ladi: $h_{bst}=0$.

Unda tenglik quyidagicha bo'ladi:

$$h_{Bct} = h_{Vdin} - h_{Bdin} - h_{BVgeom} + h_{BVpor}.$$

U holda trubadagi bosim yo'qotishlarini quyidagi formula bilan aniqlaymiz

$$h_{pot} = \lambda \frac{W^2}{2} \rho \frac{l}{d_{ekv}} = \lambda \frac{W_o^2}{2} \rho_o (1 + \beta t) \frac{l}{d_{ekv}}.$$



2.11-rasm. Tutun traktidagi bosimning taqsimlanishi.

Truba balandligi bo'yicha (ichki kesimi – konusli) va gaz temperaturasining tushishi dinamik kuchlanishdir. Kuchlanishlar B va V kesimlarda bir xil bo'lmisligi mumkin.

$$h_{Bdin} = \frac{W_{oB}^2}{2} \rho_o (1 + \beta t_B), \quad h_{Vdin} = \frac{W_{oV}^2}{2} \rho_o (1 + \beta t_V),$$

$$h_{BVpot} = 0.5 \lambda H \left(\frac{h_{Bdin}}{d_B} + \frac{h_{Vdin}}{d_V} \right),$$

$$h_{BVgeom} = gH (\rho_v - \rho_g),$$

Bu yerda H – truba balandligi,

$$h_{BVgeom} = h_{Vdin} - h_{Bdin} - h_{Bst} + h_{BVpot},$$

$$h_{BVgeom} - h_{BVpot} = h_{Vdin} - h_{Bdin} - h_{Bst},$$

$$H = \frac{h_{Vdin} - h_{Bdin} - h_{Bst}}{g(\rho_v - \rho_g) - 0.5 \lambda \left(\frac{h_{Bdin}}{d_B} + \frac{h_{Vdin}}{d_V} \right)}.$$

Trubaning chiqish kesimini o‘zan(borov) deb ataydilar. Pastki qismini H asosi deb nomlaydilar. O‘zan diametrini shunday tanlanishi mumkin:

$$W_{ust} \sim 2.5 \div 3 \text{ m/s}; D_{osn} = 1.5 D_{ust}.$$

G‘isht mo‘rilar uchun temperaturaning tushishini (gaz temperaturasi) quyidagicha: $1 \div 1.5$ grad/m, po‘lat trubalar uchun fute-rovkasiz holat uchun – $3 \div 4$ grad/m. Yonilg‘ini o‘zgaruvchan sarf etuvchi pechlar uchun maksimal sarf hisobidan belgilanadi. Bir nechta pech uchun ishlaydigan pechlar uchun qaysi pech kanallari qarshilik katta bo‘lsa shu pech uchun hisoblanadi. Truba diametri pechda yonuvchi gaz mahsulotlarining jami sarfi uchun hisoblanadi. Trubadagi bosim tushishi yilning eng yomon vaqtiga, issiq vaqtiga, atmosferaning zichligiga bog‘liqligini inobatga olgan holda hisoblanadi. Truba kanallarining to‘lib qolishini inobatga olib, yo‘qotishlar miqdorini $20 \div 30\%$ oshirish lozim.

3-bob. ISSIQLIK UZATILISHI

3.1. Umumiy ma'lumotlar

Issiqlik uzatishning uch xil turini farqlaydilar, ya'ni issiq o'tkazuvchanlik, konveksiya va nurlanish. Issiqlik uzatilishida temperaturaning jismlar tizimi yoki jism ichida tarqalish muammolarini tadqiqot etiladi. Bundan tashqari issiqlik uzatish jarayonlari temperatura gradienti hisobiga bo'ladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik — issiqlikning bir jismdan ikkinchi jismga o'tishi, bu jismlarning temperaturalari farqi bilan yuzaga kelishi va makrozarrachalarni o'tishi kuzatiladi.

Gazlarda — bir molekullarning boshqalariga kinetik energiyasini uzatish.

Metallarda — elektron o'tkazish.

Dielektriklarda — atom yoki molekullarni bog'lanish tebratishlarini uzatish.

Issiqlik uzatishning issiqlik o'tkazuvchanlik bilan uzatilishi gomogen qattiq jismlar uchun xarakterlidir. Gaz va suyuqliklarda odatda issiqlik uzatish konveksiya va nurlanish bilan bir vaqtida ro'y beradi. Spaffof jismlarda issiqlik o'tkazuvchanlik bilan nurlanish orqali ham uzatiladi. Issiqlik o'tkazuvchanlik bilan issiqlikni uzatilishi Fure tomonidan 1822-yilda topilgan.

$$Q^* = -\lambda F \tau \text{grad} T, \text{ grad} T \perp F,$$

$$Q = \frac{Q^*}{\tau} = -\lambda F \text{grad} T,$$

$$q = \frac{Q^*}{F \tau} = \frac{Q}{F} = -\lambda \text{grad} T,$$

Bu yerda:

Q — Issiqlik oqimi, Vt;

q — Issiqlik oqimi zichligi, Vt/m²;

λ — Issiqlik o'tkazuvchanlik, $\text{Vt/m}\cdot\text{K}$;

$\lambda_{\text{met}} \sim 5 \div 385 \text{ Vt/m}\cdot\text{K}$. Lorens qoidasiga ko'ra, λ metall elektr o'tkazuvchanligi qancha katta bo'lsa shuncha miqdorga ega bo'ladi. Harorat oshishi bilan no metallarda λ tushib ketadi.

$\lambda_{\text{n.tv.m}} \sim 0.15 \div 19 \text{ Vt/m}\cdot\text{K}$ (grafit bundan istisno), $\lambda \sim 55 \div 165 \text{ Vt/m}\cdot\text{K}$). Haroratning ortishi bilan no metallarda issiqlik o'tkazuvchanlik $-\lambda$ oshadi lekin ular orasida bu qoidadan istisnolar ko'p.

Suyuqlik va gazlarning issiqlik o'tkazuvchanligi juda kichik.

$\lambda_g \sim 0.13 \div 0.28 \text{ Vt/m}\cdot\text{K}$ harorat oshganda ularning issiqlik o'tkazuvchanligi kamayadi (istisno — glitserin va suv).

$\lambda_g \sim 1.75 \times 10^{-2} \div 16 \times 10^{-2} \text{ Vt/m}\cdot\text{K}$ issiqlik o'tkazuvchanlik temperatura ortganda ko'p marotaba ortib ketadi. G'ovak va tolali materiallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti ham juda kichik.

Konvektiv issiqlik almashinuvi. Konvektiv issiqlik almashinuvi — harakatlanayotgan suyuqlik yoki gazlarning qizigan joylarini sovuq joylariga mexanik ravishda o'tkazishdagi holatiga aytiladi. Suyuqliklarda konveksiyadan tashqari issiqlik o'tkazuvchanlik bilan issiqlik uzatiladi. Masalan suyultirilgan metallarda issiqlik o'tkazuvchanlik katta ahamiyatga ega.

Suyultirilgan massaning qattiq jismga issiqlik oqimi uchun Nyuton quyidagi formulani taklif etgan

$$Q = \alpha F (t_n - t_r) Bt$$

Bu yerda: α — konvektiv issiqlik uzatish koeffitsienti $\text{Vt/m}^2\text{k}$;

F — issiqlik almashinuvida qatnashuvchi devor yuzasi;

T_n — oqim temperaturasi;

T_c — devor temperaturasi.

Asosiy qiyinchilik konveksiyaning — issiqlik uzatishning hisoblanishi uchun juda ko'p faktorlar (suyuqlikning qovushqoqligi, suyuqlikni qattiq jismga aylanib o'tishi, forma va o'lchamlari,

issiqlik o'tkazuvchanlik hodisasi) $\frac{1}{\alpha F}$ — qiymatini tashqi issiqlik

qarshiligi deb hisoblanadi. R_c shuning uchun Nyuton formulasi-ni quyldagicha ifodalash mumkin.

$$Q = \frac{t_n - t_c}{R_c}; \text{ Bt}$$

Issiqlik nurlanishi — katta energiyali atom va molekulalarning statsionar holatidan, atrof-muhit temperaturasidan qat'i nazar boshqa kichik energiyali statsionar holatga o'tishi bilan bog'liq,

Nurli issiqlik uzatishda 2 ta tana bir-birini 4 darajada intensivlik proporsional ravishda haroratga ega nurlanish bilan qizdiradi va atrof-muhit temperaturasiga bog'liq bo'lmaydi. Natijaviy issiqlik oqimi qaysi jismni temperaturasi past bo'lsa shu jism orqali o'tib ketadi.

Nurlanish issiqligi — Atom va molekulalarning biri katta energetik statsionar holatidan va kichik energiyali statsionar holatga kvant o'tishiga aytiladi va atrof-muhit temperaturasiga bog'liq emas (Quyosh→Yer).

Ikki jismning nurli issiqlik almashinuvi bir-birini nurlantiradi. Nurlanish intensivligi temperaturalarning to'rtinchi darajasiga proporsionaldir. Issiqlik qaysi jismning temperaturasi past bo'lsa shu jism orqali o'tib ketadi .

$$Q_{12} = \sigma_{pr} (T_1^4 - T_2^4) F, \text{ Vt},$$

Bu yerda:

F — nurlanuvchilarning o'zaro sirti; m^2 ;

T — temperatura, $^{\circ}K$;

Q_{12} — Birinchi jismning ikkinchi jismga o'tkazayotgan issiqlik oqimi, Vt ;

σ_{pr} — nurlanishning keltirilgan koeffitsienti, Vt/m^2K^4 .

3.2. Qattiq jismlarda issiqlik o'tkazuvchanligi

Qattiq jismlarda issiqlik o'tkazuvchanligi bir jism va izotrop tanalar misolida ko'rib chiqiladi. Issiqlik o'tishi qattiq jismda ha-

rorat butun hajm bo'yicha vaqt oralig'ida doimo o'zgarib turadi. Vaqt birligi ichida temperaturaning butun jismdagi nuqtalardagi holati temperatura maydoni deb nomlanadi.

Statsionar issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy vazifasi haroratni taqsimlanishi va qattiq jismlarda issiqlik oqimini topishdan iborat.

Nostatsionar issiqlik o'tkazuvchanlik — haroratlar maydoni vaqt ichida o'zgarib turadi, ya'ni jism qiziydi yoki soviydi. Nostatsionar issiqlik o'tkazuvchanlikning vazifasi ayni vaqtdagi haroratni aniqlashdan iborat. O'rganilayotgan formulalar qizish va sovish uchun mo'ljallangan.

Tekis harorat maydonida qizdirish

Qizdirish holati, jismning temperaturasi hamma nuqtalarda bir xil (T . Kofrunneta funksiyasi emas (jism yupqa)). Amalda bu holat yaxshi aralashadigan suyuqliklar yoki issiqlik o'tkazuvchanligi juda yuqori koeffitsientga ega yupqa jismlarga taalluqli.

Stark formulasiga asosan qizdirish vaqti

$$\int_0^{\tau} d\tau = \frac{Mc}{\sigma_{pr}F} \int_{T_H}^T \frac{dT}{T_c^4 - T^4},$$

$$\tau = \frac{M_C}{\sigma_{pr}F} \times \frac{1}{T_c^3} \left[\left(\ln \frac{1 + \frac{T}{T_c}}{1 - \frac{T}{T_c}} + 2 \operatorname{arctg} \frac{T}{T_c} \right) - \left(\ln \frac{1 + \frac{T_H}{T_c}}{1 - \frac{T_H}{T_c}} + 2 \operatorname{arctg} \frac{T_H}{T_c} \right) \right]$$

Notekis temperatura maydonida jismlarni qizdirish

Bu turdagi qizdirish holatlarga qaraganda ko'proq uchraydi. Agar po'lat yombini (slitok-rus) pechga o'rnatib qo'ysak, ma'lum harorat uning ustki qatlamlarining harorati sekinroq oshadi. Jism bo'yicha haroratning notekis taqsimlanishi yuz beradi.

Vaqt oralig'ida holat o'zgaradi, ichki qatlam harorati ko'tariladi va jism bo'ylab harorat ham ko'tariladi.

$A = \frac{\lambda}{CP}$; m^2/r harorat o'tkazuvchanlik koeffitsienti, nostat-

sionar jarayonlarda haroratning o'zgarish tezligini xarakterlaydi.

Harorat o'tkazuvchanlik jismning issiqlik energiyasini ko'rsatib beradi: issiqlik o'tkazuvchanligi qancha katta bo'lsa, shuncha jismning harorati o'sishi tezroq bo'ladi (sirtidan-markazga) va issiqlik sig'imi qancha katta bo'lsa haroratning o'sishi sekinlashadi. Bu masalani analitik yo'l bilan yechish juda mushkul, hatto eng oddiy sharoitlardagi shartlar bo'lsa ham. Shuning uchun nostatsionar issiqlik o'tkazuvchanlikda texnik hisoblar jadval va grafiklar yordamida yechiladi. Miqdoriy hisoblarni kamaytirish uchun ularni miqdorsiz guruhlariga birlashtirib ishlanadi, bunda o'xshash nazariyasidan foydalaniladi.

Tenglama va chegara shartlarini miqdorsiz kattaliklarga keltirib, kattaliksiz temperatura uchun quyidagi formulaga ega bo'lamiz.

$$Q\varphi(A, T \frac{x}{S}); Q = \varphi(\frac{as}{\lambda}, \frac{a\tau}{s^2}, \frac{x}{s}).$$

Miqdorsiz issiqlik uzatish koeffitsientini A-BiO mezonini

$Bi = \frac{as}{x^2}$, miqdorsiz vaqt — t — Fure

mezonini — $f_0 = \frac{a\tau}{s}$.

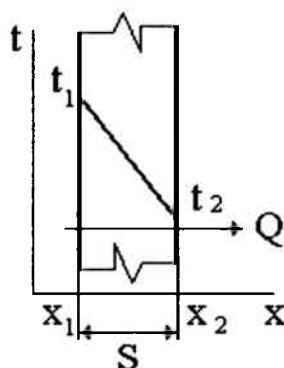
Shartlari:

Devor o'lchamlari (3.1-rasm) uning qalinligidan ko'p marotaba katta.

$F = const$,

$\lambda = const$,

t_1 va t_2 — amiq va o'zgarmas.



3.1-rasm. Temperaturaning bir qatlamli va yassi devor bo'ylab taqsimlanishi.

Issiqlik oqimini aniqlash – Q.

Fure qonunini qo'llab, $Q = -\lambda F \text{grad} T$

Ushbuga ega bo'lamiz

$$\frac{dt}{dx} = -\frac{Q}{\lambda F} = \text{const}. \quad (3.1)$$

Agar statsionarlik shartlari buzilsa harorat o'zgarishi boshqacha bo'ladi. (3.1) tenglamadan ko'rinib turibdiki temperatura to'g'ri chiziq bo'ylab o'zgaradi. O'zgaruvchilarni bo'lib, integrallaymiz.

$$dt = -\frac{Q}{\lambda F} dx, \quad \int_1^2 dt = -\frac{Q}{\lambda F} \int_1^2 dx, \quad t_1 - t_2 = \frac{Q}{\lambda F} (x_2 - x_1),$$

$$\text{lekin } (x_2 - x_1) = S.$$

$$Q = \frac{\lambda F}{S} (t_1 - t_2), \text{ hosil bo'ladi;} \quad (3.2)$$

Bu yerda $\frac{S}{\lambda F} = R$ – devorning issiqlik qarshiligi, °K/Vt.

$$Q = \frac{(t_1 - t_2)}{R}. \quad (3.3)$$

(3.2) tenglamaning keltirib chiqarishda $\lambda = \text{const}$ deb qabul qilingan, aslida $\lambda = f(t)$, shuning uchun $dt / dx = \text{const}$ va devor temperaturasi egri chiziq bo'ylab o'zgaradi. Issiqlik oqimining aniqlangan hisoblash formulasini topish uchun (3.1) tenglamaga $\lambda = \lambda_0(1 + bt)$ ifodani qo'yish kerak. Lekin texnik hisoblashlarda (3.2) formuladan, ya'ni o'rtacha arifmetik qiymatlardan foydalaniladi,

$$\bar{\lambda} = 0.5(\lambda_1 + \lambda_2),$$

$$Q = \frac{\lambda F}{S} (t_1 - t_2).$$

Ko'p qatlamli devorning issiqlik o'tkazuvchanligi

Shartlari:

Qatlamlar ideal termik kontaktga ega (3.2-rasm), ya'ni yopishgan sirtlar temperaturasi bir xil.

t_1 va t_4 – aniq va o'zgarmas.

Issiqlik oqimini aniqlash: Q , t_2 va t_3 .

Avvalgi holat singari (bir qatlamli devor) issiqlik oqimlari har bir qatlam bo'yicha *X o'qi bo'ylab yo'nalgan* va bir-biriga teng

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4. \quad (3.3)$$

Tenglamadan haroratlar farqini aniqlaymiz:

$$t_1 - t_2 = QR_{12}$$

$$t_2 - t_3 = QR_{23}$$

$$t_3 - t_4 = QR_{34}$$

Tenglamalarni qo'shamiz va ushbuga ega bo'lamiz:

$$t_1 - t_4 = Q(R_{12} + R_{23} + R_{34}).$$

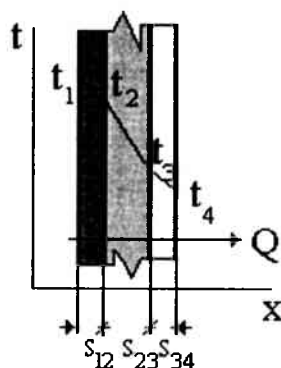
$$Q = \frac{t_1 - t_4}{R_{12} + R_{23} + R_{34}} = \frac{(t_1 - t_4)F}{\frac{S_{12}}{\lambda_{12}} + \frac{S_{23}}{\lambda_{23}} + \frac{S_{34}}{\lambda_{34}}}.$$

Haroratlar: $t_2 = t_1 - QR_{12}$; $t_3 = QR_{34} + t_4$.

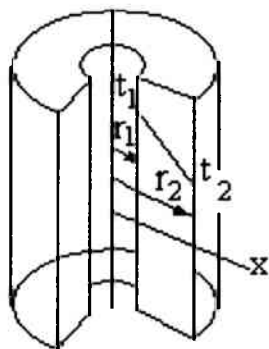
Silindrik devor orqali statsionar issiqlik o'tkazuvchanlik:

Shartlar:

Uzunligi katta bo'sh silindr (3.3.rasm) – I, t_1 va t_2 – aniq va o'zgarmas.



3.2-rasm. Ko'p qatlamli yassi devordagi temperaturaning taqsimlanishi.



3.3-rasm. Bir qatlamli silindrik devordagi temperaturaning taqsimlanishi.

$Q, t=f(r)$. Issiqlik oqimini aniqlang.

Fure qonunini qo'llaymiz

$$\frac{dt}{dr} = -\frac{Q}{\lambda F},$$

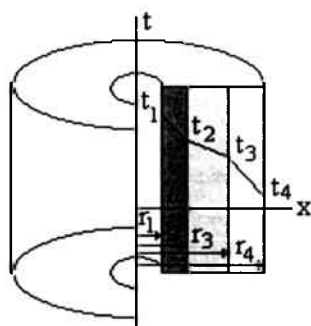
$F = 2\pi r l$. Radius qancha katta bo'lsa, sirt yuzasi shuncha katta bo'ladi.

$$\frac{dt}{dr} = -\frac{Q}{\lambda 2\pi r l},$$

$$dt = -\frac{Q}{\lambda 2\pi r l} dr,$$

$$\int_1^2 dt = -\frac{Q}{\lambda 2\pi r l} \int_1^2 \frac{dr}{r}.$$

$$Q = \frac{2\pi l \lambda}{\ln \frac{r_2}{r_1}} (t_1 - t_2) = \frac{2\pi l \lambda}{\ln \frac{d_2}{d_1}} (t_1 - t_2) = \frac{l}{R} (t_1 - t_2)$$



3.4-rasm. Ko'p qatlamli silindrik devordagi temperaturaning taqsimlanishi.

Bu yerda, $R = \frac{\ln \frac{d_2}{d_1}}{2\pi l \lambda}$ — silindrik devorning issiqlik qarshiligi.

Ko'p qatlamli silindrik devor uchun ham xulosa yassi devor kabi bo'ladi. (3.4-rasm).

$$t_1 - t_2 = Q R_{12},$$

$$t_2 - t_3 = Q R_{23},$$

$t_3 - t_4 = Q R_{34}$ Tenglamalarni qo'shib quyidagiga ega bo'lamiz

$$t_1 - t_4 = Q (R_{12} + R_{23} + R_{34}),$$

$$Q = \frac{t_1 - t_4}{R_{12} + R_{23} + R_{34}}$$

Haroratlar:

$$t_2 = t_1 - QR_{12}; t_3 = QR_{34} + t_4.$$

Nostatsionar issiqlik o'tkazuvchanlik — temperaturaviy maydon vaqt o'tishi bilan o'zgaradi, ya'ni qizdirish yoki sovish yuz beradi.

Nostatsionar issiqlik o'tkazuvchanlikning vazifasi berilgan vaqt momentida qattiq jismlarda temperaturaning taqsimlanishini aniqlaydi. Barcha ishlab chiqarilgan formulalar qizdirish uchun ham sovitish uchun ham to'g'ri bo'ladi.

Bir tekis taqsimlangan temperatura maydonida qizdirish

Qizdirishning shunday holatini ko'rib chiqamiz, bunda qizdirilayotgan jismning barcha nuqtalarida bir xil, ya'ni jism termik yupqa koordinatalar funksiyasi emas. Amalda bunday holatlar — yaxshi aralashgan suyuqlik yoki yuqori issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientiga ega bo'lgan yupqa qattiq jismlar bo'lishi mumkin. Issiqlik sirt yuzasiga konveksiya bilan uzatiladi. Nyuton formulasiga binoan, sirt yuzasidan o'tayotgan issiqlik miqdori

$$dQ = \alpha(t_c - t)F d\tau \text{ teng}$$

Ushbu issiqlik jism entalpiyasini o'sishiga olib keladi:

$$di = Mcdt = \rho Vcdt.$$

$dQ=di$ ga tenglab, noma'lumlarni bo'lib, boshlang'ich vaqt bo'yicha $\tau=0$, uni integrallab quyidagi natijalarga ega bo'lamiz:

$$\int_0^{\tau} d\tau = \frac{Mc}{\alpha F} \int_{t_H}^t \frac{dt}{t_C - t}.$$

Qizdirish vaqti t_H dan t gacha teng:

$$\tau = \frac{Mc}{\alpha F} \ln \frac{t_C - t_H}{t_C - t}.$$

Qizdirish boshlangandan so'ng, τ vaqti ichida olgan temperaturasini hisoblash uchun formulani o'zgartirish lozim:

$$\frac{t_c - t}{t_c - t_H} = \exp\left(-\frac{\alpha F \tau}{M_c}\right).$$

Sirt yuzasiga nurlanish orqali uzatiladi.

Vazifa yuqorida hisoblash singari bo'lib faqat nurlanish orqali issiqlik uzatish tenglamasidan foydalaniladi:

$Q_{12} = \sigma_{pr}(T_1^4 - T_2^4)F$. Ushbu shartdan kelib chiqib,

$dQ = d\sigma_{pr}(T_c^4 - T^4)Fd\tau = McdT$ noma'lumlarni bo'lib, tenglamani integrallab, Stark formulasiga ega bo'lamiz.

$$\int_0^\tau d\tau = \frac{Mc}{\sigma_{pr}F} \int_{T_H}^T \frac{dT}{T^4 - T_c^4},$$

$$\tau = \frac{Mc}{\sigma_{pr}F} \times \frac{1}{T_c^3} \left[\left(\ln \frac{1 + \frac{T}{T_c}}{1 - \frac{T}{T_c}} + 2 \operatorname{arctg} \frac{T}{T_c} \right) - \left(\ln \frac{1 + \frac{T_H}{T_c}}{1 - \frac{T_H}{T_c}} + 2 \operatorname{arctg} \frac{T_H}{T_c} \right) \right].$$

Stark formulasida qavs ichidagi hadlar temperatura nisbatlarining bir xil funksiya bo'lib, ularni ushbu ko'rinishda yozib olish mumkin.

$$\tau = \frac{Mc}{\sigma_{pr}F} \times \frac{1}{T_c^3} \left[\psi\left(\frac{T}{T_c}\right) - \psi\left(\frac{T_H}{T_c}\right) \right].$$

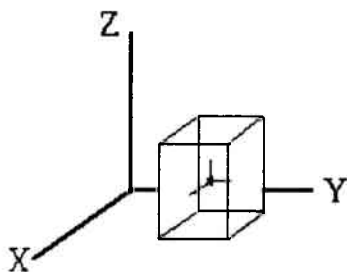
Ψ funksiyasi kattaliklar grafiklari sifatida ma'lumotnomalarda keltirilgan. Stark formulasi bilan teskari vazifani ham yechish mumkin. Notekis temperatura maydonida jismlarning qizishi. Bu holat boshqa shartlarda belgilanganga nisbatan ko'proq uchraydi. Agar po'lat quymani pechga joylab, ma'lum temperaturada qizdirsa bo'ladi. Boshqa quymaning tashqi qatlamlari temperaturasi tezroq ko'tariladi, ichki qatlamlar temperaturasi sekinroq qiziydi. Haroratning jism bo'yicha notekis taqsimlanishi yuzaga

keladi. Bir qancha vaqtdan so'ng ichki qatlam harorati tashqi sirt haroratiga tenglashib qoladi.

Qattiq jismlar uchun Fure–Kirxgof tenglamasini keltiramiz

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\frac{d^2t}{dx^2} + \frac{d^2t}{dy^2} + \frac{d^2t}{dz^2} \right),$$

Bu yerda $a = \frac{\lambda}{c\rho}, m^2/s$ – tempe-



3.5-rasm. Jismning fazoda joylashish chizmasi.

ratura o'tkazuvchanlik koeffitsienti nostatsionar jarayonlarda haroratning o'zgarishini tasniflaydi (tenglanish tezligi).

Harorat o'tkazuvchanlik koeffitsienti jismning issiqlik inersion xossasini tasniflaydi: Issiqlik o'tkazuvchanlik qancha yuqori bo'lsa, uning harorati shuncha tez oshadi va aksincha, jismning issiqlik sig'imi qancha katta bo'lsa ($c\rho$), harorat shuncha sekin ko'tariladi.

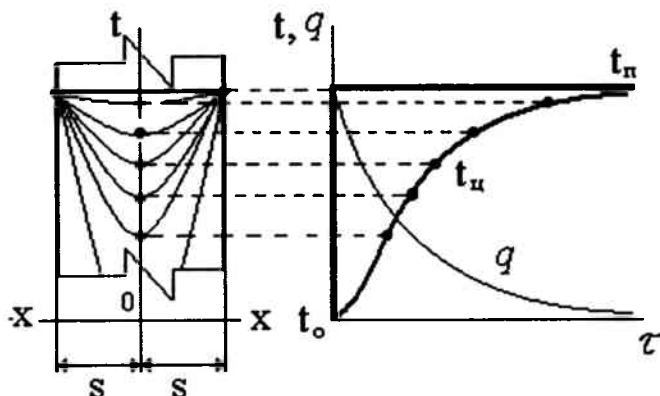
Analitik usul bilan eng sodda shartlar bilan ham yechish juda qiyin masala. Shuning uchun texnik hisoblashlarda jadval va grafiklarda foydalaniladi. Qizdirishni tariflash uchun kerakli kattaliklarning qisqartirilishi, guruhlariga birlashtirilishi, o'xshashlik nazariyasidan foydalanishi kattaliksiz miqdorlariga erishish lozim.

Sirt temperaturasi muhim bo'lganda jismlarni qizdirish

Jism sirtining haroratining vaqt va koeffitsientlar funksiyasida berilishi 1-turdagi chegaraviy shartlar deb nomlanadi. Shunday holatni ko'rib chiqamiz. Bunda analitik yechim bor: tugalmas plastina, uning boshlang'ich vaqt momentida temperatura maydoni bir tekis bo'lib, uning sirt qatlamlari temperaturasi bir zumda sirt haroratiga yetib oladi.

Temperatura (t_n) qolgan vaqt ichida doimiy bo'lib qoladi (3.6-rasm). Amalda bu holatni bajarish mumkin, agar nisbatan sovuq bo'lgan issiqlik o'tkazuvchanligi past materialni qaynayotgan suv yoki yaxshi aralashtirilgan erigan metalga botirib ol-

sak ushbu holat ro'y beradi. Masalani matematik ifodalaymiz. Tuganmas plastinada harorat OX yo'nalishi bo'yicha o'zgaradi. Hisob boshini t_n , deb qabul qilamiz, unda boshqa istalgan harorat uchun $v = t - t_n$ tenglikka ega bo'lamiz.



3.6-rasm. 1-turdagi chegaraviy shartlarda qizdirilgan plastina q – issiqlik oqimining zichligi, W/m^2 .

Fure tenglamasi ushbu holatda yoziladi.

$$\frac{dv}{d\tau} = a \frac{d^2v}{dx^2}. \quad (3.4)$$

Boshlang'ich shartlar: $\tau = 0$; $t = t_H$ yoki $v = v_H$.

Chegaraviy shart: $x = \pm S$; $t = t_n$ yoki $v = 0$.

(3.4) tenglamani va chegaraviy shartlarni o'lchamsiz holatga keltiramiz. Buning uchun masshtabli o'zgartirishlar kiritamiz

$$v = v_0 \Theta; x = l_0 X; a = a_0 A, \quad (5)$$

$$v_H = v_0 \Theta_H; s = l_0 S; \tau = \tau_0 T. \quad (6)$$

Masshtabli o'zgartirishlarni tenglamaga kiritamiz:

$$\frac{v_0 d\Theta}{\tau_0 dT} = \frac{a_0 v_0}{l_0} A \frac{d^2\Theta}{dx^2}. \quad (3.5)$$

Boshlang'ich shartlar:

$$T = 0; \Theta = \Theta_H. \quad (3.6)$$

Chegaraviy shartlar:

$$X = \pm S; \Theta = 0. \quad (3.7)$$

(3.5) Tenglama o'lchamidagi aylanishi uchiun, bog'lanishi tenglamasini bajarish lozim:

$$\frac{l}{\tau_0} = \frac{a_0}{l_0^2}.$$

Tenglikka kiruvchi 4 masshtabdan 3 tasini istalgan holda tanlashimiz mumkin. $v = v_H$, $l_0 = s$, $a_0 = a$, 1 tasini bog'lanish tenglamasidan aniqlaymiz:

$$\tau_0 = \frac{s^2}{a}.$$

Masshtab kattaliklarini (5) va (6) formulalarni tenglik o'rniga qo'yamiz va o'lchamsiz miqdorlarga ega bo'lamiz:

$$\Theta = \frac{v}{v_H}, X = \frac{x}{S}, A = l;$$

$$\Theta_H = l, S = l, T = \frac{a\tau}{s^2}.$$

Unda (3.5), (3.6) i (3.7) tenglamalar ushbu ko'rinishga keladi.

$$\frac{d\Theta}{dT} = \frac{d^2\Theta}{dx^2}; \quad (3.8)$$

$$T = 0, \Theta = l; \quad (3.9)$$

$$X = l, \Theta = 0. \quad (3.10)$$

Binobarin, yechim o'lchamsiz temperatura uning o'lchamsiz vaqtga bog'lanilganligi va koordinatalarni ko'rinishda ko'rsak bo'ladi.

$$\Theta = \Psi(T, X) \equiv \Psi(F_0, X) \equiv \Psi\left(\frac{a\tau}{s^2}, \frac{x}{s}\right).$$

O'lcamsiz vaqtni Fure kriteriysi deb ataladi.

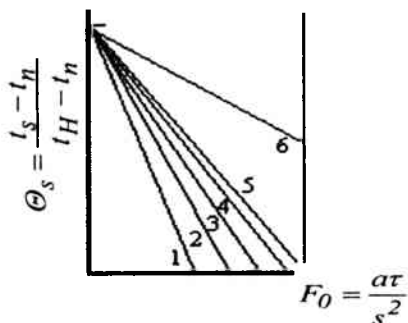
$$F_0 = \frac{a\tau}{s^2}.$$

Boshqa turdagi formaga ega bo'lgan jismlar uchun ham yechim analitik ravishda beriladi. Texnik masalalarda jismning o'rtasidagi temperaturani bilishi kifoya. (t_s) jism: ($X = x/s = 0$).

(3.8) tenglama (3.9), (3.10) chegaraviy shartlar bilan (3.7) boshqa formadagi jismlar uchun ushbu ko'rinishga ega:

$$\Theta_s = \frac{t_s - t_n}{t_H - t_n} = \Psi\left(\frac{a\tau}{s^2}, 0\right).$$

- 1 – shar,
- 2 – silindr $L=D$,
- 3 – kub,
- 4 – silindr uzunligi $L = \infty$,
- 5 – kvadrat kesimli sterjen,
- 6 – plastina.

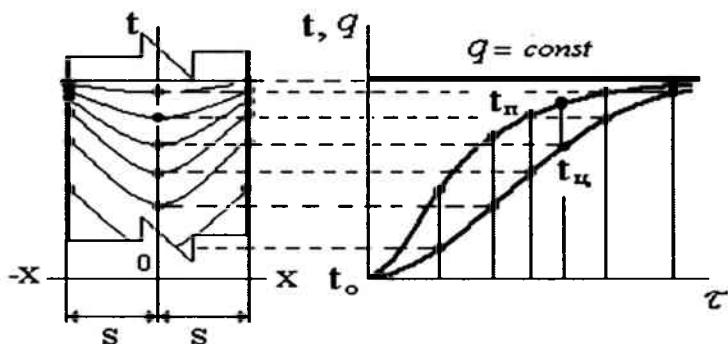


3.7-rasm. Jism markazi temperaturasi aniqlash uchun diagrammaning umumiy ko'rinishi.

Issiqlik oqimining zichligi doimiy bo'lganda jismlarning qizishi

Issiqlik oqimining zichligi berilgan masala, oqimning jism sirtidan o'tishi vaqt va koordinatalar funksiyasini 2-turdagi chegaraviy shartlar deb nomlanadi. Eng sodda holatni ko'rib chiqamiz. Bunda cheksiz plastina qizdiriladi, issiqlik oqimi zichligi, vaqt o'tishi bilan

o'zgarmaydi. Qizdirish boshlanishidan avval plastinaning harorat maydoni bir tekis. Issiqlik oqiniining doimiy zichligida qizdirish metodik va kamerali pechlarda uchraydi.



3.8-rasm. 2-turdagi chegaraviy shartlarda yassi plastina qizdirilishi.

Masalani matematik ko'rinishda ifoda etamiz:

O'lchash boshlanishi (plastinaning boshlang'ich haroratini qabul qilamiz). t_H , unda har qanday boshqa harorat $v = t - t_H$, Cheksiz plastina uchun Fure tenglamasi ushbu ko'rinishga ega:

$$\frac{dv}{d\tau} = a \frac{d^2 v}{dx^2}, \quad (3.11)$$

Boshlang'ich shart :

$$\tau = 0; v = 0.$$

Jism sirtidagi issiqlik oqimi, jism markazidagi issiqlik oqimiga teng. Buni Fure tenglamasi orqali ifodalasak

Fure $Q^* = -\lambda F \tau \text{grad} T$, unda

Chegaraviy shartlar:

$$x = \pm S; q = \pm \lambda \text{grad} t. \quad (3.12)$$

(3.11) tenglamani va chegaraviy shartlarni o'lchamsiz miqdorlarga keltiramiz. Unda biz o'lchamsiz temperaturaning o'lchamsiz vaqtga va koordinatalarga bog'liqligi:

$$\Theta = \Psi(T, X) \text{ yoki } \frac{\lambda(t-t_H)}{qS} = \Psi\left(\frac{a\tau}{s^2}, \frac{x}{s}\right). \quad (3.13)$$

Boshqa formadagi jismlar uchiun analitik ravishda yechiladi.

Qizdirish boshlangandan so'ng (3.13) turda boshqacha ko'rinish hosil qiladi. Shuning uchun bunday turlagi bog'lanishlar boshqacha ko'rinishga ega bo'lib, ularni grafiklar bilan emas, formula ko'rinishda keltiradilar.

Plastina uchun $\frac{a\tau}{s^2} > 0.2 - 0.3$

$$\frac{\lambda(t-t_H)}{qS} = \frac{1}{2} \left[2 \frac{a\tau}{s^2} + \left(\frac{x}{s} \right)^2 - \frac{1}{3} \right],$$

Silindr uchun $\frac{a\tau}{s^2} > 0.1 - 0.2$.

$$\frac{\lambda(t-t_H)}{qR} = \frac{1}{2} \left[4 \frac{a\tau}{R^2} + \left(\frac{x}{R} \right)^2 - \frac{1}{2} \right]$$

Konveksiya bilan issiqlik uzatish

Doimiy haroratli muhitdan konveksiya bilan jismlarni qizdirish

Atrof-muhitga haroratning berilishi muhit va sirtning issiqlik almashinuvida, vaqt va koordinatalar funksiyasi 3-turdagi chegaraviy shartlar deb ataymiz.

Sirt ustiga kelayotgan issiqlik oqimi,

$$q = \alpha(t_c - t).$$

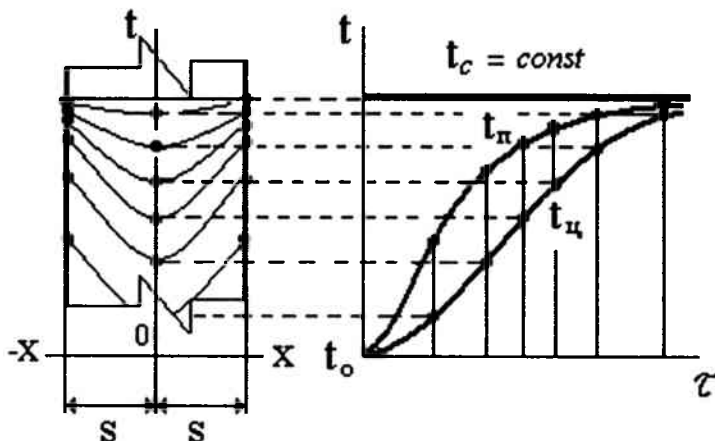
Sirtan jism ichkarisiga kirayotgan issiqlik oqimi

$$q = -\lambda grad t.$$

3-turdagi chegaraviy shartlar:

$$\alpha(t_c - t) = -\lambda grad t.$$

3-turdagi chegaraviy shartlar bilan qizdirish jarayoni ko'plab uchraydi. Masalan – pech ichidagi doimiy haroratda zagatovkalarini qizdirish (3.9-rasm).



3.9-rasm. Yassi plastinani 3-turdagi chegaraviy shartlar asosida qizdirilishi.

Shartlar:

O'lchamlar boshlanishi t_c unda hamma boshqa haroratlar ushbu ko'rinishga ega bo'ladi: $v = t - t_c$. Cheksiz plastinada harorat OX o'qi yo'nalishida o'zgaradi. Fure tenglamasi:

$$\frac{dv}{d\tau} = a \frac{d^2v}{dx^2} \quad (3.14)$$

Boshlang'ich shartlar: $\tau = 0$; $v = v_H$ (3.15)

Chegaraviy shartlar :

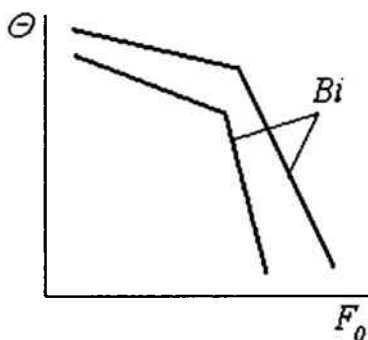
$$x = \pm S; \quad \alpha v = \pm \lambda \frac{dv}{dx} \quad (3.16)$$

(3.14÷3.16) formulalarni o'lchamsiz ko'rinishga keltirib, o'lchamsiz haroratning, issiqlik uzatishining vaqtning va koordinatalarning o'lchami koeffitsientlariga bog'liqligini aniqlaymiz.

$$\Theta = \Psi\left(A, T, \frac{x}{s}\right) \text{ yoki } \frac{t - t_c}{t_H - t_c} = \Psi\left(\frac{\alpha s}{\lambda}, \frac{a\tau}{s^2}, \frac{x}{s}\right).$$

A issiqlik uzatishning o'lchamsiz koeffitsientini Bio kriteriysi deb ataladi. Bio — $Bi = \frac{\alpha s}{\lambda}$, o'lchamsiz vaqt T — Fure kriteriysi deb nomlanadi. $F_o = \frac{a\tau}{s^2}$.

Oddiy formal jismlarning qizishi uchun (cheksiz plastina, shar, cheksiz silindr) 3-turdagi chegaraviy shartlar texnik hisoblashlarda maxsus grafiklardan foydalaniladi. Jismning o'lchamsiz markazi harorati uchun:



$$\Theta_s = \frac{t_s - t_c}{t_H - t_c} = \Psi_s\left(\frac{\alpha s}{\lambda}, \frac{a\tau}{s^2}, 0\right)$$

va sirt uchun:

$$\Theta_n = \frac{t_n - t_c}{t_H - t_c} = \Psi_n\left(\frac{\alpha s}{\lambda}, \frac{a\tau}{s^2}, 1\right).$$

3.10-rasm. Sirt va markaz o'lchamsiz temperaturasi aniqlash uchun grafikning umumiy ko'rinishi.

Bunday tipdagi grafiklar $F_o \geq 1$ tengsizlik bo'lganida va $F_o < 1$ bo'lganligi uchun D.V. Budrin va I.M. Krasovskiy tomonidan tuzilgan.

Atrof-muhit temperaturasi va nurlanish bilan issiqlik almashinuvi, muhit va sirt orqali temperaturani berilish vaqti, koordinatlar funksiyasini 3-turdagi chiziqli bo'lmagan chegaraviy shartlar deb ataladi.

$$\sigma_{pr}(T_c^4 - T^4) = -\lambda grad T.$$

Qizdirish avvalgidek bo'lib o'tadi.

Fure tenglamasi:

$$\frac{dT}{d\tau} = a \frac{d^2 T}{dx^2}.$$

Boshlang'ich shartlar: $\tau = 0$; $T = T_H$.

Chegaraviy shartlar: $x = \pm S$; $\sigma_{pr}(T_c^4 - T^4) = \pm \lambda \frac{dT}{dx}$.

Tenglama va chegaraviy shartlarni o'lchamsiz ko'rinishga keltirib, o'lchamsiz temperatura uchun quyidagi bog'lanishga ega bo'lamiz:

$$\frac{T}{T_c} = \Psi \left(\frac{\alpha \tau}{s^2}, \frac{\sigma_{pr} T_c^3 s}{\lambda}, \frac{T_n}{T_c}, \frac{x}{s} \right). \quad (3.17)$$

(3.17) Bog'lanish 5 ta kattalikni o'z ichiga oladi. Shuning uchun grafik holda katta (x/s) koordinataning aniq miqdorlari uchun ham ko'rinish tarzida taqdim etib bo'lmaydi. Chiziqli bo'lmagan chegaraviy shartlarni chiziqli bilan almashtiramiz. Buning uchun nurlanish bilan qizdirish uchun issiqlik uzatish koeffitsientini kiritamiz: $\alpha_l = \sigma_{pr}(T_c + T)(T_c^2 + T^2)$, bu Budrin va Krasovskiy grafiklaridan foydalanish imkonini beradi.

3.3. Issiqlikni nurlanish bilan uzatilishi

Barcha jismlar absolyut noldan farqli temperaturaga ega bo'lsa atom va molekullarning kvant o'tishlari natijasida energiyani nurlanish orqali tarqatadi. To'xtovsiz nurlanish uchun kerakli miqdordagi energiya tashqaridan yoki yadroviy bo'linish reaksiyalaridan (Quyosh) kelishi kerak. Atom va molekullarning bir holatdan ikkinchi holatga o'tishl turlicha ta'sirga ega bo'lganligi sababli, nurlanish ham turli uzunlikdagi to'lqinlar bilan tarqaladi. Temperaturaviy yoki issiqlik nurlanish elektromagnit tebranishlarning bir turi bo'lib, $0.4 \div 40$ nm to'lqin uzunligida tarqaladi. Uning bir qismi ko'rinadigan nurlar $0.4 \div 0.8$ mkm to'lqin uzunligiga va bir qismi infraqizil spektriga mansub bo'lib,

to'liqin uzunligi 0.8 to 40 mkm gacha bo'ladi. Issiqlik nurlanishining vakuumdagi tezligi yorug'lik tezligiga teng va yorug'lik qonuniyatlariga bo'ysunadi.

Qattiq va shaffof bo'lmagan jismlarning yupqa sirt qatlami qatnashadi:

- Metallarda — 0.0005 mm,
- Dielektrlarda — mm ning o'ndan bir ulushi qalinligida bo'ladi.

Shaffof jismlar (shisha va bir qator suyuqlik va gazlar) uchun nurlanish hajmiy bo'ladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik va konveksiya bilan issiqlik uzatish intensivligi temperatura darajasiga bog'liq bo'lmaydi va temperaturalar farqi bilan aniqlanadi. Nurlanish bilan issiqlik tarqalishi 20°C da konveksiya issiqlik almashinuviga teng. Yuqori temperaturalarda ($\geq 500^{\circ}\text{C}$) issiqlikning nurlanish bilan uzatilishi odatda asosiy bo'lib qoladi.

Nurlanish bilan issiqlik uzatishning asosiy tushunchalari va qonunlari

Jismning $\lambda = 0$ dan $\lambda = \infty$, gacha spektr oralig'idagi jami nurlanish integral nurlanish deb ataladi. Cheksiz kichik intervaldagi λ dan $\lambda + \Delta\lambda$, gacha monoxromatik nurlanish, umumiy tasniflari spektral deb nom olgan.

Nurlanishning quvvati Q , qandaydir sirt orqali o'tishi nurli oqim deb ataladi. Qandaydir sirt birligiga nurlanish quvvatining nisbati nurlanishning zichligi deb ataladi:

$$E = \frac{dQ}{dF}, \text{ Vt/m}^2.$$

Agar jismga Q_{pad} , nurli oqim tushsa, umumiy holda uning bir qismi jism yuzasidan qaytadi Q_{pogl} , bir qismi yutiladi Q_{otr} , bir qismi orqali o'tib ketadi Q_{prop} .

$$Q_{pad} = Q_{pogl} + Q_{otr} + Q_{prop},$$

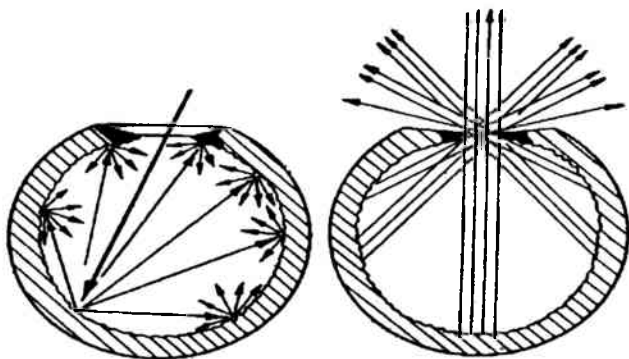
Yoki

$$\frac{Q_{pogl}}{Q_{pad}} + \frac{Q_{otr}}{Q_{pad}} + \frac{Q_{prop}}{Q_{pad}} = A + R + D = 1,$$

Bu yerda: A – yutilish, R – qaytish, D – jismning o'tkazuvchanlik darajasi deb hisoblanadi.

Agar $A = 1$ ($R = D = 0$) teng bo'lsa jism absolyut qora bo'lib, tushayotgan hamma jism nur yutadi. Tabiatda absolyut qora jism uchramaydi. Absolyut qora jism modeli 3.11-rasmda keltirilgan (berk idishdagi teshik). Bir jismning nurlanish zichligining absolyut jism zichligiga nisbati jismning qoralik darajasi deb ataladi.

$$\varepsilon = \frac{E}{E_0}.$$

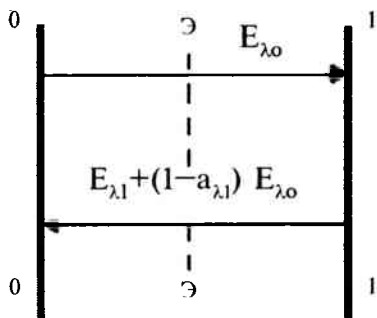


3.11-rasm. Absolyut qora jism modeli:
a – yutish, b – nurlanish.

Agar $R=1$ ($A=D=0$), butun tushayotgan nur jism tomonidan qaytariladi (absolyut oq jism). Agar har bir nur turli tomonlarga qaytarilsa bunday qaytarish diffuzion deyiladi. Absolyut oq jism tabiatda bo'lmaydi, lekin ba'zi materiallar juda yuqori qaytarish koeffitsientiga ega ($R=0.95$).

Agar $D=1$ ($A=R=0$) – absolyut shaffof jism yoki diatermik deb nomlanadi. Ikki atomli gazlarning ko'pchiligi va spektr-

ning ko'rinish nurlari spektrida turli shishalar diatermik hisoblanadi.



3.12-rasm. Kulrang va absolyut qora jismlarning o'zaro nurlanish issiq oqimlari chizmasi.

Ikkita cheksiz yuzani ko'rib chiqamiz. Ular orasidagi masofa ularning o'lchamlariga nisbatan juda kichik 1-yuzaning yutishi imkoniyati a_1 , absolyut qora jism yuzasining $(0)a_0=1$ deb olamiz. Ular orasiga λ to'lqin uzunliklari uchun shaffof ekran o'rnatamiz. Qolgan to'lqin uzunliklarini erkin holda to'la qaytaradi. Ekran va yuzalar temperaturasi bir xil, ya'ni ular temperaturaviy texnikaviy muvozanatdalar.

0 $\rightarrow$ 1 yuzaning nurlanish zichligi uning xususiy nurlanishi bilan shartlanadi va $E_{\lambda 0}$ ga teng. 1 $\rightarrow$ 0 yuzasining nurlanish zichligi uning xususiy nurlanishi 1 va 0 yuzasining qaytarish nurlanishga teng.

$E_{\lambda 1} + (1-a_{\lambda}) E_{\lambda 0}$. Lekin tizim temperaturaviy muvozanatda ekanligidan quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi (3.18).

$$E_{\lambda 0} = E_{\lambda 1} + (1 - a_{\lambda}) E_{\lambda 0}. \quad (3.18)$$

$$\frac{E_{\lambda 1}}{E_{\lambda 0}} = a_{\lambda}, \text{ yoki } \frac{E_{\lambda 1}}{a_{\lambda}} = E_{\lambda 0}. \quad (3.19)$$

Kirxgof qonuni:

Jismning nurlanish zichligini uning qaytarish xususiyatiga nisbati, har bir temperatura va to'lqin uzunligi uchun, o'zgarmas kattalikdir.

■ To'lqin uzunligining tanlovi ixtiyoriy bo'lgani sabab va yutish xususiyati 1 dan katta bo'lmasligini inobatga olib, har bir to'lqin uzunligida absolyut qora jismning nurlanish zichligi shu temperaturadagi boshqa jismning nurlanish zichligidan katta.

■ 1 yuzaning xossalari to'g'risida cheklov bo'lmagani bois (3.19) tenglik hamma yuzalar uchun, shu temperaturada, to'g'ri keladi.

$$\frac{E_{\lambda 1}}{a_{\lambda 1}} = \frac{E_{\lambda 2}}{a_{\lambda 2}} = \frac{E_{\lambda 3}}{a_{\lambda 3}} = \dots = E_{\lambda 0}.$$

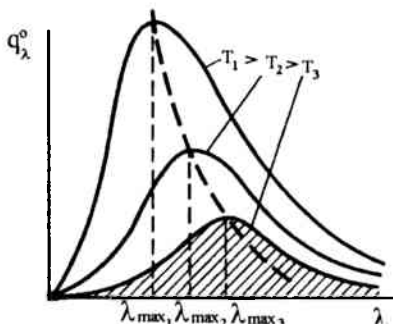
Plank va Vin qonuni:

Oqim zichligining spektral taqsimlanishi yarim sferik absolyut qora jismning nurlanishi *Plank qonuni* asosida aniqlanadi.

$$q_{\lambda}^o = c_1 \lambda^{-5} \left[\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1 \right]^{-1},$$

bu yerda, c_1 c_2 – konstanta (3.13-rasm).

Grafikdan ko'rinib turibdiki, absolyut qora jismning temperaturasi ortishi bilan nurlanishi energiyasining maksimumi kaltaroq uzunlikdagi to'lqinlar tomoniga siljiydi. Maksimum nuqtalaridan o'tgan shtrixlangan chiziqlar Vinning siljish qonuniga mos keladi.



3.13-rasm. Ma'lum temperaturadagi yarim sferik absolyut qora jismning oqim zichligining spektral taqsimoti berilgan.

$$\lambda_{max} T = 2897,8 \text{ mkm} \cdot K$$

Stefan-Boltsman qonuni

Absolyut qora jismning temperaturada umumiy sferik nurlanish zichligiga bog'liqligini 1879-yilda I. Stefan tomonidan ochildigan va L. Boltsmanning termodinamikasida tasdiqlangan (1884-y.).

$$E_o = \sigma_o T^4,$$

Bu yerda, $\sigma_o = 5.7 \cdot 10^{-8} \text{ Vt/m}^2 \cdot K^4$ – absolyut qora jismning nurlanish koeffitsienti.

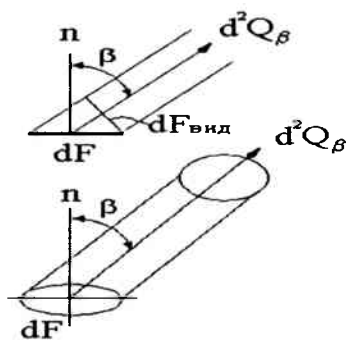
Ushbu formula liamma hisoblash ishlarida nurli issiqlik almashinuvida asos bo'lib xizmat qiladi. Lekin σ_o juda kichik va T^4 ta katta bo'lganligi sabab ushbu formuladan foydalaniladi:

$$E_o = c_o \left(\frac{T}{100} \right)^4,$$

Bu yerda, $c_o = 5.7 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$ – absolyut qora jism nurlanish uchun keltirilgan koeffitsient.

Lambert qonuni

Jism tomonidan taralayotgan nurli energiya fazoda turli yoʻnalishlar boʻylab, turli intensivlik bilan tarqaladi. Nurlanish intensivligi va uning yoʻnalishi oraliqʻidan bogʻlanish qonuni **Lambert qonuni** deb ataladi. $d\omega$, Fazoviy burchak boʻyicha dF elementar maydon yuzasidan taralayotgan nurli oqim d^2Q_β , burchak boʻyicha yoʻnaltirilgan boʻlsa, uning miqdori shu β burchakka oʻtkazilgan normalga proporsional boʻlib, koʻrinishi yoʻnalishi boʻyicha $d\omega$ burchagiga teng (3.14-rasm).



3.14-rasm. Lambert qonuniga xulosa.

$$dF_{vid} = dF \cos \beta, \text{ bundan}$$

$$d^2Q_\beta = b dF \cos \beta d\omega,$$

bu yerda, b – koeffitsienti hamma burchaklar uchun bir xil boʻlib, yorqinlik maydonchani nurlantiruvchiligini tasniflaydi. Spunday qilib nurli energiyaning eng katta miqdori perpendikulyar yoʻnalishda, yaʼni $\beta=0$. β burchak kattalashgan sari nurlanish intensivligi kamayadi va $\beta=90^\circ$ gradusda 0 teng. Lambert qonuni absolyut qora jismlar va diffuzi-

on nurlanishga ega boʻlgan jismlar uchun ham tegishli $\beta=0-60^\circ$. Sayqallangan jismlar uchun Lambert qonunini qoʻllab boʻlmaydi. Ular uchun β burchagidan nur taratish sirtga normal holatidan koʻp boʻladi.

Real jismlarning nurlanishi. Kulrang jism. Real jismlarning nur yutish qobiliyati ularning tabiati sirt holatiga bogʻliq. Ok-

sid plyonkalarining borligi, ifloslanishlar va boshqa xossalari ham ta'sir etadi.

Hamma real jismlarning monoxromatik yutish koeffitsienti turli to'liq uzunliklar uchun bir xil emas. Agar yutish qobiliyati α_λ o'zgaruvchan miqdor bo'lsa Kirxgof qonuniga ko'ra ϵ_λ qoralik darajasi ham to'liq uzunligi bilan o'zgaradi.

Jismning qoralik darajasining to'liq uzunligi bo'yicha o'zgarishi **selektiv nurlanish** deyiladi.

Selektivlikning eng katta miqdori gazlarda, eng kichik selektivlik g'adir-budir sirtli qattiq dielektrlarda bo'ladi.

Real jismlar nurlanishi ideal diffuzion bo'lmaydi. Shuning uchun yuza sirtidan nurlarning yorqinligi uning sirt yuzasiga katta burchaklar ostidagi yo'nalishi ham muhim miqdorga ega bo'lmaydi. (3.15-rasm).

$b_\beta - b = f(\beta)$, bu yerda: b — yorqinlik, b_0 — absolyut qora jism nurlanish yorqinligi.

Texnik hisoblarni yengillashtirish uchun kulrang jism haqida tushuncha kiritiladi.

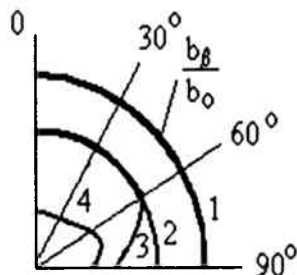
Kulrang jism deb, shunday jismlarga aytiladiki, ularning hamma yo'nalishlardagi erkinligi bir xil va qoralik darajasi o'zgarmasdir.

$$E = \epsilon E_0 = \epsilon \sigma_0 T^4$$

Texnik hisoblashlarda real jismlar kulrang hisobda o'tadi. Bu holatda uning nur yutish qobiliyati uning qoralik darajasiga teng ($\alpha = \epsilon$).

Shaffof muhitda kulrang jismlarning issiqlik almashinuvi

Oddiy holat — 2 ta parallel absolyut qora sirtlar orasidagi issiqlik almashinuvini ko'rib chiqamiz. Plastinkalar orasidagi masofa uning o'lchamlariga qaraganda juda kichik.



3.15-rasm. Nurlanishning fazoda taqsimlanishi:
1-absolyut qora jism,
2-ideal kulrang, 3-dielektriklar, 4-metallar.

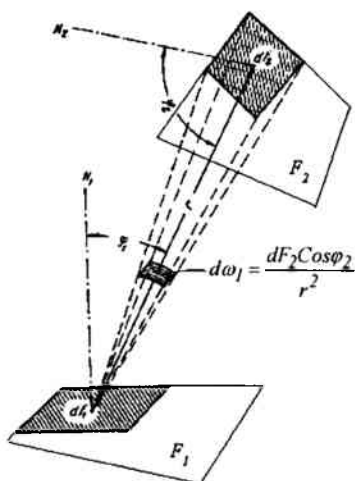
Birinchi jism nurlanishi ikkinchi jism tomonidan to'la yutiladi. Chunki $a_0=1$. Sovuq sirt orqali o'tayotgan natijaviy oqim:

$$Q_{rez} = (E_{01} - E_{02})F = \sigma_0 F (T_1^4 - T_2^4)$$

Fazoda erkin joylashgan kulrang sirtlarning issiqlik almashinuvi blrmuncha murakkablashadi:

1) Hamma nurlanish bir sirtidan ikkinchi sirtga to'la tushmasligi mumkin.

2) Hamma nurlar ham sirt tomonidan nur yutmasligi mumkin.



3.17-rasm. Fazoda erkin joylashgan ikkita sirtning o'zaro issiqlik almashinuviga xulosa.

F_1 sirtidan nurlanish oqimining qaysi qismi F_2 sirtga tushishini aniqlaymiz. Lambert qonuniga asosan nurli oqim:

$$d^2 Q_{1-2} = b_0 dF_1 \cos \varphi_1 d\omega_1.$$

fazoviy burchak

$$d\omega_1 = \frac{dF_2 \cos \varphi_2}{r^2},$$

bo'lganligi sabab

$$d^2 Q_{1-2} = \frac{b_{01}}{r^2} \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 dF_1 dF_2.$$

Q_{1-2} , nurli oqimni aniqlash uchun ifodani integrallaymiz:

$$Q_{1-2} = b_{01} \int_{F_1} \int_{F_2} \frac{1}{r^2} \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 dF_1 dF_2 \quad (3.20)$$

To'la yarim sferik oqimni F_1 sirtidan F_2 , sirtga o'tishi formulaga asosan:

$$E = b \int_{2\pi} \cos \varphi d\omega = b\pi,$$

bo'lad

$$Q_1 = E_{01}F_1 = b_0\pi F_1 \quad (3.21)$$

(3.20) ifodani (3.21), ifodaga bo'lib,

$$\varphi_{12} = \frac{Q_{1-2}}{Q_1} = \frac{1}{F_1} \iint_{F_1 F_2} \frac{1}{\pi r^2} \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 dF_1 dF_2 \quad (3.22)$$

φ_{12} miqdor yarim sferik oqimning qaysi bo'lagi F_1 , sirtidan F_2 tushayotganini ko'rsatadi va burchak koeffitsienti deb ataladi. Bu geometrik tasnif hisoblanadi.

Analitik ravishda

$$\varphi_{21} = \frac{1}{F_2} \iint_{F_1 F_2} \frac{1}{\pi r^2} \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 dF_1 dF_2 \quad (3.23)$$

φ_{12} va φ_{21} hisoblanishi ushbu formulalar bilan amaliy masalalar yechishda matematik qiymchiliklarga olib keladi. Shuning uchun φ burchagini G.L. Polyak usulida, ba'zi bir xossalarga tayangan holda topiladi:

■ O'zarolik xossasi

(3.22) va (3.23), solishtirib $\varphi_{12}F_1 = \varphi_{21}F_2$ ifodasiga ega bo'lamiz

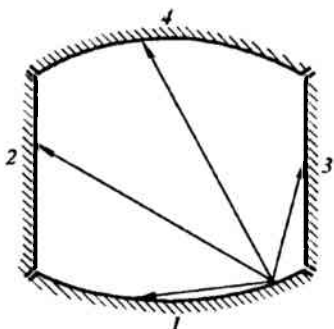
■ Bog'lanish xossasi

Absolyut qora jismlar tizimini ko'rib chiqamiz (3.18-rasm).

I yuza sirtidan nurlanish atrof sirtlariga 2–4 va qisman o'ziga ham (agar I sirt botiq bo'lsa) shuning uchun

$$\sum_I^i Q_{I-i} = Q_I.$$

Q_I ga bo'lib hosil qilamiz.

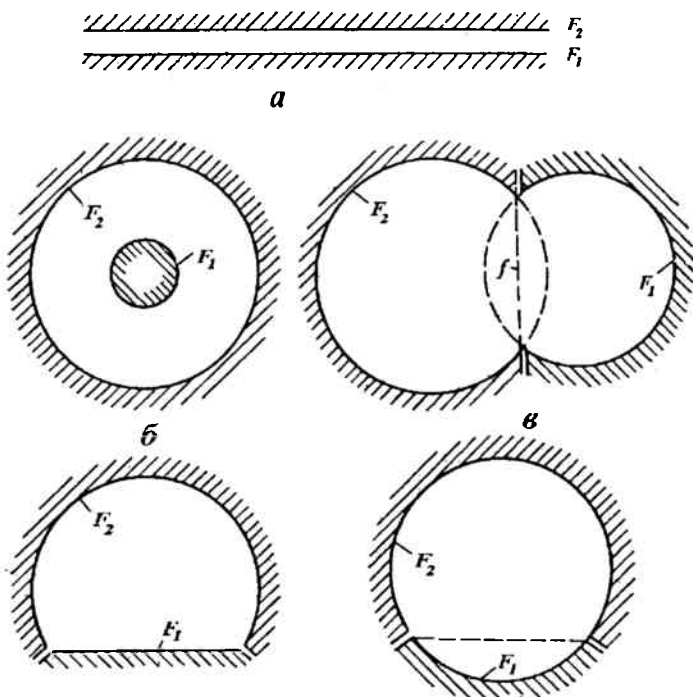


3.18-rasm. Jismlarning yopiq tizimi.

$$\frac{\sum_{l=1}^i Q_{l-i}}{Q_l} = \sum_{l=1}^i \frac{Q_{l-i}}{Q_l} = \sum_{l=1}^i \varphi_{li} = 1.$$

Bog'lanish xossasi: Yopiq tizimdagi burchak koeffitsientlar yig'indisi 1 ga teng. Amaliyotda uchrab turgan holatlar uchun burchak koeffitsientlarini aniqlaymiz.

3.19. rasmda 2 ta jisimli tizim ko'rsatilgan.



3.19-rasm. 2 ta jisimli yopiq tizimlar.

Ko'rinib turibdiki: bunday jismlardan bir nechta:

1) Ikkita yassi sirtlarning joylashuvi bir-biridan juda kichik masofada

$$\varphi_{12}=1 \text{ va } \varphi_{21}=1;$$

2) Ikkita konsentrik sferik sirtlar yoki ikkita dumaloq koaksial cheksiz uzun slindrlar

$$\varphi_{12}=1 \text{ va } \varphi_{21}=\frac{F_1}{F_2};$$

3) Bir-biri bilan kesishgan 2 ta g'ovak sferalarning ichki yuzalari sirti.

$$\varphi_{12}=1-\frac{F_1}{F_{01}}=\frac{f}{F_1}$$

va

$$\varphi_{21}=1-\frac{F_2}{F_{02}}=\frac{f}{F_2},$$

Bu yerda: F_1 va F_2 — o'zaro nurlanish holatidagi sirtlar;

F_{01} va F_{02} — kesishayotgan sferalarning to'la sirti;

f — doira maydoni, F_{01} va F_{02} sirtlarining kesim chiziqlari uning chekkasi hisoblanadi.

4) Sharsimon segmentning ichki sirti va yassi aylana sirt, segmentning asosidir (F_1 — asos sirt, F_2 — botiq sirt),

$$\varphi_{12}=1 \text{ va } \varphi_{21}=\frac{F_1}{F_2}.$$

Bu holat avvalgidan kelib chiqadi.

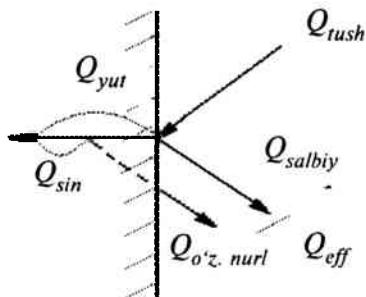
$$F_1 = f;$$

5) Ikkita sirt sferik yuza hosil qilib, ularning konturlari turlicha bo'lishi mumkin:

$$\varphi_{12}=\frac{F_2}{F_1+F_2} \text{ va } \varphi_{21}=\frac{F_1}{F_1+F_2}.$$

Ikkita kulrang yopiq jismlar tizimi. Effektiv issiqlik oqimi tushunchasi. Yopiq tizimlardagi issiqlik almashinuvini ko'rib chiqamiz. Jismga Q_{pad} , nurli oqim boshqa jismdan tushmoqda, agar

jismda botiqliklar bo'lsa jismning o'zidan holi nurlanish tushishi chizmada ko'rsatilgan.



3.20-rasm. Nurli issiqlik oqimlarning sirtga tushish chizmasi.

Jism sirtidan tushayotgan nurli oqimni ($Q_{yutish} = a \cdot Q_{tush}$) yutadi, qolgani issiqlik oqimini qaytaradi

$$Q_{qayt} = Q_{tush} - Q_{yutish}.$$

Natijaviy qizdirishga ketgan issiqlik oqimi:

$$Q_{singtish} = Q_{yutish} - Q_{o'z. nurl} = aQ_{tush} - Q_{o'z. nurl} \quad (3.24)$$

Shaffof bo'lmagan sirt uchun, $a+r=1$, shuning uchun

$$Q_{salbiy} = r \cdot Q_{tushish} = (1-a)Q_{tushish}.$$

3.24 tenglamani o'rniga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz.

$$Q_{tushish} = \frac{Q_{sin} + Q_{o'z. nurl}}{a} \quad \text{yoki} \quad Q_{salbiy} = (Q_{sin} + Q_{o'z. nurl}) \left(\frac{1}{a} - 1 \right).$$

Qaytarilgan jism o'zining nurlanishi effektiv nurlanish deb ataladi va quyidagicha ifodalanadi.

$$Q_{eff} = Q_{o'z. nurl} + Q_{salbiy} = Q_{o'z. nurl} + (Q_{sin} + Q_{o'z. nurl}) \left(\frac{1}{a} - 1 \right).$$

Kulrang jismning sirti $Q_{sob} = \epsilon E_0 F$, $\epsilon=a$, hisobga olgan holda hosil qilamiz

$$Q_{eff} = E_0 F + Q_{sin} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right) = \sigma_0 F T^4 + Q_{sin} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right).$$

Agar jism o'zining nurlanishi yutilgandan katta bo'lsa natijaviy issiqlik oqimi manfiy kattalikka ega bo'lamiz.

Ikkita erkin holdagi kulrang sirtning 1-2 biri bilan issiqlik alamashinuvini ko'rib chiqamiz. Bu sirtlar $T_1 > T_2$ — yopiq tizimi hosil qiladi. $Q_{rez\ 1-2}$ ni topamiz.

Tizim yopiqligi uchun 1-sirtidan chiqib ketayotgan nurli oqim 1-2 sirtlar orasida taqsimlanadi. 2-sirtga tushayotgan oqim qismi burchak koeffitsienti bilan aniqlanadi, 1-sirtga esa φ_{21} natijaviy oqim

$$Q_{12} = Q_{eff\ 1} \cdot \varphi_{12} - Q_{eff\ 2} \cdot \varphi_{21},$$

yoki

$$\begin{aligned} Q_{12} = & \sigma_0 F_1 T_1^4 \varphi_{12} + Q_{rez\ 1} \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right) \varphi_{12} - \\ & - \sigma_0 F_2 T_2^4 \varphi_{21} - Q_{rez\ 2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right) \varphi_{21}. \end{aligned} \quad (3.25)$$

Energiyaning saqlanish qonuniga asosan $Q_{12} = -Q_{rez\ 1} = Q_{rez\ 2}$. O'zarolik xossasidan $\varphi_{12} F_1 = \varphi_{21} F_2$. (3.25) tenglamani algebraik o'zgartirib, quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$Q_{12} = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right) \varphi_{12} + \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right) \varphi_{21}} \sigma_0 (T_1^4 - T_2^4) \varphi_{12} F_1$$

Yoki

$$Q_{12} \equiv \varepsilon_{12} \sigma_0 (T_1^4 - T_2^4) F_1 \equiv \sigma_{12} (T_1^4 - T_2^4) F_1,$$

Bu yerda:

ε_{12} — keltirilgan qoralik darajasi,

σ_{12} – keltirilgan nurlanish koeffitsienti.

3.19 (a), chizmada keltirilgani uchun

$$\phi_{12}=1 \text{ va } \phi_{21}=1; F_1=F_2;$$

$$Q_{12} = \frac{\sigma_0 \phi_{12} (T_1^4 - T_2^4) F_1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \equiv \sigma_{12} (T_1^4 - T_2^4) F.$$

3.19 (b)dagi sxema uchun $\phi_{12}=1$ va $\phi_{21}=F_1/F_2$,

$$Q_{12} = \frac{\sigma_0 \phi_{12} (T_1^4 - T_2^4) F_1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + (\frac{1}{\varepsilon_2} - 1) \frac{F_1}{F_2}} \equiv \sigma_{12} (T_1^4 - T_2^4) F_1.$$

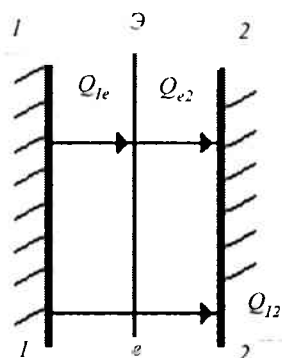
Ekran o'rnatilgandagi issiqlik almashinuvi

Ba'zi hollarda nurli issiqlik oqimini kamaytirish uchun (masalan vakuum pechlarida) uning yo'lida ekranlar o'rnatilgan bo'lishi mumkin, ya'ni shaffof bo'lmagan yupqa, masalan metall listlar bilan.

Faraz qilaylik, 2 ta tekis parallel sirtlar 1–2-bo'lib, ular bir-birining ro'parasida joylashgan va ular orasidagi masofa ularning o'lchamlaridan ancha kichik (3.21-rasm). Jismlarning sirt yuzasi maydoni – F . Ularning temperaturasi T_1 va T_2 ga teng, nurlanish koeffitsienti aniq va bir xil. Plastmassalar orasiga shaffof bo'lmagan list o'rnatamiz, o'rnatilgan list shu darajada yupqaki, uning harorati ikkala tomonida bir xil.

1-sirtga 2-sirtga o'tayotgan issiqlik oqimini topamiz. O'rnatilgan rejim statSIONARligi tufayli

$$Q_{1e} = Q_{2e} = Q_{12};$$



3.21-rasm. Yupqa ekran o'rnatilgandagi nurlanish bilan issiqlik almashinuvi.

$Q_{le} = \sigma_{le} (T_l^4 - T_e^4) F;$	$\frac{Q_{le}}{\sigma_{le} F} = (T_l^4 - T_e^4)$
$Q_{e2} = \sigma_{e2} (T_e^4 - T_2^4) F;$	$\frac{Q_{e2}}{\sigma_{e2} F} = (T_e^4 - T_2^4)$

Ularni qo'shib quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{Q_{le}}{\sigma_{le} F} + \frac{Q_{e2}}{\sigma_{e2} F} = (T_l^4 - T_2^4),$$

Yoki

$$Q_{l2} = \frac{\frac{1}{\sigma_{le}} + \frac{1}{\sigma_{e2}}}{\frac{1}{\sigma_{le}} + \frac{1}{\sigma_{e2}}} (T_l^4 - T_2^4) F, \quad (3.26)$$

Bu yerda: $\sigma_{le} = \sigma_{e2} = \frac{\sigma_0}{\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon_e} - 1}$. σ uning ifodasini (3.26) ga

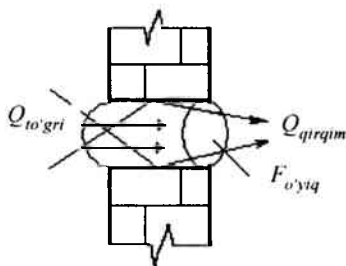
qo'yamiz

$$Q_{l2} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_0}{(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon_e} - 1)} (T_l^4 - T_2^4) F.$$

Shunday qilib, bitta ekranning o'rnatilishi nurli issiqlik oqimini 2 barobar kamaytiradi. Agar $\varepsilon = \varepsilon_e$. Ekraning qoralik darajasi qancha kam bo'lsa issiqlik oqimi shuncha kamayadi. Q_{l2} . Agar n ta ekran o'rnatilsa natijaviy issiqlik oqimi $n+1$ marta kamayadi.

Oynalardan yoki pech devorlari teshiklaridan chiqqan nurlanish

Ko'p hollarda pech devorlaridan ochiq holda yoki ko'rish oynalari va boshqa teshiklardan chiqqan nurlanishning teshiklardan chiqqan ishi ko'riladi.



3.22-rasm. Teshikdan chiqayotgan nurli oqim.

Ko'p holiarda pech devorlaridan ochiq ishchi oynalari va boshqa teshiklardan chiqqan nurlanish bilan ish ko'riladi (3.22-rasm).

Ko'rilayotgan hol uchun issiqlik yo'qotishlarni hisoblash uchun (3.27) formuladan va 3.23-rasmdagi keltirilgan egri chiziqlardan foydalanish mumkin. Nurlanishning hisoblashlarida F koeffitsientini odatda diafragmalash koeffitsienti deb ataladi.

Hisoblashlar asosida, nurlanish absolyut qora jismdan taralayotgan nurlanish bo'lib, teshik chetiga tortilgan hisobida tasvirlanadi.

Teshikdan o'tgan nurlanish yig'indisi

$$Q = C_0 \left(\frac{T_n}{100} \right)^4 F_{otv} \Phi, \quad (3.27)$$

Bu yerda: $C_0 = 5.7 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$ — absolyut qora jismning nurlanishi keltirilgan koeffitsienti.

F_{otv} — teshikning yuzasi, m^2 .

Gaz va bug'larning nurlanishi

Hamma gaz va bug'lar nurli energiyani yutish va nur chiqarish qobiliyatiga ega. Ikki atomli gazlarning nurlanishi uncha ko'p emas va ularni shaffof deb atash mumkin. Uch va undan ko'p atomli gazlar ancha yuqori selektiv yutish va nur chiqarish qobiliyatiga egadirlar (3.24-rasm).

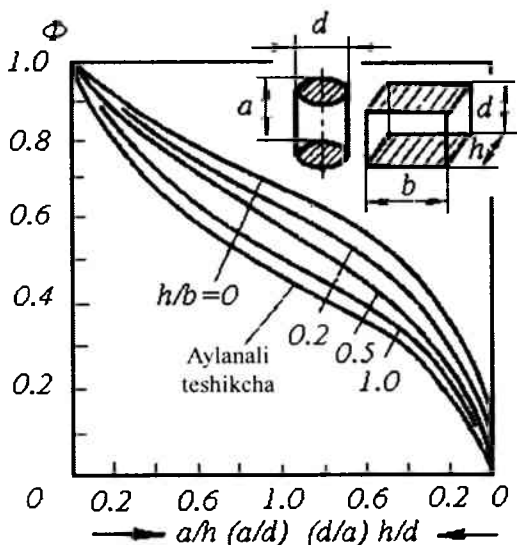
Eng katta qizish CO_2 va H_2O — bug'ida bo'lib, ular yonish mahsulotlari (tutun) tarkibiga kiradi. CO_2 va H_2O ning nurlanish energiyasi ularning parsial bosimiga (p , Pa), gaz qatlami qalinligiga va temperaturaga bog'liq.

$$E_{\text{CO}_2} = 4.1(p \cdot S)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{T}{100} \right)^{3.5}, \text{ Vt/m}^2;$$

$$E_{\text{H}_2\text{O}} = 40.7 p^{0.8} S^{0.6} \left(\frac{T}{100} \right)^3, \text{ Vt/m}^2.$$

Texnik hisoblashlar uchun bu formulalar noqulay bo'lib, shuning uchun temperaturaning to'rtinchi darajada bo'lgan formu-

lalaridan foydalaniladi. Kerakli to'g'rilash koeffitsientini gazning umumiy qoralik darajasiga — ε , kiritiladi, bu koeffitsient nurlanish intensivligini uning to'lqin uzunligiga bog'liqligini ham hisobga oladi $\varepsilon_g = f(\lambda)$.



3.23-rasm. Diagrammalash koeffitsientining oyna o'lchamlariga bog'liqligi.

$$E_{CO_2} = \varepsilon_{CO_2} c_o \left(\frac{T}{100} \right)^4 \equiv \varepsilon_{CO_2} \sigma_o T^4 ;$$

$$E_{H_2O} = \varepsilon_{H_2O} c_o \left(\frac{T}{100} \right)^4 \equiv \varepsilon_{H_2O} \sigma_o T^4$$

CO_2 va H_2O , mavjud gazlarning nurlanish qobiliyati.

$$E_G = \varepsilon_G c_o \left(\frac{T_G}{100} \right)^4 \equiv \varepsilon_G \sigma_o T_G^4 ;$$

$$\varepsilon_G = \varepsilon_{CO_2} + \varepsilon_{H_2O} \xi - \Delta \varepsilon_g ,$$

Bu yerda: ξ — to'g'rilovchi qo'shilmcha, CO_2 va H_2O ularning nurlanish fazasida birgalikdagi kesimidagi o'rni, grafiklardan aniqlanadi. Oddiy nisbatlarda komponentlarning tutun gazlaridagi ko'rinishi $\Delta\epsilon_g \sim 2 \div 4 \%$. Ushbuni juda aniq hisoblashlarda $P_o \cdot S$ ning katta miqdorlarida hisobga olinadi.

Bu yerda:

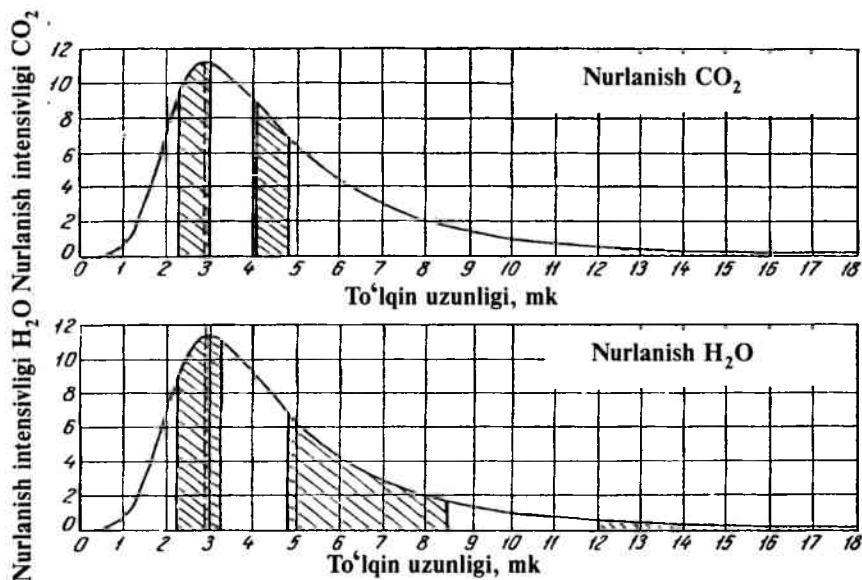
P_o — gazning umumiy bosimi;

S — nurlanishning effektiv uzunligi, $S = \eta_G \frac{4V}{F}$;

η_G — gaz nurlanishining effektivlik koeffitsienti gaz devorlarigacha yetib borgan nurlanish qismi bilan;

V — gaz bilan to'ldirilgan;

F — hajmni chegaralovchi devorlarning umumiy maydoni.



3.24-rasm. Uglekislota va suv bug'larining soddalashtirilgan nurlanish spektrlari. Nurlanayotgan gazning 1000°K va katta qalinlikdagi nurlanishi.

«Kulrang gaz – berk kulrang qobiq» tizimidagi issiqlik almashinuvi

T_1 haroratli va qoralik darajasi ε_1 bo'lgan berk kulrang qobiqni ko'rib chiqamiz. Hajmning ichki maydoni – F_1 . Hajm ichkarisi-da kulrang gaz bo'lib, uning T_G harorati tekis va qoralik darajasi – ε_G . Q_{G-1} bo'lgan gazdan hajmga o'tayotgan issiqlik oqimini aniqlaymiz. Hajmning effektiv nurlanishi gazga o'tadi, lekin faqat uning bir qismi gazning nur yutish qobiliyatiga proporsional: $a_G, a_G = \varepsilon_G$, kulrang gaz uchun bo'lsa formulaga asosan

$$Q_{eff} = E_0 F + Q_{rez} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right) = \sigma_0 F T^4 + Q_{rez} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right), \text{ hosil bo'ladi.}$$

$$Q_{pogl} = Q_{eff} \varepsilon_G = \varepsilon_G \sigma_0 F_1 T_1^4 + Q_{rez} \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right) \varepsilon_G.$$

Gazning natijaviy oqimi o'zining nurlanishi va yutish nurlanishi ayirmasiga teng:

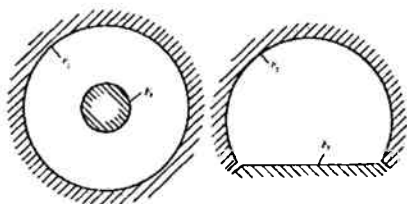
$$Q_{G-1} = Q_{sob} - Q_{pogl} = \varepsilon_G \sigma_0 F_1 T_G^4 - \varepsilon_G \sigma_0 F_1 T_1^4 - Q_{rez} \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right) \varepsilon_G. \quad (3.28)$$

Gazdan o'tayotgan natijaviy oqim hajmdan o'tayotgan ($Q_{G-1} = Q_{rez1}$) ga teng bo'lganligi sabab (3.28) formulani o'zgartirib quyidagi natijami olamiz:

$$Q_{G-1} = \frac{\sigma_0}{\left(\frac{1}{\varepsilon_G} + \frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right)} (T_G^4 - T_1^4) F_1 = \sigma_{G1} (T_G^4 - T_1^4) F_1.$$

Bu formula Nusselt nomi bilan yuritiladi. Ushbu formula asosida nurli oqimning gazdan rekuperativ trubalar va regenerativ o'rnatmalardagi jarayonlarni hisoblashda ishlatiladi.

Ikkita sirtidan iborat berk tizimdagi kulrang gaz. Ikkita



3.25-rasm. Ikki jisimli berk tizim.

kulrang sirtlar, ulardan biri 1-botiq emas (3.25-rasm), 2-botiq va adiabatik bo'lib, berk tizim hosil qiladi va kulrang gaz bilan to'ldiriladi. Gaz va sirt 1 ning harorati aniq.

Gazdan kulrang hajmga o'tayotgan 1 (QG-1-?) issiqlik oqimini aniqlaymiz.

$$Q_{G-1} = \varepsilon_G \sigma_0 F_1 T_G^4 + Q_{eff 1} (1 - a_G) - Q_{eff 1}; \quad (3.29)$$

$$Q_{eff 1} = \sigma_0 F_1 T_1^4 + Q_{rez 1} \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right).$$

$Q_{eff 2}$ aniqlashning iloji yo'q, chunki T_2 aniq emas.

2 sirt adiabativligidan foydalanamiz va uning effektiv nurlanishi, tushayotgan nurlanish oqimga teng ya'ni $Q_{eff 2} = Q_{pad 2}$.

$$Q_{pad} = Q_{G-2} + Q_{eff 1} (1 - \varepsilon_G) + Q_{eff 2} \varphi_{22} (1 - \varepsilon_G) = Q_{eff 2}, \quad (3.30)$$

$$Q_{G 2} = \sigma_0 \varepsilon_G F_2 T_G^4,$$

$$\varphi_{22} = 1 - \varphi_{21}.$$

(3.30) tenglamadan

$$Q_{eff 2} = \frac{\varepsilon_G \sigma_0 F_2 T_G^4 + Q_{eff 1} (1 - \varepsilon_G)}{1 - (1 - \varphi_{21})(1 - \varepsilon_G)}.$$

$Q_{eff 1}$ va $Q_{eff 2}$ o'rniga qo'yib (tenglama 3.29), hosil qilamiz:

$$Q_{G-1} = \varepsilon_G \varepsilon_1 \frac{\varphi_{21} (1 - \varepsilon_G) + 1}{\varphi_{21} (1 - \varepsilon_G) [\varepsilon_1 + \varepsilon_G (1 - \varepsilon_1)] + \varepsilon_G} \sigma_0 F_1 (T_G^4 - T_1^4),$$

$$Q_{G-1} = \varepsilon_{G1} \sigma_0 F_1 (T_G^4 - T_1^4) = \sigma_{G1} F_1 (T_G^4 - T_1^4). \quad (3.31)$$

Bu yerda: $\sigma_{G1} = \sigma_{pr} = \sigma_{GKM}$ - Gazning, devorning metalga keltirilgan nurlanish koeffitsienti, 1 - qizdirilayotgan metall, 2 - pech devori.

Bu formula Timofeyev tomonidan topilgan. Bu formula sanoat pechlari va qozonlarini qizdirishda qo'llaniladi.

$\omega = 1/\varphi_{21}$ devorning sirt rivojlanganligi (g'adir-budirlik) koef-fitsienti.

3.4. Konvektiv issiqlik va massa almashinuvi

Konvektiv issiqlik almashinuvi bir vaqtning o'zida issiqlik o'tkazuvchanlik hamda konveksiya hisobida o'tadi.

Bunday issiqlik almashinuvining faktorlari quyidagicha, mu-handislik hisoblarida odatda konvektiv issiqlik almashinuvi, suyuqlik va gaz oqimlarining qattiq jism sirtidan o'tib ketadi.

1. Suyuqlikning (gaz) o'zining og'irligi bilan bog'liq uning qizigan va sovuq qatlamlarining harakati — erkin harakati tabiiy konveksiya bo'ladi. Ventilyator, nasos va boshqa uskunalar bilan hosil qilingan harakat majburiy konveksiya hisoblanadi.

2. Suyuqlikning harakat rejimlari qatlamni sokin pulsatsiyasiz harakat laminar harakat deyiladi. Tartibsiz, xaotik va uyurli ha-rakatlarga turbulent harakat deyiladi.

Gaz va suyuqliklarning fizikaviy xossalari

Konvektiv issiqlik almashinuviga quyidagi parametrlar ta'sir etadi.

λ — issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti;

C — solishtirma issiqlik sig'imi;

ρ — zichligi;

$\alpha(\lambda / c\rho)$, temperatura o'tkazuvchanlik;

M — dinamik qovushqoqlik koeffitsienti;

γ — kinematik qovushqoqlik ($\gamma = M/\rho$);

Formasi — yassi, silindrik, o'lchamlari joylanishi (gorizontal, vertikal).

Issiqlik uzatishdagi tana va muhit orasidagi munosabat Nyu-ton-Rixman qonuni asosida konvektiv issiqlik almashinuvida, is-siqlik miqdori tana va muhit orasidagi haroratlar farqiga to'g'ri proporsional.

$$Q = \alpha(t_{cm} - t_m)F \quad (3.32)$$

α — issiqlik uzatish koeffitsienti bo'lib, tana va muhit orasida-gi issiqlik almashinuvining intensivligi xarakterlaydi, $\text{Wt/m}^2\text{k}$.

Konvektivlik almashinuv faktorlari shu koeffitsient orqali ifodalanadi.

$$\text{Unda: } \alpha = (X; \emptyset; L_0; X_c; U_c; Z_c; W_0, O, \lambda, \alpha, C_p, \rho, \beta) \quad (3.33)$$

Bu yerda: X — harakat xarakteri (erkin, majburiy);

$\emptyset$ — sirt formasi;

L_0 — sirtning uzunligi, balandligi, eni yoki diametri;

X_c, z_c, y — koordinatalar;

w_0 — muhitning tezligi (suyuqlik, gaz);

θ — temperatura;

λ — issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti;

α — temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsienti;

C_p — muhitning izobarali issiqlik sig'imi;

ρ — muhit zichligi;

γ — kinematik qovushqoqlik

β — hajmiy kengayish koeffitsienti.

(3.33) tenglama issiqlik uzatish koeffitsientining — ko'rsatkichi g'oyatda murakkab va uni umumiy formula bilan ifodalashning iloji yo'q. Shuning uchun issiqlik uzatish koeffitsientini aniqlashda eksperimental tadqiqod usullari qo'llaniladi. Eksperimental usulning afzalligi shundaki, olinayotgan ma'lumotlarning ishonchlligidir. Asosiy e'tiborni eng katta amaliy ahamiyatga ega kattaliklarga qaratish mumkin. Bu usulning asosiy kamchiligi tadqiqotlar natijasini boshqa hollar uchun (undan detallari bilan farq qiladi) qo'llab bo'lmaydi. Shuning uchun bitta tadqiqodning natijalarini boshqa hodisalarga qo'llab bo'lmaydi. Shu sababli eksperimental usul tadqiqodlari har bir konkret izlanishlar uchun mustaqil o'rganish obyekti hisoblanadi.

Konvektiv issiqlik almashinuvi jarayonini tadqiqot qilishda o'xshashlik nazariyasi uslubini qo'llaydilar. O'xshashlik nazariyasi — o'xshash hodisalar haqidagi fan hisoblanadi. O'xshash hodisalar deb shunday fizikaviy hodisalarga aytiladiki, ular forma va mazmuni bo'yicha bir xil fizikaviy tabiatga ega, bir xil kuchlar ta'sirida rivojlanadi va bir xil formadagi differensial tenglamalar

va chegaraviy shartlar asosida ifodalanadi. O'xshashlikning asosiy shartlaridan biri, fizikaviy hodisalarning geometrik o'xshashligi va ushbu hodisalarni kechishida tizim o'xshashligi bo'lishi shart. Ikkita fizikaviy hodisa o'xshash bo'lishi uchun ularni tasniflovchi kattaliklar ham o'xshash bo'lishi kerak. Hamma o'xshash tizimlar uchun o'lchamsiz kattalik komplekslari mavjud bo'lib, ularni o'xshashlik mezonlari deb yuritiladi. O'xshashlik nazariyasining asosiy shartlari o'xshashlikning uchta teoremasi sifatida ifodalanadi:

1-teorema. O'xshash hodisalar bir xil o'xshashlik mezonlariga ega.

2-teorema. O'zgaruvchilar orasidagi bog'liqlik o'xshashlik mezonlarining o'zaro bog'liqligi hodisalarning o'xshashligi bilan ifoda etish mumkin va bu ifoda mezonlar tenglamalari deb yuritiladi.

3-teorema. Ikkita hodisa, agar ular bir xil o'xshash shartli belgilarga va miqdori bir xil aniqlovchi mezonlarga ega bo'lsa o'xshash hisoblanadi.

Tenglik shartlari :

- Tizimning geometrik o'xshashligi bo'lsa;
- Bir xil differensial tenglamalarni mavjudligi;
- Berilgan chegaraviy shartlar asosida bitta yechimning bo'lishi kerakligi;
- Koeffitsient va fizikaviy parametrlarning miqdoriy ko'rsatkichlarini aniqligi.

O'xshashlik nazariyasidan foydalanib, differensial tenglamalar tizimidan konvektivlik issiqlik o'tkazish tenglamasini hosil qilish va issiqlikning ichki manbalari bo'lmaganda quyidagi mezoniy shaklda keltirish mumkin:

$$Nu = f_2(X; F; X_0; Y_0; Z_0; Re; Gr; Pr), \quad (3.34)$$

Bu yerda: $X_0; Y_0; Z_0$ – o'lchamsiz koordinatalari;

$Nu = \alpha \cdot l_0 / \lambda$ – Nusselt mezon (issiqlik uzatishning o'lchamsiz koeffitsienti). Devor sirti bilan suyuqlik (gaz) orasidagi issiqlik uzatishni tasniflanishi;

$Re = w \cdot l_0 / \nu$ — Reynolds kriteriysi, inersiya va qovushqoq kuchlarining nisbati va suyuqlik (gaz)ning oqimini tasniflaydi;

$Gr = (\beta \cdot g \cdot l_0^3 \cdot \Delta t) / \nu^2$ — *Grasgof kriteriysi*, suyuqlik (gaz) ning zichligi orasidagi farq sabab paydo bo'ladigan ko'tarish kuchi tasniflaydi;

$Pr = \nu / a = (\mu \cdot c_p) / \lambda$ — *Prandtl kriteriysi*, suyuqlik (gazning) fizikaviy xossalarini tasniflaydi;

l_0 — aniqlovchi o'lcham (uzunlik, balandlik, diametr).

Konvektiv issiqlik almashinuvining asosiy hisoblash formulalarini keltiramiz (akademik M.A. Mixeyev bo'yicha). Ularda devor sirti bo'yicha issiqlik uzatishning koefitsientlarini o'rtacha miqdorlari berilgan.

1. Chegarasiz fazodagi erkin konveksiya:

- d diametri gorizontal truba $10^3 < (Gr \cdot Pr) < 10^8$.

$$Nu = 0,5 \cdot (Gr_{jd} \cdot Pr_j)^{0,25} (Pr_j / Pr_{st})^{0,25}$$

- Vertikal truba va plastina:

- 1) *laminar oqim* — $10^3 < (Gr \cdot Pr)_j < 10^9$,

$$Nu_{jdsr} = 0,75 \cdot (Gr_{jd} \cdot Pr_j)^{0,25} \cdot (Pr_j / Pr_{st})^{0,25};$$

- 2) *turbulent oqim* — $(Gr \cdot Pr)_j > 10^9$,

$$Nu_{jdsr} = 0,15 \cdot (Gr_{jd} \cdot Pr_j)^{0,33} \cdot (Pr_j / Pr_{st})^{0,25}.$$

Bu yerda: Gr_{jd} va Pr_j miqdorlar suyuqlik (gaz)ning temperaturasi, Pr_{st} esa devor sirti temperaturasi bo'yicha olinadi. Havvo uchun quyidagi tenglik olinadi $Pr_j / Pr_{st} = 1$ va formulalar soddalanadi.

2. Majburiy konveksiya

Oqim rejimi Re kriteriysi bo'yicha aniqlanadi.

- Suyuqlikning tekis kesimli trubadagi oqishi.

- 1) *laminar oqim* — $Re < 2100$

$$Nu_{jdsr} = 0,15 \cdot Re_j^{0,33} \cdot Pr_j^{0,33} \cdot (Gr_{jd} \cdot Pr_j)^{0,1} \cdot (Pr_j / Pr_{st})^{0,25} \cdot \varepsilon_p,$$

Bu yerda ε_p — issiqlik uzatish koefitsientining truba uzunligi bo'yicha o'zgarishini inobatga oluvchi koefitsient va truba

uzunligining uning diametriga nisbatiga bog'liq. Ushbu koeflit-sient miqdorlari 3.1. jadvalda keltirilgan.

3.1-jadval

ε_l laminar oqim rejimidan miqdorlari

l/d	1	2	5	10	15	20	30	40	50
ε_l	1,9	1,7	1,44	1,28	1,18	1,13	1,05	1,02	1,0

2) o'tuvchi rejim — $2100 < Re < 10^4$

$$Nu_{jdsr} = K_0 \cdot Pr_j^{0,43} \cdot (Pr_j/Pr_{st})^{0,25} \cdot \varepsilon_l$$

K_0 — koefitsienti Reynolds mezoni(Re)ga bog'liq va 3.2-jadvalda keltirilgan.

3.2-jadval

K_0 miqdorlari

$Re \cdot 10^4$	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	3	4	5	6	8	10
K_0	1,9	2,2	3,3	3,8	4,4	6,0	10,3	15,5	19,5	27,0	33,3

3) turbulent oqim — $Re = 10^4$

$$Nu_{jdsr} = 0,021 \cdot Re_{jd}^{0,8} \cdot Pr_j^{0,43} \cdot (Pr_j/Pr_{st})^{0,25} \cdot \varepsilon_l$$

■ Gorizonttal sirt orqali oqim.

1) laminar oqim — $Re < 4 \cdot 10^4$

$$Nu_{jdsr} = 0,66 \cdot Re_{jd}^{0,5} \cdot Pr_j^{0,33} \cdot (Pr_j/Pr_{st})^{0,25}$$

2) turbulent oqim — $Re > 4 \cdot 10^4$

$$Nu_{jdsr} = 0,037 \cdot Re_{jd}^{0,5} \cdot Pr_j^{0,33} \cdot (Pr_j/Pr_{st})^{0,25}$$

■ Yakka trubani ko'ndalang kesimi bo'yicha oqib o'tishi (oqim burchagi $\varphi = 90^\circ$):

1) $Re_{jd} = 5 \div 10^3$

$$Nu_{jdsr} = 0,57 \cdot Re_j^{0,5} \cdot Pr_j^{0,38} \cdot (Pr_j/Pr_{st})^{0,25}$$

2) $Re_{jd} = 10^3 \div 2 \cdot 10^5$

$$Nu_{jdsr} = 0,25 \cdot Re_j^{0,6} \cdot Pr_j^{0,38} \cdot (Pr_j/Pr_{st})^{0,25}$$

4-bob. QIZDIRISH QURILMALARI

Qizdirish pechlariga qo'yilgan talablar:

1. Berilgan rejim va temperaturaga chiqish.
2. Issiqlikni tejash va yonilg'ini to'la yonishi va maksimal darajada F.I.K ga ega bo'lishi.
3. Konstruksiyaning soddaligi, minimal o'lchamlarda nomi-ga assortimentni turli rejimlarda yuqori samaradorlikka ega bo'lishi.
4. Mahsulotni yuklash va tushirishning avtomatlashtirilganli-gi (mexanizatsiyalashtirilganligi).
5. Issiqlik rejimi avtomatik tarzda boshqariladi.
6. Ishlatilishi va ta'mirlanishini qulayligi.
7. Nazoratlanuvchi atmosferalarni qo'llash mumkinligi.

Pechlarni texnologik va konstruktiv texnologik xossalari bilan klassifikatsiyalash.

Texnologik jihatdan metallurgik pechlar 2 asosiy guruhga bo'linadi: qizdirish va eritish.

Qizdirish pechlarida metall yoki boshqa material quyidagi maqsadda qizdiriladi.

1) Metalning mexanik xossalarini o'zgartirish uchun (asosan plastik xossalari) bosim bilan ishlov berish, prokatlash, bolg'alash, shtamplash, kiryalashdan oldin.

2) Metall strukturasini o'zgartirish uchun.

3) Materiallarni kuydirish (ohaktosh, dolomit, magnezit, rudalar, olovbardosh materiallar uchun).

4) Materiallarning namligini yo'qotish uchun (quyish formalarini va materiallar, rudalarni, ko'mirni quritish uchun).

Bunday pechlarda asosiy mahsulot o'zining agregat holatini o'zgartirmaydi, lekin qizdirish vaqtida uning xossalari sezilarli o'zgarishi mumkin.

Eritish pechlari quyidagi maqsadlarga xizmat qiladi.

1) Ruda va konsentratlardan metall olish.

2) Metallarni qayta eritish.

3) Metall materiallardan (shixtalar) aralashmalarni yo'qotish, kerakli tarkibda metall olish.

Eritish pechlarida kerakli haroratgacha qizdirilsa, materiallar bir agregat holatidan boshqa agregat holatiga o'tkaziladi (qattiq holatdan suyuq holatga).

Shunday qilib, pechlar issiqlik qurilmalari bo'lib, ma'lum texnologik jarayonlarni o'tkazish uchun mo'ljallangan. Pechlarda jarayon bu yoki boshqa temperaturagacha qizdirish bilan amalga oshiriladi, ya'ni issiqlik bu qurilmalar uchun asosiy manba hisoblanadi.

Eritish pechlari qayta ishlov berish bo'yicha po'lat eritish, cho'yan eritish, mis eritish va h.k.larda qo'llaniladi.

Qizdirish pechlari quyidagi turlarga bo'linadi:

- konstruktiv jihatlari bo'yicha — qizdirish quduqlari, metodik pechlar, kamerali va h.k. larga

- detallarni pech ichida harakatlanishi usuli bo'yicha — o'tkazish, suruvchi, konveyerli, aylanma pechlar va h.k.lardan iborat.

- qizdirilayotgan mahsulotning xarakteri bo'yicha — quymalar, blyumlar, trubalar va h.k.lar.

Issiqlik generatsiyasi bo'yicha — energiya olish yoqilg'ining kimyoviy issiqligi (yonilg'ili pech) ni yondiruvchi moslamalar, gorelkalar, forsunkalar yoki elektr energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish bilan ishlov beriladi.

Yonilg'i pechlari — o'z navbatida gazli va mazutli (pech yonilg'isi) yonilg'ilardan foydalaniladi. Tutun gazlarini tashqariga chiqarish va ularning issiqligini yo'qotish bo'yicha regenerativ va rekuperativ pechlarga bo'linadi.

Elektr pechiari elektr energiyani issiqlik energiyasiga aylantirish usuli bo'yicha quyidagilarga tavsiflanadi: o't-yoyli, qarshilikli va induksion pechlarga ajraladi.

Zamonaviy pechlar — inurakkab issiqlik agregatlari bo'lib, xususan pech va yordamchi jihozlardan tashkil topgan. Pechlar o'z ichiga ishchi bo'shliq va issiqlik energiyasini olish moslamasi-

ni oladi: gorelkalar, forsunkalar yonilg'i pechlarida va elektrod, rezistorlar elektr pechlarda mavjud bo'ladi. Yordamchi jihozlar tarkibiga tutun gazlarining utilitatsiyasini ta'minlovchi, ventilyatorlar, tutuntortqichlar, mo'ri trubalari, turli xil klapanlar, kranlar va h.k.lar kiradi.

Issiqlik regeneratsiyasi bo'yicha pechlarning klassifikatsiyasi

Pechlarda issiqlik generatsiyasi manbai bo'lib:

1) Yonilg'ining kimyoviy energiyasi (yonilg'i pechlari) kimyoviy energiyaning issiqlik energiyasiga o'tishida yonilg'i yonishi tufayli ro'y beradi. Metallurgiyada bunday pechlarga alangali pechlar, qatlamli rejimida ishlovchi pechlar (shaxtali) deyiladi.

2) Suyuq metalning kimyoviy energiyasi. Metalning kimyoviy energiyasiga aylanishi metaldagi kimyoviy aralashmalarning yonib ketishidan hosil bo'ladi va konventorlarda yuz beradi.

3) Elektr energiya: Elektr energiyani issiqlik energiyasiga aylantirish asosan issiqlik generatsiyasi deyiladi.

- elektr tokining gaz orqali o'tishida — yoyli va alangali pechlar;

- elektr tokining magnit maydoniga ta'siridan metalda hosil bo'lgan uyurli toklar induksion pechlar ishlaydi;

- dielektriklarning qutblanishini qayta magnitlashdan dielektrik qizdirish qurilmalari;

- qattiq jism ba'zi hollarda suyuqlikdan tok o'tishidan ajralib chiqadigan issiqlik qarshilik (tuzli vannalar) qarshilik pechlari uchun issiqlik manbasi bo'ladi;

- elektronlarning kinetik energiyasini hisobiga elektron-nur yordamida qizdirish qurilmalarining ishlashi ta'minlanadi.

Pechlarni issiqlik ishi

1. Temperatura rejimi.

Pech temperaturasi — pechning ishlashi uchun muhim texnologik ish ko'rsatkichi hisoblanadi. Bu termin shartli hisoblanadi. Ya'ni, pech temperaturasi deb, (elektr pech uchun qizdirish

elementlari) devor va qizdirilayotgan metalning o'rtacha temperaturasiga aytiladi.

Temperatura qator faktorlarga bog'liq bo'lib ulardan eng muhimlari yonilg'i yonish temperaturasi, issiqlikning qabul qilish xarakteri, hamda issiqlik yo'qotishlariga bog'liq.

Pech temperaturani aniqlashda ushbu taxminiy nisbatdan foydalaniladi

$$t_n = \eta t_G,$$

Bu yerda:

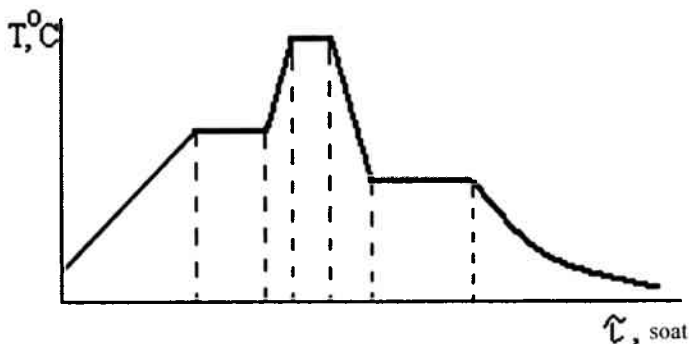
t_n — pechning haqiqiy temperaturasi;

t_G — yonilg'i yonishning kalorimetrik temperaturasi;

η — pirometrik koeffitsient, pech konstruksiyasiga bog'liqlik, 0.65–0.80 oraliqda o'zgaradi.

Metalning sirti va o'rta kesim temperatura oralig'i 150–300°C, prokatlarda, termik pechlarda qizdirishda 50–70°C.

Pech temperaturasining vaqt davomida o'zgarish temperaturaviy rejim — $t_n = f(\tau)$ deb nomlanadi (4.1-rasm).



4.1-rasm. Qizdirishning temperaturaviy grafigi.

Vaqt davomida, pech temperaturaning o'zgarmasligi, *doimiy ishlovchi pechlar* deb nomlanadi, masalan metodik pechlar. Pechlarning temperaturasi vaqt davomida o'zgaruvchan bo'lsa —

davriy ishlovchi pechlar deb nomlanadi, masalan — tagligi oldin-
ga chiquvchi pechlar.

Pechning temperaturasi butun ichki hajm bo'yicha taxmi-
nan bir xil bo'lsa **kamerali pechlar** deyiladi. Pechiarning uzunligi
bo'yicha temperaturasi o'zgaruvchi pechlar — *metodik* deb nomi-
lanadi.

2. Issiqlik rejimi

Pechga oniy vaqt birligi ichida uzatilayotgan issiqlik miqdori
pechning issiqlik kuchlanganligi deb ataladi. Issiqlikning eng kat-
ta miqdori va uni pech normal (yonilg'ining yonmasligini hisob-
ga olmagan holda) holatda qabul qilishi, pechning issiqlik quv-
vati deb ataladi.

Issiqlik rejim deb, *issiqlik kuchlanishining vaqt ichida o'zgarishi-
ga aytiladi.*

Issiqlikdan foydalanish ko'effitsienti:

$$KPT = \frac{Q_m + Q_{shl} + Q_{end} - Q_{ekz}}{Q_T + Q_f V},$$

Bu yerda: V — yonilg'ning soatbay sarfi;

Q_T — yonilg'ning kimyoviy issiqligi;

Q_m va Q_{shl} — metall va shlakning issiqligi;

Q_{end} va Q_{ekz} — endo- va ekzotermik reaksiyalar issiqligi, yo-
nilg'ining yonishidan tashqari;

Q_f — yonilg'ining fizikaviy issiqligi.

Elektrik pechlar uchun:

$$Q_T + Q_f V = 860R,$$

bu yerda: R — pech quvvati, kVt.

Yonilg'ining foydalanish ko'effitsienti:

$$KIT = \frac{Q_p^H + Q_f - Q_{yx}}{Q_p^H + Q_f},$$

Bu yerda: Q_{yx} — chiqib ketayotgan gazlar issiqligi,

$KIT > KPT$, lekin ularni tenglashtirishga intilish kerak.

3. Pechlarning ishlab chiqarish quvvati

Pechlar ishlashining eng muhim ko'ratkichi, bir qator faktorlarga bog'liq: pech ishchi bo'shlig'i temperaturasiga, chiqib ketayotgan gazlar temperaturasiga, pechdan metalga issiqlik o'tish intensivligi xarakteriga va h.k. Bularning hammasi ko'rsatadiki ishlab chiqarish texnologik, teplotexnik va konstruktiv faktorlarga bog'liq.

Ishlab chiqarishning umumiy va solishtirma ko'rsatkichlarini ajratadilar. Umumiy quvvat (R) pechning o'lchamlarini, agregat masshtabi va kg/soat (T/soat) yoki T/sutka hisobida o'lchanadi. Solishtirma ishlab chiqarish pechning ishini intensivligini tasniflaydi — $\text{kg/m}^2\text{soat}$ ($T/\text{m}^2\text{soat}$). Ko'rsatkich pech tagligini kuchlanishini ko'rsatadi. Aktiv taglik kuchlanishini va $N_A = R/F_m$ va gabarit taglik kuchlanishini ajratadilar. $N_G = R/F_n$, bu yerda: F_m — metall egallagan yuza, F_n — taglikning yuzasi.

Pechlarni klassifikatsiyalash uchun harfli-raqamli belgilash qabul qilingan:

- Harf oldidagi raqam — Pechni ishlab chiqqan korxonaning shartli belgisi (kam qo'llaniladi).

- Birinchi harf — qizdirish usuli. D — yoyli, I — induksion, C — qarshilik, K — kontaktli (to'g'ridan to'g'ri qizdirish).

- Ikkinchi harf — yoyli va induksion eritish uchun mo'ljallangan pechlar: C — po'lat eritish, M — mis eritish, CH — cho'yan eritish. Pechlarning qarshilik va kontakt qizdirish uchun konstruktiv jihati: A — aylanuvchi taglikli, B — barabanli, V — vannali, D — oldinga chiquvchi taglikli, E — osma konveyerli, I — pulsatsiyalanuvchi taglikli, K — konveyerli, N — kamerali, R — rolgangli, T — suruvchi, U — temirchilik metodik, SH — shaxtali, III — yoriqli, E — elevatorli, Yu — qadamlovchi taglikli.

- Uchinchi harf — pech ishchi bo'shliq muhiti: A — azotlovchi, V — vakuum, Z — himoyaviy, H — vodorodli, O — oksidlovchi, S — sementatsion.

■ To'rtinchi harf — qo'shimcha konstruksion jihat: A — agregat, M — mufelli, U — sochiluvchi materiallar uchun, X — sovitish kamerali, L — laboratoriya uchun.

■ Harflardan keyingi raqamlar — pechning gabarit o'lchamlari, dm .

■ Maxrajdagi raqamlar — temperatura yuz gradusda, Selsiyning yuz gradusli shkalasida.

Misol: SKZA-6,30,1/13 — qarshilik pechi, konveyerli, hi-moyaviy atmosferali, agregat, eni — 0,6 m, uzunligi — 3,0 m, ba-landligi — 0,1 m, qo'llash temperaturasi chegarasi — 1300°C.

4.2. Issiqlik balansi va yonilg'i sarfi

Issiqlik balansi ikkita teng qismdan iborat. Issiqlikning kiritilish qismi va sarf qismi. Ikkalasi turli xil moddalardan tashkil topgan.

Issiqlik balansining kiritilish qismi moddalari.

1. Yonilg'ining yonishi natijasida olinadigan issiqlik

$$Q_x = BQ_p^H, \text{ kVt}(kJ/c),$$

Bu yerda: V — Yonilg'ining soatbay sarfi, kg/s yoki m^3/c .

2. Qizdirilgan havoning issiqlik olib kirishi,

$$Q_v = Vc_v t_v \alpha L_o, \text{ kVt}(kJ/c),$$

Bu yerda:

c_v — havoning o'rtacha issiqlik sig'imi 0°C dan t_v , $kJ/m^3°C$;

t_v — qizdirilgan havo temperaturasi, °C;

αL_o — nam havoning haqiqiy sarfi, m^3 .

3. Qizdirilgan havoning issiqlik olib kirishi,

$$Q_v = Vc_m t_m, \text{ kVt}(kJ/c).$$

4. Ekzotermik reaksiyalar issiqligi, $kVt(kJ/c)$

Musbat issiqlik effekti bilan kechadigan barcha kimyoviy reaksiyalar, qizdirish pechlarida metallning oksidlanishidan chiqayotgan issiqlik inobatga olinadi. 1 kg metall oksidlanish ishida 5652 kJ issiqlik ajralib chiqadi:

$$Q_{ekz} = 5652 Ra,$$

Bu yerda:

R – ishlab chiqarish quvvati;

a – metall kuyishi miqdori.

Issiqlik balansining sarf qismi

1. Metalni qizdirishi uchun ketgan foydali issiqlik miqdori:

$$Q_{pol} = R c_m t_m, \text{ kVt (kJ/c)},$$

Bu yerda:

R – ishlab chiqarish quvvati;

c_m – oralig'idagi temperaturalardagi metalning o'rtacha issiqlik sig'imi 0°C gacha t_m , $\text{kJ/m}^3\text{C}$.

2. Shlaklar bilan chiqib ketgan issiqlik, kVt (kJ/c) :

$$Q_{shl} = R c_{shl} t_{shl}$$

3. Endotermik reaksiyalar issiqligi – Q_3 , kVt (kJ/c) .

Bu modda eritish pechlari uchun xarakterli CaCO_3 parchalanish ichida ketgan issiqlik miqdori.

4. Chiqib ketayotgan tutun gazlarining issiqligi.

$$Q_{yx} = V V_{yx} c_{yx} t_{yx}, \text{ kVt (kJ/c)}.$$

5. Kimyoviy to'la yoymaslikda yo'qotilayotgan issiqlik, kVt (kJ/c) .

Alangasiz yonilg'i yoqilishda kimyoviy yonmaslikdan yo'qotishlar deyarli bo'lmaydi. Alangali yonishda chiqib ketayotgan tutun gazlarida odatda 0,5–3% (CO va H_2) gazlarning yongan qismi bo'ladi. Bunday gaz aralashmaning yonishdagi issiqligi 12142 kJ/m^3 ga teng. Agar chiqib ketayotgan gazlarda yonmagan CO ni a ga teng deb qabul qilinsa, unda issiqlik yo'qotishi:

$$Q_5 = 12142 B V_{yx} a, \text{ kVt (kJ/c)}.$$

6. Yonilg'ining mexanik to'la yonmasligidan yo'qotish qattiq yonilg'ining yonishida yo'qotishlar 3–5%:

$$Q_6 = (0,03 - 0,05) B Q_p^H.$$

■ Suyuq yonilg'ini yondirishda – 1%

$$Q_6 = 0,01 B Q_p^H$$

- Gaz yonishida gazning yonmay chiqib ketishi 2–3 %:

$$Q_6 = (0,02 - 0,03) B Q_p^H.$$

7. Devorning issiqlik o'tkazuvchanligi natijasidagi (qubba, devorlar, pech tagligi) yo'qotishlar:

$$Q_7 = \frac{t_{kl} - t_v}{\frac{S_1}{\lambda_1} + \frac{S_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\alpha}}, kVt (kJ/c),$$

Bu yerda:

t_{kl} – Pech devorining ichki sirtining temperaturasi, °C;

t_v – atrof-muhit havosi temperaturasi, °C;

S_1 va S_2 – olovbardosh g'isht va issiqlik izolyatsiya materiali-ning qalinligi;

λ_1 va λ_2 – olovbardosh g'isht va issiqlik izolyatsiyasi materia-ling issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, Bt/m °C;

α – devorning havoga issiqlik uzatish koeffitsienti 19.8 Bt/m²°C ($1/\alpha = 0.052$ m²°C/Bt).

8. Pechning ochiq oynalari orqali nurlanishdan yo'qotilayot-
gan issiqlik miqdori.

$$Q_8 = C_o \left(\frac{T}{100} \right)^4 F \Phi \varphi, kBt (kJ/c),$$

Bu yerda:

C_o – absolyut qora jismning nurlanish koeffitsienti, Bt/m² K⁴;

T – pechning o'rtacha temperaturasi, °K;

F – ochiq oyna yuza maydoni, m²;

Φ – Diafragmalash koeffitsienti;

φ – Oynaning ochiqlik davri.

9. Idishning qizdirishi uchun ketgan issiqlik:

$$Q_9 = P_m s_m t_m, kBt (kJ/c).$$

10. Pechning ayrim qismlarini tashqariga chiqishidan
yo'qotishlar:

$$Q_{10} = (0,1 - 0,15) Q_{prix}, kBt (kJ/c).$$

11. Devor g'ishtlarining issiqlikni akkumulyatsiyalash uchun ketgan issiqlik miqdori:

$$Q_{11} = V_{kl} s_{kl} \rho_{kl}, \text{ kBt (kJ/c)},$$

Bu yerda:

V_{kl} — devor hajmi, m^3 ;

t_{kl} — devorning o'rtacha temperaturasi, $^{\circ}C$;

s_{kl} — g'ishtning issiqlik sig'imi, $kJ/kg^{\circ}C$;

ρ_{kl} — g'ishtning zichligi, kg/m^3 .

12. Ko'zda tutilmagan yo'qotishlar:

$$Q_{12} = (0.1 - 0.15)(Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{12}), \text{ kBt (kJ/c)}.$$

Issiqlik balansining kirish va sarf qismlarini ayrim yig'ib, tenglama tuziladi:

$Q_{prix} = Q_{rasx}$. Bu tenglama 1 ta noma'lum — yonilg'i sarfi — B — miqdorini hisoblab, kiritim va sarf moddalarini miqdoriy ko'rsatkichlari hisoblanadi (aniqlanadi).

Ayrim hollarda pechlarning ishini sifatini aniqlash uchun solishtirma ko'rsatkichlardan foydalaniladi. Ya'ni yonilg'ining va issiqlikning solishtirma sarfi bo'yicha hisoblanadi. Solishtirma yonilg'i sarfini ko'pincha shartli yonilg'i sifatida qabul qilinadi. Bu shartli yonilg'ining issiqlik chiqarishi $29330 \text{ kJ/kg} = Q_{ut}$. Undan yonilg'ining solishtirma sarfi aniqlanadi:

$$d = \frac{BQ_p^H}{29330}.$$

4.3. Elektr pechlar va qizdirish elementlarini hisoblash

Elektr pechlarning hisoblanishi alangali pechlar singari. Farqi shundaki Q_{xim} , Q_{el} bilan almashtiriladi va — Q_{ux} , Q_5 — yonmaslik, Q_v va Q_t — havo va yonilg'ining qizdirish orqali olib kiritilgan issiqlik miqdori bo'lmaydi.

Sarf qismiga issiqlik balansi tenglamasiga qisqa tutashuv Q_{tkz} , issiqlik yo'qotilishi kiritiladi, ya'ni metall qismlarini qizishi uchun ketgan issiqlik o'tkazuvchanlikdan yo'qotilgan issiqlik

lik miqdori hisoblanadi undan tashqari devordan chiqib turgan termopara trubkalari, qizdiruvchi elementlar chiqishiari, yo'nal-tiruvchilar rolik o'qlari va h.k.:

$$Q_{tkz} = (0,2 - 0,5) Q_{kl}.$$

Issiqlik balansi Q_{elm} ni aniqlashni imkonini beradi Q_{el} , bilib pechning elektr quvvatimi hisoblab topiladi:

$$N = K \frac{Q_{el}}{3600\tau}, \text{ kVt/s,}$$

Bu yerda: K – zaxira koeffitsienti, pechning jadallashtirilgan rejimida ishlashi koeffitsienti, tarmoq kuchlanishining kamayishi, izolyatsiyasining yomonlashuvi kabi faktorlarni hisobga oladi.

$K = 1,3 - 5,0$, kamerali pechlar uchun.

$K = 1,2 - 1,3$, o'tuvchi pechlar uchun.

Qizdirish elementlari. Qarshilik elementlari sanoat qizdirish elementlari metall va nometall materiallardan tayyorlanadi. 1000°C gacha temperaturalar uchun nometall qizdirish elementlari, yuqori temperaturali qurilmalar (ishichi temperatura 1100°C dan yuqori), keramik qizdirish elementlari, odatda kremniy karbidi SiC , sirkoniy karbidi ZrC , gafniykarbidi HfC , W – volfram, Mo – molibdenlar vakuumli pechlarda ishlash uchun qo'llaniladi. Qizdirish elementlari materialiga qo'yilgan asosiy talablar yuqori olovbardoshlik, yuqori temperaturalarda gi mustahkamlik, chiziqlik kengayish koeffitsientining kichikligi, yuqori darajadagi solishtirma elektr qarshiligi, faza o'zgarishlarining yo'qligi va materialning arzonligiga e'tibor qilinadi. Metall materiallardan qizdirish elementi sifatida odatda ni-xromdan, yuqori xromli alyuminiy qo'shilgan ferrit qotishmalaridan foydalaniladi. Bu qotishmalarining asosiy kamchiligi yuqori temperaturalarda uzoq ekspluatatsiya qilinishi natijasida donlari o'sib, plastik xossalarini yo'qotadi va mexanik ravishda sinishiga olib keladi.

4.1-jadvalda qarshilik qotishmalarining asosiy tavsiflari keltirilgan.

4.1-jadval

Qotishma tavsiflari

Qotishmalar	Nomi va markalari	Q i z d i r i s h - n i n g m a k - s i m a l tempera- turası, °C	Solishtirma elektr qar- shiligi, Om·mm ² /m	Solish- t i r m a og'irligi, g/sm ²	Ishlab chiqari- ladigan teng o'lcham- lari, mm
Xrom- nikelli qotish- malar (nixrom- lar)	X20H80	1100°C	1.15	8.4	Ø1/10mm
	X20H80T	1150°C	1.10	8.4	bo'lgan
	X15H60	1000°C	1.10	8.4	sim yoki
	XH70IO	1200°C	1.10	8.2	a×v;
	XH60IO3	1150°C	1.10	8.2	a=1÷3 mm a=1÷3mm, v=8÷40mm
Xromoal- yuminiy (fexrallar) qotish- malar	X27IO5T	1300°C	1.40	7.5	Provoloka
	X23IO5	1300°C	1.35	7.3	Ø1÷10 mm
	X23IO5T	1400°C	1.35	7.2	yoki
	X37IO3TJI	1400°C	1.40	7.3	lenta a×b; a=1÷3mm. v=8÷40mm

Elektr qizdirish elementlarini hisoblashda, aniq temperatura olishda katta elektr pechlarini o'zini zonalarini temperaturasi, o'zi belgilaydigan va zonalar sonini pech uzunligi Lning eniga B yoki D diametriga nisbatidan kelib chiqqan holda topiladi. Temperaturalarining zonalararo taqsimotining eng ma'qul ko'rinishlari

$$L_{zona} = (1.0 \div 1.5) B \text{ va } L = (1.0 \div 1.5) D.$$

Pech quvvatining taqsimlanishi:

1) 3 zonali pechlar $0.5 N_u$; $0.3 N_u$; $0.2 N_u$

2) 2 zonali pechlar $(0.65/0.75) \cdot N_u$; $(0.25/0.35) \cdot N_u$.

3) Shaxtali pechlarda yuqori issiqlik zonasining quvvati 20–40% qolgan issiqlik zonalariga qaraganda balandroq bo'ladi.

Har bir zonaning qizdirish elementining quvvati 25 kVt dan oshmasligi kerak. Qizdirgichlarning ishchi temperaturalarini pech temperaturasidan 50–200°C yuqori bo'lishi kerak. Pech havosining majburiy sirkulyatsiyasi bo'lsa undan ham yuqori bo'lishi mumkin. Hisoblashlarda qizdirgichlarning diametri, uzunligi, massasi va kesimini aniqlaydilar. Qizdirgichlar simli va lentali bo'ladi.

I	II
simli	lentali
$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^5 \cdot P^2 \rho_t}{\pi^2 U^2 v}}$	$a = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 10^4 \cdot P^2 \rho_t}{m(m+1)U^2 v}}$
$l = \sqrt[3]{\frac{10 P U^2}{4 \pi \rho_t v^2}}$	$l = \sqrt[3]{\frac{2.5 P U^2 m}{(m+1)^2 \rho_t v^2}}$
$g = \gamma \sqrt[3]{\frac{0.63 \cdot 4 \rho_t \cdot P^5}{U^2 v^4}}$	$g = \gamma \sqrt[3]{\frac{0.625 \cdot m^2 \rho_t \cdot P^5}{(m+1)^4 U^2 v^4}}$

Bu yerda:

d – diametr, mm;

a – qalinlik, mm;

l – uzunlik, m;

g – massa, kg;

v – qizdirgichining sirt kuchlanganligi, Bt/sm²;

γ – zichligi, kg/m^3 ;

R – quvvati, kBt ;

U – kuchlanish, B ;

ρ_t – solishtirma elektr qarshilik $\text{Om}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$;

(m – lentaning tomonlarining nisbati, odatda $m = 10$ ga);

Nixrom uchun

$$\rho_t = \rho_o (1 + \beta t) = (1.0 \div 1.2) (1 + 0.0001t).$$

v sirt kuchlanganligi temperaturaga bog'liq masalan nixrom uchun $t=600^\circ\text{C}$ $v=2,6\div3,2 \text{ Bt/sm}^2$; $t=900^\circ\text{C}$ $V=1,1\div1,5 \text{ Bt/sm}^2$; $t=1100^\circ\text{C}$ $V=0,5\div0,7 \text{ Bt/sm}^2$.

Hisoblangan l uzunligi va kesimi bo'yicha uning konstruktiv xususiyatlarini aniqlaydi.

4.4. Rekuperatorni issiqlik almashinuvchilari

Pechlarning termik KPD ko'tarishning eng yaxshi usuli chiqib ketayotgan issiqlikning bir qismini pechga qaytarish bilan yonilg'i tejalishi ham kuzatiladi. Buning uchun chiqib ketayotgan tutun gazlarining rekuperatordan o'tkazib, pechga kirayotgan havoni qizdirish bilan erishiladi, bundan tashqari pech yonilg'isi gaz bo'lsa uni ham qizdirib pechga uzatish bilan pechning qizish samaradorligini oshirish mumkin. Sanoatda keramik va metall rekuperatorlar qo'llaniladi.

Rekuperatordan o'tayotgan to'la issiqlik miqdori:

$$Q = K \Delta t_{sr} F, \text{ Bt},$$

Bu yerda: K – tutunning havoga (gazga) issiqlik uzatilishining jamlangan koeffitsienti, $\text{Bt/m}^2\text{K}$;

Δt_{sr} – butun sirt yuzasi bo'yicha temperaturalar farqi (tutun temperaturasi bilan havo (gazning) temperaturalar orasidagi farq)

F – issiqlik almashinayotgan sirt maydoni m^2 .

Issiqlik rekuperatorda 3 ta hosqich bilan o'tadi:

■ Tutundan rekuperativ elementlar devorlariga (konveksiya va nurlanish bilan);

$$\alpha_d = \alpha_d^k + \alpha_d^{izl};$$

■ Rekuperativ elementlari devori orqali (issiqlik o'tkazuvchanlik bilan) $R = \frac{S}{\lambda}$ va devor holatiga bog'liq.

■ Rekuperator devoridan havo yoki gazga issiqlik o'tishi

■ havo qizdirishda $\alpha_v = \alpha_v^k$, gazni qizdirish $\alpha_g = \alpha_g^k + \alpha_g^{izl}$.

Ko'rib chiqilgan lokal issiqlik uzatishlar jamlanib yakuniy issiqlik o'tkazilishicha koeffitsientiga birlashtiriladi.

$$K = \frac{l}{\frac{1}{\alpha_d} + \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_v}},$$

yoki

$$K = \frac{l}{\frac{1}{\alpha_d} + \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_g}}, \text{ Bt/m}^2 \text{ K.}$$

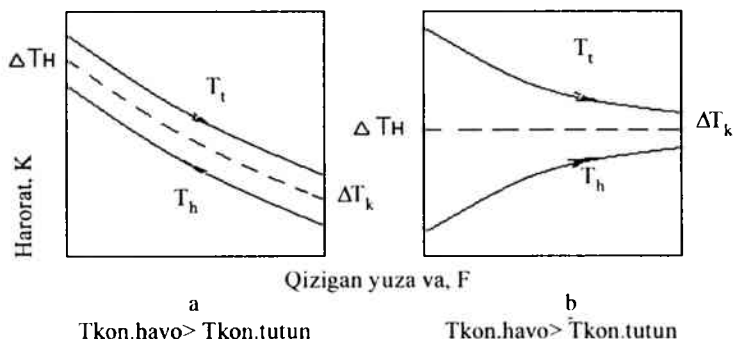
Metall rekuperatorlarda devorning issiqlik qarshiligini inobatga olmasa ham bo'ladi. $R = \frac{S}{\lambda}$ va unda

$$K = \frac{\alpha_d \alpha_v}{\alpha_d + \alpha_v}.$$

Havo va tutun tomonlarida bosim farqi borligida, rekuperator ulangan joylarda havo yo'qotishlar, 40÷50%. Havo so'rishlar rekuperator samaradorligini keskin kamaytiradi.

Rekuperatorlarda havo va tutun gazlarining harakati qarama-qarshi, kesishgan va to'g'ri oqimli bo'lishi mumkin. Harakatning sxemasini tutun yo'nalishiga qarab tasniflash ko'zda tutil-

gan. 4.2-rasmda qizdirilgan sirtning temperatura o'zgarishlarini tavsiflovchi grafiklar keltirilgan, a-qarama-qarshi, b-to'g'ri harakat chizmalari berilgan.



4.2-rasm. Rekuperatorning temperaturaviy maydoni:

a – chiqib ketayotgan gazlarning nisbatan past temperaturalarida qo'llaniladi.

b – yuqori temperatura uchun.

Tenglamalar tizimini yechib :

$$t_d = \frac{W_v t_v^k - W_d t_d^n + W_v (t_d^n - t_v^k) e^{-KT \left(\frac{1}{W_d} - \frac{1}{W_v} \right)}}{W_v - W_d},$$

$$W_d (t_d^n - t_d^k) = W_v (t_v^k - t_v^n),$$

t_d^k (tutun) va t_v^k (havo) topiladi. + Qarama-qarshi chizma-
da (4.3-rasm) temperaturalarning o'rtacha farqini ($\Delta t = t_d - t_v$).

$\Delta t_{sr} = f \Delta t_{sr pr}$, aniqlaymiz

Bu yerda:

f – to'g'rilash koeffitsienti $f = F(R \text{ va } P)$.

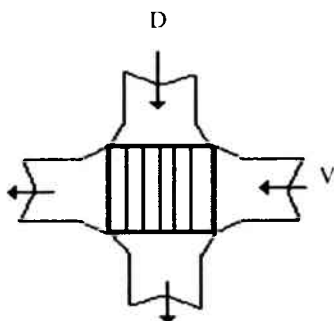
$$R = \frac{t_d^H - t_d^K}{t_v^K - t_v^H};$$

$$P = \frac{t_v^K - t_v^H}{t_d^H - t_v^H}$$

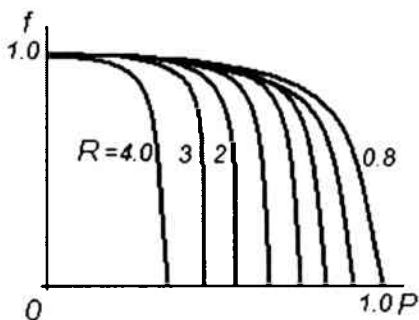
nomogrammalar bo'yicha.

4.4-rasmda Nomogrammalarning umumiy ko'rinishi keltirilgan.

Tutun yo'nalishlarining yo'llari ko'payganda, kesishgan qarama-qarshi oqimda Δt_{sr} ga Δt_{pr} intiladi. Agar, qarama-qarshi oqimlar soni ikkitadan ko'p bo'lsa, unda Δt_{sr} qarama-qarshi oqimli rekuperator uchun aniqlagan singari aniqlanadi.



4.3-rasm. Qarama-qarshi chizma.



4.4-rasm. Nomogrammalarning umumiy ko'rinishi.

Gazlarning rekuperatoridagi temperaturasi, ham egri chiziqli ham to'g'ri chiziqli xarakterga ega bo'lishi mumkin. Bu holat-

ni ushbu nisbat orqali baholash mumkin $\frac{\Delta t_m}{\Delta t_b}$, qarama-qarshi

yo'nalishda, $\frac{\Delta t_H}{\Delta t_K}$, to'g'ridan to'g'ri yo'nalish bo'yicha — $\frac{\Delta t_K}{\Delta t_H}$.

Agar $\frac{\Delta t_m}{\Delta t_b} \geq 0.5$, temperatura o'zgarishi chiziqli xarakterga ega.

Shunday qilib, agar t_d^H va t_v^H , ma'lum bo'lsa, unda temperaturani va temperaturalar farqini rekuperatorning istalgan nuqtasida aniqlash mumkin, masalan, rekuperatorning devori yaqinidagi temperaturani aniqlash kerak.

$$t_{st}^{tutun} = t_d - \frac{K(t_d - t_v)}{\alpha_d},$$

$$t_{st}^{havo} = t_v + \frac{K(t_d - t_v)}{\alpha_v}.$$

Metall rekuperatorlarda $t_{st}^{tutun} \approx t_{st}^{havo}$, bundan:

$$t_{st} = t_v + \frac{t_d - t_v}{1 + \frac{\alpha_v}{\alpha_d}}.$$

Rekuperatorlar konstruksiyalari

Rekuperatorlarga qo'yilgan talablar:

- Tutun gazlarining issiqligini maksimal darajada utilizatsiyasini ta'minlashi;
- Yuqori temperaturali tutun gazlarining ta'siriga yetarli darajada bardosh berishi;
- Konstruksiyaning maksimal darajada ixcham bo'lishligi;
- Issiqlikni uzatish koeffitsientini yuqoriligi (K);
- Rekuperatorni eng kam gidravlik qarshilikka ega bo'lishligi;
- Germetikligi yaxshiligi.

Rekuperatorlarni metall va keramik materiallardan tayyorlanadi. *Metall rekuperatorlar* issiqlik almashinuvi bo'yicha konvektiv (ignali-trubkali) va radiatsion turlariga ajratiladi. Ko'pincha kombinatsiyalangan – radiatsion-konvektiv metall rekuperatorlar tayyorlanadi. Metall rekuperatorlarning afzalligi;

- Issiqlik uzatish koeffitsientini yuqoriligi(K);
- Konstruksiyani kompaktligi;

■ Oʻrnatishining soddaligi va chuqur handaqlarning keraksizligi, rekuperatorlarni pech ustiga oʻrnatish mumkinligi;

■ Germetikligini yaxshilanganligi.

Payvandlangan metall rekuperatorlarni gazlarni qizdirishda ishlatish mumkinligi. Metall rekuperatorlarning asosiy kamchiligi — yuqori temperaturali tutun gazlari taʼsiriga bardosh bera olmasligi.

Keramik rekuperatorlar. Ular juda katta oʻlchamlarga ega va issiqlik uzatish koefitsientining pastligi, germetikligining pastligi gazlar va qizdirish uchun umuman yaroqsiz va pech ostida joylash mumkin. Lekin keramik rekuperatorlar tutun gazlarining 1200–1400°C issiqlikda ishlashi va havomi 800–850°C temperaturagacha qizdirish mumkin.

Rekuperatorlarni hisoblash

Odatda rekuperatorlarni hisoblash uning oʻlchamlarini aniqlash, kerakli havo miqdorini yetarli darajada koʻzda tutilgan temperaturaga yetkazish uchun bajariladi. Ayrim hollarda teskari masalani ham yechish zarur boʻladi.

Hisoblash tartibi

■ Issiqlik balansini tuzish. Zich rekuperatorlarning issiqlik yoʻqotishi $\approx 10\%$ gacha boʻlishi mumkin, zichlanmagan keramik rekuperatorlar uchun bu yoʻqotish $15\div 30\%$ gacha boʻladi.

■ Tenglamalar sistemasini yechib, tutun gazlarining yakuniy temperaturasini aniqlanadi.

$$0.9V_d(C_d^H t_d^H - C_d^K t_d^K) = V_v(C_v^K t_v^K - C_v^H t_v^H),$$

$$0.9V_d(C_d^H t_d^H - C_d^K t_d^K) = V_v C_v^K t_v^K + \Delta V_v C_v^K t_d^K.$$

Rekuperator sirtidan oʻtayotgan issiqlik miqdorini aniqlash:
Zich rekuperatorlar uchun

$$Q_F = V_v(C_v^K t_v^K - C_v^H t_v^H)$$

Zich boʻlmagan rekuperatorlar uchun

$$Q_F = \left(V_v + \frac{\Delta V_v}{2} \right) (C_v^K t_v^K - C_v^H t_v^H),$$

Bu yerda: V_v va V_d – havo va tutun gazlarining hajmi, m^3/ch ; ΔV_v – tutun kanallariga kirib kelgan havo hajmi, m^3/ch .

- Δt_{sr} – aniqlash-temperaturalar farqi (yuqorida keltirilgan)
- Issiqlik uzatish koeffitsientini jamlangan miqdorini aniqlash.
- K miqdorini aniqlash uchun tutun va havo harakatining tezliklarini belgilab olish zarur. Metall rekuperatorlar uchun

$$\omega_d = 3-5 m/s, \omega_v = 7-10 m/s;$$

keramik rekuperatorlarda $\omega_d = 1.2-2 m/s$, $\omega_v = 0.7-1.0 m/s$. Tezlikni bilib lokal issiqlik uzatish koeffitsientini aniqlash mumkin $-\alpha_d$, yoki α_v , α_g keyin K .

- Rekuperatorlarning umumiy sirtini va o'lchamlarini aniqlash.

Qizdirilayotgan sirtini aniqlash uchun quyidagi ifodadan foydalaniladi. $Q = K \Delta t_{sr} F$, bundan $F = \frac{Q}{K \Delta t_{sr}}$. Rekuperatorning qizdirish

sirtini topib, uning o'lchamlarini aniqlaydilar.

Rekuperatorni hisoblashni misol tariqasida ko'rib chiqamiz.

Misol: Ikki zonali metodik pech uchun ignali rekuperatorni hisoblash, pech koks va domna gazlari aralashmasi bilan qizdiriladi.

$Q_H^p = 8380 \text{ kDj}/m^3$, yonilg'ining sarfi (rekuperator ishlaganda) $2160 m^3/s$; bo'ladi. Havoning qizdirish temperaturasi $300^\circ C$; $t_d^H = 850^\circ C$, $t_v^H = 0^\circ C$; tutun gazlari tarkibi: 15% CO_2 ; 15% H_2O ; 70% N_2 . $V_{havo} = 4300 m^3/s$; $V_{top} = 6050 m^3/s$ yonish hisobidan.

Yechish:

1. Ignali trubalarni faqat havo yo'nalishi tarafidan tanlaymiz va uzunligi 880 mm. Havoning harakat tezligini $V_v = 6 m/s$, tutunning tezligi – $V_d = 3 m/s$.

2. Rekuperator uchun issiqlik balansini tuzamiz. Issiqlik sig'imini tanlash uchun tutun gazlarining $t_d^k = 600^\circ C$ deb belgilaymiz.

Tutun gazlarining issiqlik sig'imi

$$t_d^k = 600^\circ\text{C}$$

$$C_{N_2} = 1.34 \cdot 0.7 = 0.938$$

$$C_{CO_2} = 2.06 \cdot 0.15 = 0.309$$

$$C_{H_2O} = 1.61 \cdot 0.15 = 0.241$$

$$C_\Sigma = 1.488 \text{ kJ/m}^3\text{C}$$

$$t_d^H = 850^\circ\text{C}$$

$$C_{N_2} = 1.37 \cdot 0.7 = 0.96$$

$$C_{CO_2} = 2.17 \cdot 0.15 = 0.325$$

$$C_{H_2O} = 1.67 \cdot 0.15 = 0.25$$

$$C_\Sigma = 1.535 \text{ kJ/m}^3\text{C}$$

Atrof-muhitga issiqlik yo'qotish 10%. Issiqlik balansining tenglamasi.

$$0.9 \cdot B_{\text{issiqlik}} \cdot (C_\Sigma t_d^H - C_\Sigma t_d^k) = C_v \cdot t_v^k \cdot B_{\text{havo}}$$

$$0.9 \cdot 6050 (1.535 \cdot 850 - 1.488 t_d^k) = 1.32 \cdot 300 \cdot 4300 = 1720000 \text{ kJ/s},$$

Bu yerda: $t_d^k = 600^\circ\text{C}$.

3. Δt_{sr} aniqlaymiz (gazning harakatini rekuperator ichida ko'ndalangiga qarshi deb hisoblaymiz) Qarama-qarshi oqimni to'g'rilash koeffitsientini inobatga olmay, $\Delta t_{sr} = f \Delta t_{sr,pr}$, Δt_{sr} aniqlaymiz.

Qaysi qonunga asosan temperatura o'zgarishini aniqlaymiz.

$$\frac{\Delta t_H}{\Delta t_k} = \frac{(850 - 300)}{(660 - 0)} = 0.833, \text{ u holda } \frac{\Delta t_H}{\Delta t_k} \geq 0.5.$$

Ko'rinib turibdiki, temperatura o'zgarishi chiziqli xarakterga ega.

$$\Delta t_{sr} = \frac{(850 - 300) + (660 - 0)}{2} = 605^\circ\text{C}.$$

4. Grafikdan foydalanib, $V_v = 6 \text{ m/s}$, $V_d = 3 \text{ m/s}$

$K = 36 \text{ Vt/m}^2\text{C}$.

5. Qizdirishning umumiy sirtini aniqlaymiz:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{sr}},$$

$$F = \frac{1720000 \cdot 10^3}{36 \cdot 605 \cdot 3600} = 22m.$$

Har bir qizdirilayotgan truba uzunligi 880 mm tashqi ignalarsiz (tablitsa yordamida aniqlanadi) shartli sirt yuzasining maydoni 0.25 m^2 . Shundan rekuperatorning trubalarining umumiy soni:

$$n = \frac{22}{0.25} = 88 \text{ truba.}$$

Havo o'tishi uchun kerakli kesimning umumiy maydoni

$$f_v = \frac{4300}{3600 \cdot 6} = 0.2 \text{ m}^2.$$

Tutunning umumiy yuza kesimi

$$f_d = \frac{6050}{3600 \cdot 3.5} = 0.48 \text{ m}^2.$$

Shundan, 88 truba seksiyalarga shunday taqsimlanishi kerakki, havo bo'yicha har bir seksiyaga $m = \frac{f_v}{s_v}$ truba, tutun harakati yo'lida — $m = \frac{f_d}{s_d}$.

Havo yo'lida trubalar soni:

$$m = \frac{0.2}{0.008} = 25.$$

Tutun yo'lida:

$$m = \frac{0.48}{0.060} = 8.$$

Havo o'tishi uchun kesim 0.008 m va tutun o'tishi uchun kesim 0.060 m jadvaldan (maxsus ma'lumotnomadan) olinadi.

Shunday qilib hisoblanayotgan rekuperatorida 3; 6 ta seksiya, har bir seksiyada 25 tadan truba ko'zda tutilishi kerak.

Havo 3 ta seksiyadagi va 8 tadan trubadan o'tadi. Har bir seksiyada 26 tadan truba 2 qator bo'lib, har bir qatorda 13 tadan truba joylashishi kerak.

4.5. Yonilg'ini yondirish moslamalari

Yonilg'ini yondirish moslamalari. Yonilg'ining kimyoviy energiyasini issiqlik energiyasiga o'tkazish uchun mo'ljallangan. Gazlarni yondirish moslamasi – gorelkalar deb nomlanadi. Gorelkalarning qo'llanilishi quyidagilarni ta'minlashi zarur.

– *Zaruriy miqdordagi yonilg'i va havo keltirish hamda ularni hosil qilishi.*

– *Pech ishchi bo'shlig'ida yonilg'ini to'la yonishini ta'minlashi.*

■ Yonilg'ining yonishida shunday alanga chiqishi zarurki bu texnologik shartlarning talabiga mos kelishi va kerakli darajadagi issiqlik uzatilishini pech ishchi bo'shlig'ida ta'minlab berishi kerak.

Aralash yonish issiqlik uzatish eng yuqori samaradorlik va KPD ta'minlanadigan sikl bo'lishi kerak. Aralashishlarning usuli bo'yicha gaz va havo aralashishi 3 ta guruhga bo'linadi.

1) Avvaldan havo va yonilg'ining to'la aralashishi;

2) Avvaldan havo va yonilg'ining qisman aralashishi;

3) Tashqarida aralashtirish.

Birinchi guruh gorelkalariga havo va yonilg'ini pechga kirishiga aralashtirib berishi kerak, yonganda bunday gorelkadan chiqayotgan alanga ko'rinmas bo'ladi.

Ikkinchi guruh gorelkalar avvaldan havoning bir qismi aralashgan bo'lib, pech ichiga kirishda qolgan qismi beriladi.

Uchinchi guruh gorelkalarida aralashma yonayotgan bo'shliqda hosil bo'lib yaxshi ko'rinib turadigan alanga hosil qilib yonadi. Shuning uchun bu gorelkalarni mash'alah gorelkalar deb yuritiladi.

Avvaldan to'la aralashma hosil qiluvchi gorelkalarni ko'rib chiqamiz, ularni odatda injeksion gorelkalar deb nomlanadi. In-

jeksiyon gorelkalar eng yuqori darajadagi temperatura hosil qiladi, ular mash'alasiz bo'lib, mash'ala uzunligi kalta bo'ladi. Injeksiyon gorelkalar sovuq havoda ham, qizdirilgan havoda va gazda ham ishlashi mumkin. Faqat qizdirish darajasini to'g'ri tanlash lozim bo'lib, aks holda aralashtirilayotganda yonib ketishi mumkin. Masalan: domna gazi 400°C temperaturada portlash xavfi havo bilan aralashganda yuz berishi mumkin.

Injeksiyon gorelkalarining ishlab chiqarish quvvati va ishi-ning barqarorligi ko'p jihatdan kelayotgan yonilg'ining bosimiga bog'liq. Agar bosim kichik bo'lsa gorelkadagi aralashmaning yonish tezligi yuqori bo'lib, aralashma hosil qilinayotgan truba ichkariga kirib ketib gorelkani ishdan chiqarishi mumkin. Agar aralashma bosimi yonishi tezligi bosimidan katta bo'lsa, alanga gorelka ichidan yuqoriroqda yonib uning samarasini tushirib yuboradi. Gorelka ichidan chiqayotgan tezlik 20–50 m/s atrofida bo'lsa aralashmaning normal tezligi ta'minlanadi.

Alangani gorelka ichiga kirib ketmasligi uchun minimal bosim:

- Domna gazi uchun – 490 Pa;
- Generator gazi uchun – 881 Pa;
- Koks va domna gazi 196 Pa ($Q_p^H = 8350 \text{ kDj/m}^3$).

Aralashmaning gorelka ichidan chiqishi uning issiqlik kuchlanganligini:

$$h_{H.g} = \frac{0.278 B_G Q_H^p}{f_{H.g}}, \text{ Bt/m}^2,$$

Bu yerda:

$B_G = W f_{H.g}$ – gaz sarfi m^3/soat ;

W – aralashmaning chiqish tezligi $f = \frac{\pi d_{H.g}^2}{4}$.

$$h_{H.g} = 0.278 W Q_H^p.$$

Yonilg'i sarfini bilib, B_T , gorelkaga kelayotgan yonilg'i sarfini aniqlash mumkin:

$$B_G = \frac{B_T}{n},$$

Bu yerda n — pechdagi gorelkalar soni. Agar gorelkalar soni konstruktiv jihatdan beriladigan bo'lsa, gorelka oldidagi gaz bosimini belgilab, katta gorelkadan sarf bo'layotgan yonilg'i sarfini grafiklar asosida aniqlaymiz. B_G keyin gorelkaning uchining teshik diametrini va uning konstruktiv o'lchamlarini aniqlaymiz.

$$f_{H.g} = \frac{0,278 B_G Q_H^p}{h_{H.g}}, \quad d_{H.g} = \sqrt{\frac{4 f_{H.g}}{\pi}}.$$

Gorelkalarni hisoblashda 2 ta usul qo'llash mumkin.

1-usul

1) Gorelka to'planadi, ya'ni $d_{H.g}$ beriladi.

$$f = \frac{\pi d_{H.g}^2}{4}$$

$$2) B_G = \frac{h_{H.g} \cdot f_{H.g}}{0,278 Q_H^p} \text{ yoki } B_G = k \cdot B_G^{100},$$

Bu yerda: B_G^{100} — grafik asosida aniqlanadi. $d_{H.g} = 100 \text{ mm}$ dagi gazning bosimini bilgan holda.

$$3) \text{ Gorelkalar sonini aniqlash } B_G = \frac{B_T}{n}.$$

2-usul

1) Gorelkalar soni beriladi. — n ;

$$2) B_G = \frac{B_T}{n}; \quad B_G = K \cdot B_G^{100};$$

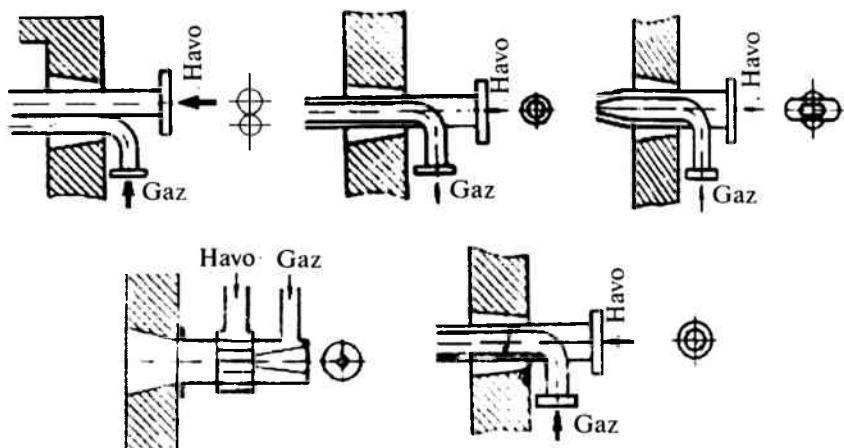
$$3) K = \frac{B_T}{B_G^{100} \cdot n} \text{ aniqlanadi.}$$

4) K aniqlangach d_{H_g} aniqlanadi.

Atmosfera havosidan (sovuq) tashqari, injeksion gorelkalarining ma'lum konstruksiyalari qizdirilgan havo va gazda ham ishlashi mumkin. Bu ayniqsa «kambag'al» gazlar bilan masalan domna gazi, qizdiriladigan pechlar uchun ahamiyatga ega. Chunki bu gaz aralashtirganda havo gaz aralashmasining yonib ketishi xavfi oldi olinishi mumkin.

Avvaldan qisman aralashtirilgan aralashma gorelkalari. Ba'zi hollarda o'lchamli kichik bo'lgan pechlar uchun oraliq tasnifli, mash'alali gorelkalar kerak bo'ladi. Ya'ni miltillagan o'rta o'lchamli mash'alaga ega bo'lgan gorelkalar talab etiladi. Bu gorelkalarda havoning bir qismi oquvchi gaz bilan aralashtirilib, qolgan havo gorelkadan aralashma chiqishiga uzatiladi.

Tashqarida aralashmalarda ishlovchi gorelkalar (mash'alali gorelkalar) bu gorelkalar uchun umumiy xususiyat shundaki havo va gaz ayrim kanallar orqali kelib, pechning ishchi bo'shlig'ida aralashadi va alohida chiqarib yonadi.



4.5-rasm. Tashqarida aralashish gorelkalarining konstruktiv ijrosi.

Yonilg'ini to'la yonishi uchun havo sarfi $10 \div 15\%$ oshiqcha bo'ladi. Gaz va havoning gorelkaga kirishini konstruktiv ijrosi

ularning aralashish intensivligiga katta ta'sir o'tkazadi va mash'ala uzunligiga ham ta'sir o'tkazadi. Aralashish qancha yaxshi bo'lsa, mash'ala shuncha kalta bo'ladi.

Alangali gorelkalarni yuqori yonish issiqligiga gaz yonilg'ilar uchun tanlanadi. Tashqarida aralashish gorelkalarda yonilg'ining bir turidan ikkinchi turiga o'tishi ancha sarf bo'ladi.

Kamchiliklari:

- α – ning yuqori ko'rsatkichiari – havoning oshiqchali koefitsienti $\alpha=1,1\div1,15$, yonilg'ining oshiqcha sarfiga olib keladi.

- Havo uzatilishida ventilyatordan foydalanish zaruriyati;

- Gaz miqdorini o'zgarishida havo miqdorini o'zgartirish uchun maxsus moslamalarning zarurligi.

«Truba ichida truba» turidagi gorelkalar konstruksiyasini ko'rib chiqamiz. Bu gorelkalar turli yonilg'ilarda, turli pechlarda juda kam bosimda ham keng diapazonda boshqarilishi mumkin. Gorelkaning o'zagiga aralashmaning kirish tezligiga $w_{sm}=10\div70$ m/s oralig'ida havo va gaz bosimi $98\div4900$ Pa bo'lishi mumkin. Gaz va havoning zaruriy bosimini $35\div40\%$ oshirib (gaz va havoning dinamik kuchlanishi) f_g va f_v kesimlar bo'yicha taqsimlanishi lozim.

	f_v / f_g
$Q_H^p = 3771 - 5866$ kDj/m ³ gaz aralashmasi	1.1
$Q_H^p = 5866 - 8380$ kDj/m ³ gaz aralashmasi	1.9
Koks gazi	7.0
tabiiy gaz	14.0

w_g/w_v nisbatni to'g'ri tanlash zarur bo'lib, tavsiya etilgan f_v k va f_g , havo halqasi truba va gaz trubalari kesimlarining nisbati qabul qilinadi.

«Truba ichida truba» gorelkasini hisoblash

1. Q_H^p – yonish issiqligini, havo sarfini V_v va gaz V_g , sarfini bilib, gaz harakati tezligi, $w_g(40$ m/s) f_g kesimdan va f_g kesimini va d_g gorelka teshigini aniqlanadi.

$$f_g = \frac{B}{w_g}; \quad d_g = \sqrt{\frac{4f_g}{\pi}}.$$

2. Q_H^p tegishli yonish issiqligini olib, f_v / f_g nisbatdan f_v havo trubasi halqasini yuza maydonini topadilar, keyin $f_{x,t}$ tashqi $d_{v,n}$ aniqlaydilar.

$$\frac{\pi d_{v,n}^2}{4} = f_v + f_g; \quad d_{v,n} = \sqrt{\frac{4(f_v + f_g)}{\pi}}.$$

Suyuq yonilg'ini yondirish moslamalari

Forsunkalar

Forsunkalarga quyidagi talablar qo'yiladi.

- Yonilg'ining havo bilan aralashishi va changlanishini yaxshi bo'lishi;

- O'chmaydigan mash'alani barqaror yonishni kerakli uzunlikda ta'minlanishi;

- Ishlatilishda ishonchiligi, konstruksiyasining soddaligi va mustahkamligi, ifloslanmaslik va tozalashning osonligi.

Forsunkalar ikkita katta guruhga bo'linadi, past va yuqori bosimli. Farqi shundaki, bir turdagi forsunkalarda changlatuvchi bo'lib, ventilyatorlar qo'llanilsa, 2-turdagi forsunkalarda changlatuvchi sifatida kompressor havosi yoki yuqori bosim bug'i ishlatiladi.

Yuqori bosimli forsunkalar yuqori temperatura olinishi kerak bo'lgan pechlarda (marten pechlari) bosim yuqori bo'lishi zarur. Past bosimli forsunkalardan qizdirish qurilmalarining turli xil pechlarida qo'llaniladi. Bu pechlarda mazut to'la yonadi. Forsunka oldida mazutning bosimini 49,0÷98,0 kPa oralig'ida tanlaydilar.

Past bosim forsunkalarini havo va mazutning chiqish teshigi kesimini aniqlash uchun hisoblanadi. Mazutning zaruriy chiqish teshigi yuza maydoni

$$t_m = \frac{A \cdot b}{\mu_m} \sqrt{P_m \rho_m}, \text{ mm}^2,$$

Bu yerda: $A = 195,625$ bundan R va Pa , koeffitsient;

b – mazut sarfi, kg/ch ;

R_m – mazutning bosimi, Pa ;

μ_m – mazutning sarf koeffitsienti ($0,2 \div 0,3$);

ρ_m – mazut zichligi, kg/m^3 ($950 \div 960 \text{ kg}/\text{m}^3$).

Havoning chiqishi kesimi

$$f_v = \frac{A' V_v}{\mu} \sqrt{\frac{P_v}{\rho_v}}, \text{ mm}^2,$$

Bu yerda: $A = 618,75$ bundan R va Pa , koeffitsient;

V_v – forsunkadan o'tayotgan havo miqdori

R_v – chiqish teshigi oldidagi to'la kuchlanish.

μ – havoning sarf koeffitsienti ($0,7 \div 0,8$);

ρ_v – havoning zichligi, kg/m^3 .

Undan tashqari amalda kombinatsiyalangan gaz va mazut gorelkalardan foydalaniladi.

Radiant trubalar

Radiant trubalar yonish mahsulotlaridan qizdirilayotgan metalni ajratish uchun qo'llaniladi. 2 ta usul mavjud bo'lib, metalni mufellash va alangani mufellash (radiant trubalar). Radiant trubalarni xromnikelli olovbardosh po'latlardan tayyorlanadi. ($18 \div 25\% \text{Cr}$; $13 \div 25\% \text{Ni}$), $t_{\text{ishchi sirt}} \approx 1000^\circ\text{C}$, pech temperaturasi $t_{\text{pech}} 900\text{--}920^\circ\text{C}$.

Radiant trubalarning samarali ishlashi uchun, truba sirtini maksimal darajada issiqlik kuchlanishiga ega bo'lishi, ya'ni vaqt birligi ichida 1 m^2 truba sirtidan maksimal miqdordagi issiqlik uzatiligi kerak. Radiant trubalar bir yoki ko'p shaxobchali bo'ladi. Bir shoxobchali trubalar orasidagi masofa $\approx 0,5\text{m}$, ikki shoxobchalilar orasi $\approx 0,8\text{m}$. Radiant trubalar soni, qaysi zonaga qancha issiqlik uzatilishiga bog'liq. Bu issiqlik balansidan aniqlanadi.

Radiant trubaning sirt birligining issiqlik kuchlanishini aniqlab, radiant trubalarning (butun zona uchun) kerakli sirtini va ularning sonini aniqlanadi.

Radiant trubalarning sirtini issiqlik kuchlanishi:

$$q = C_{pr} \left[\left(\frac{T_T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_M}{100} \right)^4 \right], \text{ Bt/m}^2,$$

Bu yerda: T_T – truba sirtining temperaturasi;

T_M – metall sirtining temperaturasi ($50 \div 100^\circ\text{C}$ ga metalning qizdirish temperaturasi).

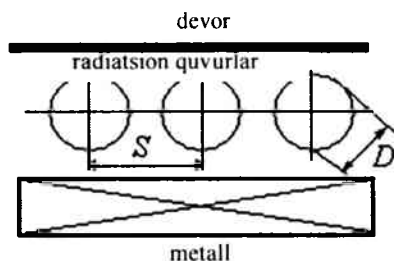
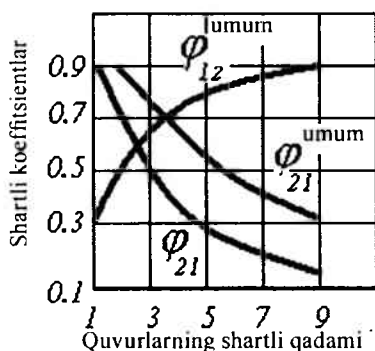
$$C_{pr} = \frac{C_0 \varphi_{12}^{umum}}{\varphi_{12}^{umum} \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right) + \varphi_{21}^{umum} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right) + 1}, \text{ Bt/m}^2\text{K}^4,$$

Bu yerda, S_0 – absolyut qora jismning nur taratish koeffitsienti, $\text{Bt/m}^2\text{K}^4$;

$$\varphi_{21}^{umum} = \varphi_{21} + \varphi_{21}(1 - \varphi_{21}) = \varphi_{21}(2 - \varphi_{21});$$

$$\varphi_{12}^{umum} = \varphi_{21}^{umum} \cdot \frac{S}{\pi D} \quad - \quad \text{nurlanish burchak koeffitsienti}$$

(4.6-rasm.).



4.6-rasm. Radiant trubalarning burchak koeffitsientlari.

φ_{21} — metaldan trubaga; φ_{12} — trubadan metalga, devordagi qaytarilgan nurlanishni inobatga olgan holda. Trubalarning nisbiy qadami S/D

4.6. Temperaturani o'lchash

Temperatura haqida tushuncha va temperatura shkalalari

Jismning qizdirilgan holatiga temperatura miqdori (kattaligi) deyiladi. Temperatura kinetik nazariyasiga asosan molekullarning ilgarilanma harakati kinetik energiyasini o'lchami sifatida aniqlanadi. Bundan ma'lum bo'ladiki, temperatura deb nomlangan shartli statistik kattalik molekullarning o'rtacha kinetik energiyasiga to'g'ri proporsional.

Inson jismning qiziganlik holatini taxminan biladi, ya'ni sovuq, iliq, issiq, qiziganligi (yuqori temperaturalarda qizigan jismning nur taratishi rangiga nisbatan). Shuningdek temperaturani o'lchash uchun bilvosita usullardan foydalaniladi — jismlarning shunday fizikaviy xossalari o'lchanadi, chunki ular temperatura bilan bog'liq bo'lib, ularning sanoatda o'nlab turli moslamalari mavjud, ulardan sanoatda ilmiy izlanishlarda va maxsus maqsadlar uchun qo'llaniladi. 4.2-jadvalda eng ko'p tarqalgan temperaturalarini o'lchash va ularning qo'llash chegaralari berilgan.

Hamma temperatura shkalalari bir xil yo'l bilan (ayrim mustasnolardan tashqari) shakllantirilgan: 2 ta (eng kami) muhim reper nuqtalar asosida (toza moddalarning temperaturaviy faza o'zgarishi qaytarilishi oson va atmosfera bosimida o'zgar-mas) va ularga raqamli miqdorlar berilgan va ko'rinadigan temperaturaviy xossa qo'llanilayotgan termometr moddasi temperatura bilan chiziqli bog'lanish hosil qilishi nazarda tutilgan. Farengeyt (1715-y.), Reomyur (1730-y.), Selsiy (1742-y.), Kelvin (1848-y.). Selsiy shkalasida suvning muzdan tushishi 0, qaynashi 100°C , Reomyur shkalasida bu nuqtalar $0-80^{\circ}\text{R}$ ga teng, Farengeyt shkalasida muz erishi temperaturasi 32° , qaynash temperaturasi 212° va ular oralig'i 180°C teng masofaga ajratilgan.

Selsiy shkalasiga o'tkazish va teskari amallar: $t^{\circ}\text{C} = 5/9(t^{\circ}\text{F} - 32)$; $t^{\circ}\text{F} = 9/5(t^{\circ}\text{C} + 32)$. V. Tompson (lord Kelvin) temperaturasi aniqqlanishi moddaning termometrik xossasiga bog'liq bo'lmagan prinsipial imkoniyatini ko'rsatib berdi. (90) (91) Bu ikkinchi termodinamika qonuniga asoslangan. (Karno sikli). Kelvin shkalasida nol gradusda sirtida molekulalarning issiqlik harakatini to'xtashi qabul qilingan, muzning erish temperaturasi absolyut termodinamik shkala bo'yicha 273.15°K ga teng. Kelvin shkalasining gradusi Selsiyning 100°C li shkalasi gradusiga aynan teng.

4.2-jadval

**Temperaturani o'lchash moslamalari va ularning
qo'llanilishining amaliy chegaralari**

Termometrik xossa	Moslama nomi	Uzoq vaqt qo'llanilish chegarasi, $^{\circ}\text{C}$	
		pastki	yuqori
Hajmiy kengayish	Suyuqlik shisha termometr	-190	600
Berk hajmda bosimning o'zgarishi	Manometrik termometrlar	-60	550
Elektr qarshiligi-ning o'zgarishi (TEYuK) paydo bo'lishi Issiqlik kuchlanishi	Elektrik qarshilik termometrlari	-200	500
	Termoelektrik pirometrlar (termoparlalar)	-270	2500
	Optik pirometrlar	700	6000
	Radiatsion pirometrlar	20	3000
	Fotoelektrik pirometrlar	600	4000
	Rangli pirometrlar	1400	2800

H ₂ O uchlamchi nuqtasi	0.01°C
H ₂ O qaynash nuqtasi	100°C
*Zn qotish nuqtasi	419.58°C
*Ad qotish nuqtasi	961.93°C
* Au qotish nuqtasi	1064.43°C

= 101325 Pa

Shuning uchun $T=t+273.15^{\circ}\text{K}$. XX asr boshlarida Selsiy va Reomyur shkalasi ilmiy ishlarda qo'llanilib kelingan. Shuning uchun 1968-yilda Xalqaro amaliy temperatura shkalasini qabul qilingan. Xalqaro amaliy temperaturaviy shkala (XATSH-68). 11 qaytariladigan temperaturalarga asoslangan. Bularga reper nuqtalari, raqamli belgilari berilgan. Ularning bir nechtasini keltiramiz.

Dilatometrik termometrlar

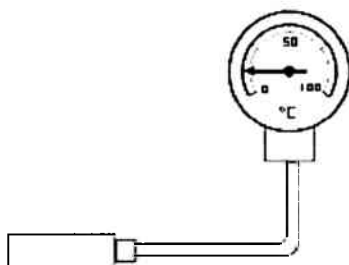
Hajmiy kengayish termometrlar keng ommalashgan bo'lib – suyuqlik shisha termometrlar va monometrik termometrlar. Chiziqlar kengayish temperaturalar sterjenli va bimetallik termometrlar o'lchov asboblari sifatida priborlarda qo'llanilmaydi, ular temperatura regulyatorlarida datchik o'rnida ishlatiladi.

Termometrlar ichida eng ko'hna temperatura o'lchovida ishlatiladigan suyuqlikli shisha termometrlari bo'lib, ularda moddani issiqlikdan kengayish xossasidan foydalaniladi. Termometrning ishi termometrik moddaning va qobiqning issiqlikdan kengayishni farqi tufayli sodir bo'ladi (qobiq shisha yoki kvarts). Afzaligi: qo'llanishining soddaligi, o'nglashning yengilligi, arzonligi, datchikning issiqlik energiyasi temperaturalar o'lchov diapazonining chegaralanganligi.

Texnik termometrlar $0.5\div 1.0$ dan $5\div 10^{\circ}\text{C}$ gacha shkala bo'limlari bilan ishlab chiqariladi. ($+300\dots+500^{\circ}\text{C}$ gacha), ruxsat etilgan xatoligi ± 1 dan $\pm 10^{\circ}\text{C}$ gacha yuqori chegaraga bog'liq. Ular elektrik va alangali pechlarda qo'llanilmaydi.

Monometrik termometrlar avtomatik ravishda temperatura-ning regulyatsiyasini avtomatik tizimlarda, shkalasiz informatsiya moslamasi sifatida ishlatiladi, (datchiklar) elektrik va alangali pechlarda ishlatilmaydi.

Manometrik termometrlar (4.7-rasm) moddaning bosimning temperaturaga bog'liqligi asosida ishlaydi. Temperatura o'zgarganda o'zgarmas hajmda ta'sirchan elementga bo'layotgan bosim o'zgarib monometr shkalasidagi mil yoki patqalam u yoki boshqa tomonga siljitadi. Shkala graduslarga bo'lingan bo'ladi.

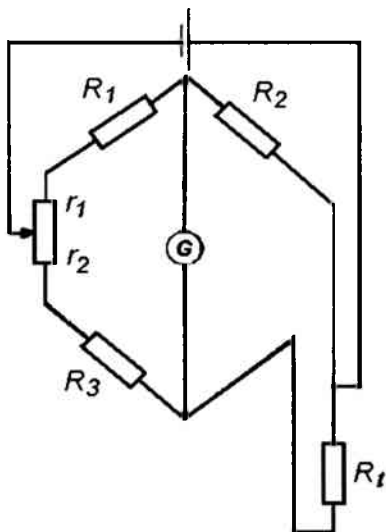


4.7-rasm. Monometrik termometr.

Elektr qarshiligi termometrlari

Metaliurgiya amaliyotida 650°C gacha bo'lgan temperaturalarni qarshilik termometrlarda o'lchash qabul qilingan. 4.8-rasmda elektrik termometrning sxemasi keltirilgan. Shu prinsip moddaning temperaturasining uning qarshiligining o'zgartirish bilan o'lchanadi.

Ushbu bog'liqlikni bilib termometrning qarshiligini o'zgarishi bilan temperatura o'zgarishi haqida ma'lumot beriladi. Natijada chiqish parametri elektrik kattalik bo'lib juda aniqlik bilan o'lchanadi. ($0,02^{\circ}\text{C}$) va uzoq masofaga uzatilishi va avtomatik



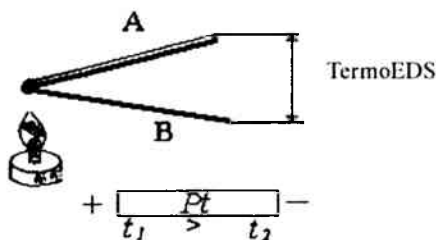
4.8-rasm. Uch simli muvofiqlashtirilgan ko'priq chizmasi.

boshqarish tizimlarida ishlatilishi mumkin. Ta'sirchan element sifatida toza metallardan foydalaniladi, platina, mis, nikel, temir va yarim o'tkazgichlardan tayyorlanadi.

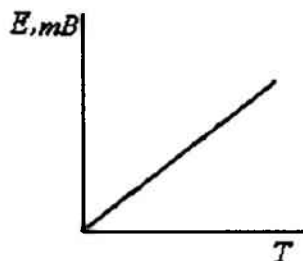
Termoelektrik pirometrlar (termoparalar)

Metallurgiya sanoatida temperaturani o'lchashda termoelektrik pirometrlar keng ishlatiladi. Pirometrlarning temperatura o'lchash intervali -200°C dan $+250^{\circ}\text{C}$ gacha bo'lib, kerak bo'lganda undan yuqori ham bo'lishi mumkin.

Bu moslamalar yuqori aniqlik va ishonchliligi bilan tavsiflanadi va ularni avtomatik boshqarish va nazorat qilish tizimiga o'rnatish mumkin. Termoelektrik usul termoparaning bir uchi qiziganda E.Y.K (elektr yurituvchi kuch) paydo bo'ladi, chunki uning ikkinchi uchi (sovuq ulanish) past temperaturaga odatda xona temperaturasiga ega bo'ladi. Paydo bo'lgan E.Y.K o'lchash uchun uni boshqa o'tkazgichning E.Y.K bilan solishtirish, ularni birinchi o'tkazgich bilan termoelektrik juftlik hosil qiladi (4.9-rasm.) va zanjirda tok paydo bo'ladi. Bu hodisa 1821-yilda Zeebek tomonidan ochilgan va uning nomi bilan yuritiladi.



4.9-rasm. Termoelektrik pirometr (termopara).



4.10-rasm. Temperaturaning termo E.Y.K ga bog'liqligi grafigi.

Termoelektrodlar materiallari quyidagi talablarga javob berishi kerak:

1) Yuqori elektro'tkazuvchanlikka ega bo'lishi, termo E.Y.K va temperaturaga proporsional tavsif bo'yicha o'zgarishi (4.10-rasm.);

2) Olovbardosh bo'lishi;

3) Vaqt oralig'ida fizikaviy xossalarning muhimligini ta'minlashi va temperaturalar o'zgarishiga mosligi;

4) Temperaturaviy qarshilik koeffitsientini kam miqdorda bo'lishi.

Muhim fizikaviy xossalari bilan katta hajmda ishlab chiqarish imkoniyati bo'lishi kerak. Termoelektrodlar sifatida diametri 0.5÷3,0 mm. bo'lgan simlar ishlatiladi. Ikkita elektrodning bog'lanishi — payvand, o'rab biriktirish volfram molibden termoparalar uchun qo'llaniladi.

Platinarodiy-platina termoparasi (PP):

+ elektrod — 90% Pt va 10% Rh qotishma;

— elektrod — 100% Pt «ekstra».

Etalon termopara sifatida qo'llaniladi va ilmiy izlanishlarda ishlatiladi. Uzoq vaqt mobaynida 1300°C gacha bo'lgan temperaturalarda qisqa vaqt ichida 1600°C ishlashi mumkin. 1000°C termo E.Y.K.— 9.566 mV, 1600°C — 16.76 mV.

Xromel-alyumel termopara (XA):

+ elektrod — xromel qotishmasi : 89% Cr; 9,8% Ni; 1,0% Fe 0,2% Mn;

— elektrod — alyumel: 94% Ni; 0,5% Fe; 2,0% Al; 2,5% Mn va 1,0% Si.

3,2 mm va undan yupqa simlardan tayyorlanadi. Uzoq vaqt davomida 1000°C da qisqa muddatda — 1300°C da ishlashi mumkin. 1000°C — 41,3 mV.

Xromel-kopel termopara (XK):

+ elektrod — xromel qotishmasi: 89% Cr; 9,8% Ni; 1,0% Fe va 0,2% Mn;

— elektrod — kopel qotishmasi: 43–44% Ni; 56–57% Cu.

Uzoq vaqt 600°C , temperaturada, qisqa vaqt 800°C gacha ishlashi mumkin. Termo EDS 500°C – 40,15 mV.

Termoelektrik termometr (TT) – o'lchov o'zgartiruvchisi ta'sirchan elementi – termopara – maxsus himoya qobig'idan bajarilgan armaturaga ega. Bu qobiq termoparaning termoelektrodlarini mexanik buzilishlardan va o'lchanayotgan muhit ta'siridan saqlaydi. Armatura ichiga himoya qobig'i va armatura boshchasi kiradi. Ichkarisida esa qotirish moslamasi bo'lib termoelektrodlarni ulovchi simlar bilan kontakt hosil qiladi va termometrlar butun qobiq bo'ylab keramik munchoqlar bilan bir-biridan ajratilgan. Himoya qobig'i gaz o'tkazmaydigan materiallardan tayyorlanib, yuqori temperatura va agressiv muhit ta'siridan saqlaydi. Termoparalarni graduировkasi etalon termopara bilan bajariladi. Termo EYK o'lchanayotgan termoparaming ozod tugunlari turli temperaturalarda o'lchanadi. Termo EYK ga ega. Termo EYK ni ko'tarib yuriladigan potensiometr yordamida o'lchanadi. Xatoligi 0,1 MV dan ko'p bo'lmasligi lozim. O'lchashlar ushbu temperaturada 10 daqiqa tutib turib, so'ng bajariladi.

Nurlanish pirometrlari

Issiqlik nurlanishi o'lchashga asoslangan termometrlar pirometrlar deb ataladi. Ular 100 dan 6000°C gacha va undan yuqori temperaturani nazorat qilish imkonini beradi. Ularning asosiy afzalligi shundaki o'lchash vaqtida qizdirilgan jism temperatura maydoniga o'lchovchi vositaning ta'siri bo'lmaydi. Bu termometrlar kontaktsiz deb nomlanadi. Nurlanish qonunlari asosida pirometrlarning quyidagi nurlari:

- optik pirometrlar;
- radiatsion pirometrlar;
- spektral nisbatlar pirometrlari;
- Fotoelektrik pirometrlar.

Optik pirometrlar

Optik pirometrlarning ish prinsipi monoxromatik nurlanishning oqim zichligini temperaturaga bog'liqligiga asoslangan.

4.11-rasmda optik pirometrning «yoʻqolib ketuvchi ipli» chizmasi keltirilgan, uning ish prinsipi oʻlchanayotgan obyektning yorqinligi bilan gradirovka qilingan nurlanish manbaining yorqinligi bilan solishtirish orqali oʻlchanadi. Manbaining nurlanishi 1 linza 4 «ip» tekisligida fokuslanadi. Operator diafragma 6 va nurfiltri 7 orqali qizdirilgan jism fonida lampa ipini koʻradi. Operator reostat murvatini 11 siljitib, lampa orqali oʻtayotgan tok kuchini oʻzgartiradi va ip yorqinligini jism yorqinligi bilan tenglashtiradi. Agar ip yorqinligi jism yorqinligidan kam boʻlsa, jism yorqinligi fonida ip qora chiziq boʻlib koʻrinadi.

Agar jism yorqinligidan ortiq boʻlsa oq chiziq boʻlib koʻrinadi, jism va ip yorqinliklari teng boʻlganda ip koʻrinmay qoladi va bu vaqtda yorqinlik temperaturallari ham tengligini bildiradi. Lampa batareyadan 10 zaryad olib ishlaydi.

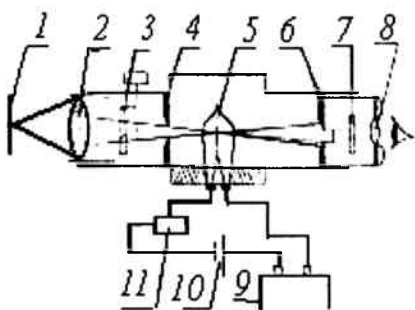
Pribor 9 oʻlchash zanjiridan oldindan graduslarga boʻlingan boʻlib tok kuchi va yorqinlik temperaturaga bogʻliq va natijaviy sanoq $^{\circ}\text{C}$ da boʻlishini taʼminlaydi.

Bu tipdagi pirometrlar temperaturani 700°C dan 8000°C gacha oʻlchash shkalasini beradi. Sanoatda ishlatilayotgan pirometrlar $1200\div 2000^{\circ}\text{C}$ issiqlik intervali temperaturalarini oʻlchaydi va ruxsat etilgan xatoligi $\pm 20^{\circ}\text{C}$.

Pirometrlarning aniqlik sifatiga qoralik darajasining noaniqligi va uning spektri taʼsiriga nurlanishning oʻzgarishi, oraliq muhitning nurlanishini kamayishi ham taʼsir etadi.

Radiatsion pirometrlarning boshqa pirometrlarga qaraganda aniqligi kam. Hosil boʻlgan xatoliklar ϵ_{ϵ} , teleskopning no-

toʻgʻri ravishda nurlanish manbaiga yoʻnaltirilganini, devorning nurlanish taʼsiri (pechdan metalning temperaturasini) aniqlanadi.



4.11-rasm Optik pirometr chizmasi.

CO_2 va suv bug'larining energiya yutishi uchun o'lchash masofasi 2,8–1,3 m hisoblanadi. Linza materialining ko'rinishi o'lchanayotgan temperaturalar intervalini aniqlaydi va gradirovka tavsifini beradi. Flyuorit shishasi past temperaturalarni o'lchash imkonini beradi, -100°C dan boshlab kvars shishasi $400\div1500^\circ\text{C}$ gacha bo'lgan temperaturani o'lchashda foydalaniladi. Optik shisha esa 950°C va undan yuqori temperaturalarni o'lchash imkonini beradi. Sanoat pirometrlarining ruxsat etilgan 20 taligi temperaturaning yuqori chegarasini oshishi bilan bog'liq. 1000, 2000 va 3000°C temperaturalar uchun tegishli ravishda, ±12 ; ±20 va $\pm35^\circ\text{C}$ belgilangan.

Fotoelektrik pirometrlar. Fotoelektrik pirometrlar temperaturaning avtomatik ravishda uzluksiz o'lchash va qayd imkoniyatini beradi. Ularning ish prinsipi nurlanish intensivligining temperaturaga bog'liqligi spektrning juda tor intervalidagi to'lqin uzunligini o'lchashga asoslangan. Bu moslamalarda qabul qilish uchun fotodiodlar, fotoqarshiliklar, fotoelementlar va foto ko'paytirgichlar qo'llaniladi. Xususiy nurlanish fotoelektrik pirometrlar 2 ta guruhga bo'linadi:

- Temperatura o'lchami qabul qiluvchiga bevosita foto oqimining miqdorining tushishi bilan o'lchanadi.

- Stabil nurlanish manbaiga ega pirometrlar, fotoqabul qiluvchi obyekt va ushbu manbaning yorqinligining tengligini ko'rsatuvchi indikator bo'lib xizmat qiladi.

Fotoelektrik pirometrlarning o'lchash chegaralari 500 dan 1100°C bo'lganda kislorodli-seziyli fotoelementli, $800\div4000^\circ\text{C}$ ga esa vakuumli surma-seziyli pirometr qo'llaniladi. Bu pirometrqa qizil rang filtrli turida 0.65 ± 0.01 mkm, effektiv to'lqin uzunligini pirometrlar vizual optik pirometrning ko'rsatkichlariga mos tushadi.

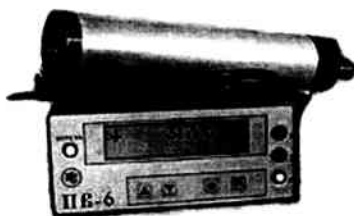
Spektral nisbat pirometrlari. Bunday pirometrlar obyektining temperaturasining rangini spektrning ma'lum 2 ochiq uchastkasi-da nurlanish intensivligining o'lchami bilan aniqlanadi.

Spektral pirometrlar qattiq va erigan metalning keng temperaturalar intervalida 300 dan 2200°C gacha o'lchaydi va 1 va 1,5 aniqlik sinfiga ega (o'lchash chegarasiga bog'liq). Ushbu pirometrlar 3÷5 marta xatolikka ega bo'lib, nurlanuvchining qoralik darajasi o'zgarishiga bog'liq. Ularning ko'rsatkichlariga oraliq muhitning nur yutishi kam ta'sir etadi. Lekin ayrim hollarda obyekt shu temperaturada selektiv nurlanadi (to'liq uzunligi o'zgarishi bilan shu temperaturada keskin o'zgarishi natijasida qoralik darajasi ham o'zgaradi). Xatolik boshqa pirometrlarga nisbatan ancha oshadi. Spektral pirometrlar juda murakkab, ishonchliligi ancha kam.

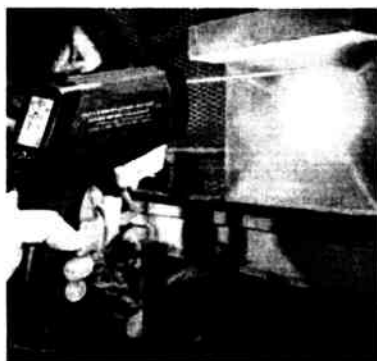
Pirometr turlari.



Ko'tarib yuruvchi pirometr.



Statsionar pirometr.



Radiatsion pirometr.



Optik pirometr.

5-bob. TERMIK SEX JIHOZLARI

5.1. Pechlarning klassifikatsiyasi

Termik sexlarning jihozlari 2 turga bo'linadi: Asosiy va yordamchi.

Asosiy turlarga quyidagi jihozlar kiradi: texnologik operatsiyalarni, qizdirish va sovitish bilan bog'liq bo'lgan: pechlar, qizdirish qurilmalari, sovitish qurilmalari (toblash baklari, toblash mashinalari, chuqur sovitish jihozlari). Shu yo'simda qo'shimcha texnologik operatsiyalarni bajarishga mo'ljallangan to'g'rilash presslari, tozalash qurilmalari — yemirish vannalari, qum va pitra purkash apparatlari, yuvish mashinalari va h.k.

Yordamchi jihozlarga:

1. Korbyurizatorlar va nazoratlanuvchi atmosferalar tayyorlovchi: issiqlik energetika jihozlari va uning tarkibidagi toblash suyuqliklarini sovituvchi moslamalar, sanitar-texnik jihozlar va boshqalar.

2. Mexanizatsiya vositalari — ko'tarma-transport jihozlari, (ko'priqli va aylanuvchi kranlar, yumalatish baklari, monorelslar, transportyorlar, konveyerlar).

Suyuqlik va gazlarni sarfi va miqdorini o'lchovchi moslamalar. Gaz tarkibini aniqlovchi, issiqlik va jarayonlarni kechishini avtomatik ravishda boshqaruvchi mexanizmlar alohida guruhni tashkil etib, ularni (kitobning keyingi boblariga qarang) tasnifi keltirilgan.

Pechiar va boshqa qizdirish qurilmalarni asosiy jihozlar bo'yicha klassifikatsiyalash mumkin.

1. Texnologik yo'nalish bo'yicha;
2. Issiqlik energiyasi olish manbai bo'yicha;
3. Mexanizatsiyalanganlik darajasi bo'yicha;
4. Turli muhitlarni qo'llash bo'yicha.

Texnologik yo'nalishlari bo'yicha pech va qizdirish qurilmalari operatsiyalarning turi bo'yicha guruhlariga ajratiladi.

— Toblash, bo'shatish va kimyoviy-termik operatsiyalari.

Issiqlik manbai bo'yicha yonilg'ili va elektr jihozlarga ajratiladi.

Pechlarni mexanizatsiyalanish darajasi bo'yicha detallarni pechga yuklash, pech ichida harakat qilish va yemirilishi bo'yicha.

Suruvchi, konveyerli, aylanuvchi taglikli va shunga o'xshash. Ularni yuklab tushirish, qo'l mehnatiga asoslangan yoki to'g'ridan to'g'ri toblash bakiga tushishini ta'minlab berishi mumkin. Mexanizatsiyalanmagan pechlar asosan kamerali pechlar bo'lishi mumkin. Pechlarni qo'llaniladigan muhitlar bilan ham ajratish mumkin.

Pechlar ishiatilishi bo'yicha nazoratlanuvchi atmosferalar kimyoviy, neytral va to'yintiruvchi bo'ladi. Pech vannalarni ham shu jihozlar jumlasiga kiritish mumkin.

5.2. Kamerali va shaxtali pechlar

Mayda va o'rtacha kattalikdagi detallarga individual yoki seriyali ishlab chiqarishda kamerali pechlar qo'llaniladi. Kamerali pechlarda suyuq va gazsimon yonilg'ida qizdiriluvchi hamda elektr energiya ishlatilishi nazarda tutilgan bo'ladi.

Sodda konstruksiyali kamerali pechlar sirasiga oynali pechlar suyuq yonilg'ida ishlashga mo'ljallangan (mazut yoki pech yonilg'isi) bo'lib unda asosan keskichlar, frezalar, qattiq qotishmadan bo'lgan plastinkalar payvandlash yoki qizdirib, bolt, vint boshchalarini gorizontal bolg'alash mashinalarida ishlab chiqarish uchun qo'llaniladi (5.1-rasm).

Uning gabarit o'lchamlari 1180x908x2220 mm bo'lib, qizdirish oynalarining o'lchamlari 350x70 mm. Harorati 1300°C gacha chiqishi mumkin.

Keskichlarni 650°C va 850°C ga chiqarish uchun yonilg'i mahsulotlarining chiqib ketadigan yo'liga qo'yib qizdiriladi, bu pechning ishchi kamerasi tepasida 230x70 mm li ikkita oyna joylashgan. Mazut (pech yonilg'isi) 1,5 atm. Va havo bosimi 500 mm suv ustuniga teng bo'lgan rejimda yoqiladi. Pech

1 soatda 7 kg mazut yoqadi. Pechning ishlab chiqarish quvvati 15 kg/s bo'lib, faqat keskichlarning plastina o'rnatiladigan qismining og'irligi hisobga olinadi. Rasmda nostandart kamerali termik pechning konstruksiyasi ko'rsatilgan bo'lib, uning ishchi bo'shlig'i hajmi uncha katta emas. Mazut maxsus yondirish kamerasida yonib, pechning o'lchami $0,4 \times 0,5 \pm 0,2 \text{ m}^2$ ga yaqin qilib ishlangan, soatiga 30 kg/s ishlab chiqarish quvvatiga ega. Harorati 900°C bo'lib, toblash va normalash uchun ishlatiladi. Mazutning sarfi 6 kg/s gacha.

Bunday pechlarni gazsimon yonilg'ida ishlatish uchun o'zgartirishlar ko'p bo'lib, ular vaqt olmaydi. Rasmda «Termoprekt» tashkiloti tomonidan ishlab chiqilgan va 4 ta tip o'lchamda chiqarish mumkin bo'lgan rekuperatorli ikki kamerali pech konstruksiyasi keltirilgan (5.1-rasm).

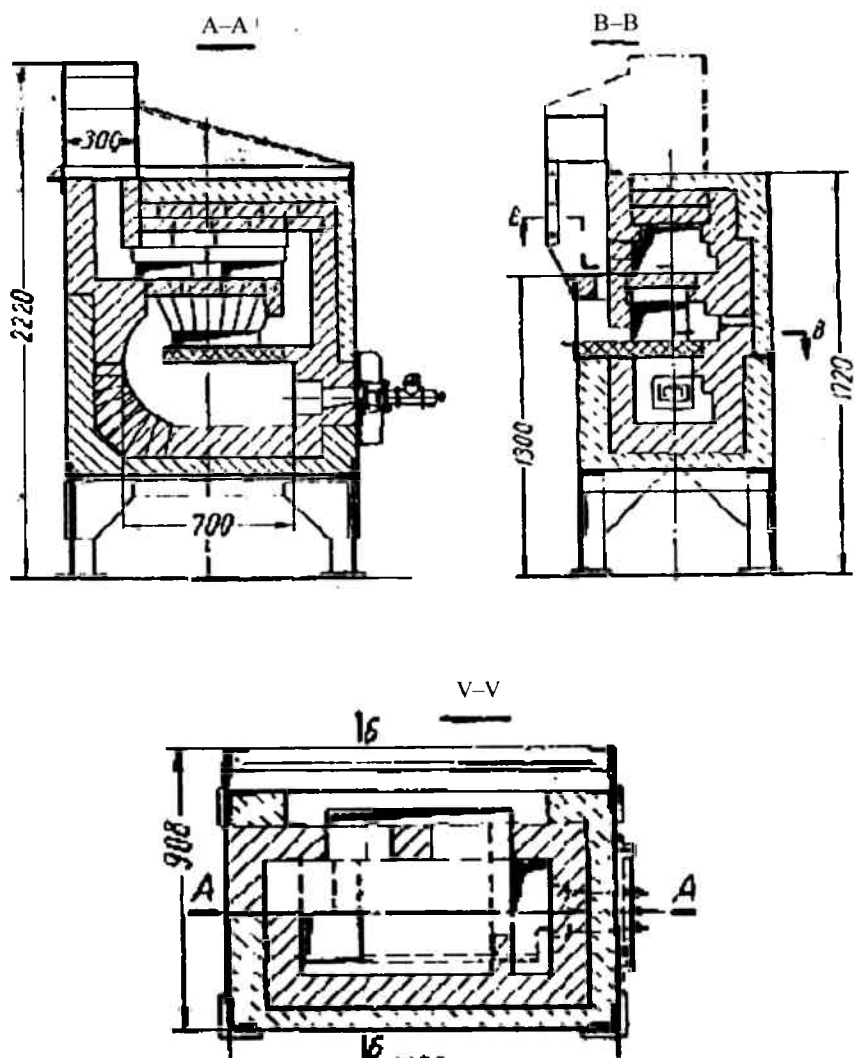
Birinchi kamerada detallar qizdirib olinadi. Ikkinchi kamerada yakuniy harorat olinadi. Har bitta kamera o'zining forsunkalariga ega bo'lib, bir-biridan xoli ishlashi mumkin.

Gazsimon yonilg'ida ishlovchi pechlarning gabarit o'lchamlari maxsus yondirish kamerasi mavjud bo'lmagani uchun ancha ixcham bo'lib, gazning havo bilan to'liq aralashishi hisobiga pechning quvvati mazutli pechlarnikidan kam emas.

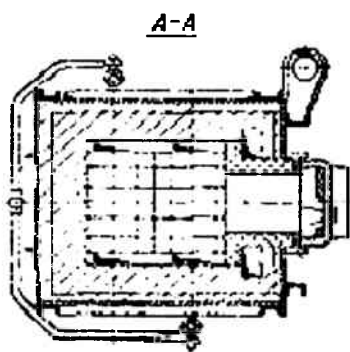
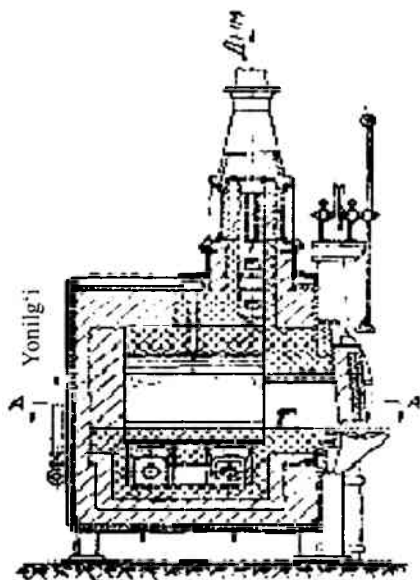
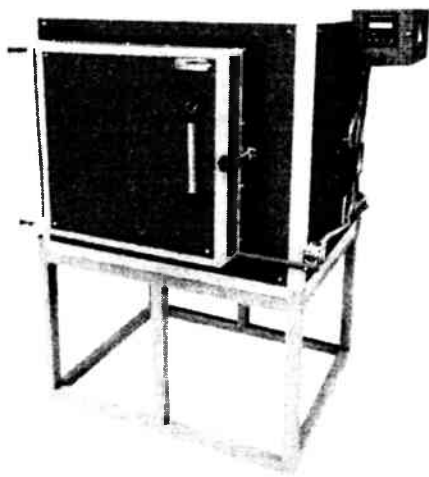
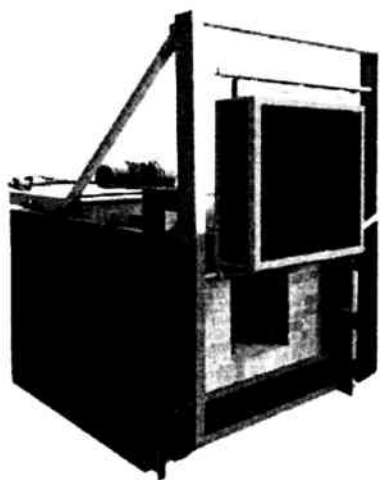
Kamerali pechlarning ikki kamerali bo'lgan konstruksiyasi ikkinchi kameraning chiqib ketayotgan birinchi kameraning yonish mahsulotlari hisobiga yonilg'ini tejab qolish mumkin.

Kamerali pechlarda radiatsion qizdirish trubalari ham qo'llaniladi, bunday qizdirish texnologiyasi yonilg'i pechlarning alan-gasi to'g'ridan to'g'ri detalga urmasligi va uning kimyoviy aktivligiga ta'sir etmasligi uchun bajariladi.

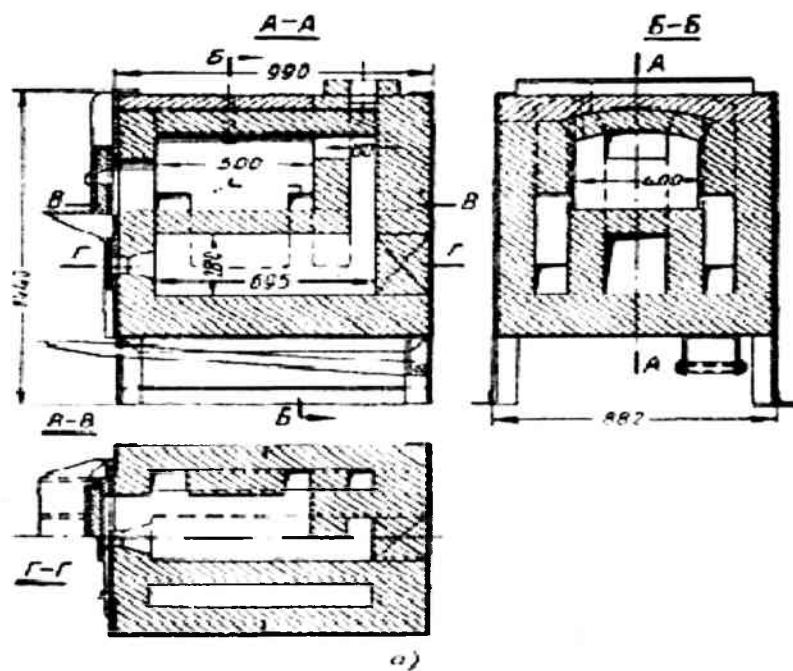
Kamerali pechlar asosan temirchilik sexlarida qo'llanilgani bois ularni o'lchamlari ham bolg'alash presslari yoki bolg'alash mashinalarining o'lchamlari va ishlab chiqarish quvvatiga mos ravishda ishlab chiqariladi.

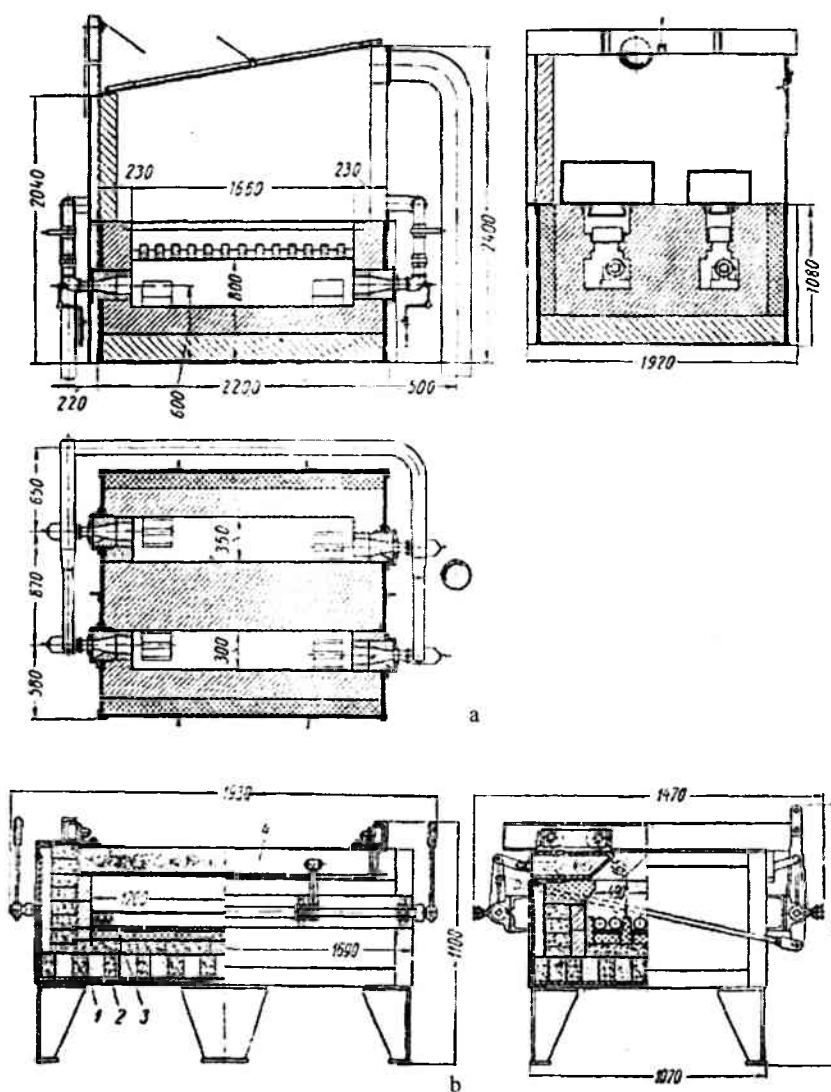


5.1-rasm. Keskichlarga plastina o'tkazish uchun mazutli oynali pechlar. Pechning va ishchi oynaning o'lchamlari I Tip o'lcham. II Tip o'lcham. III Tip o'lcham. IV Tip o'lcham.



5.2-rasm. Kamerali pechlar: a – nostandart
b – Yonilg'i proyektı tomonidan loyihalangan.

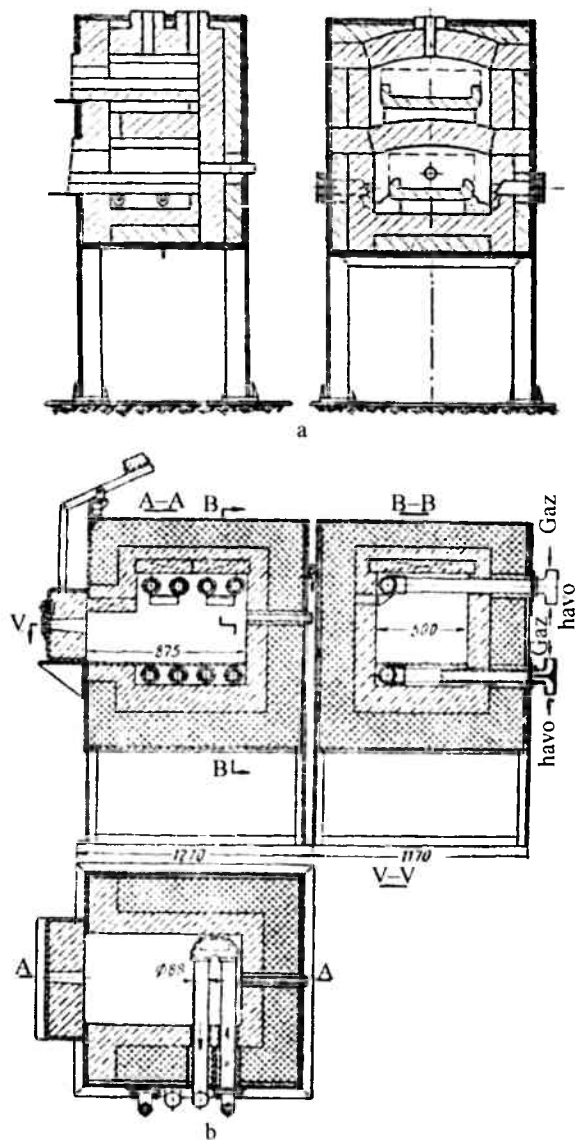




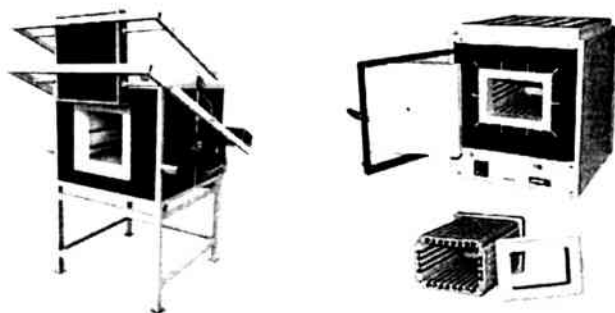
5.3-rasm. Shtamp dumlarini yuqori bo'shatish pech-plitasi:
a — gazli; b — elektrli.

Pechning texnik tavsifi

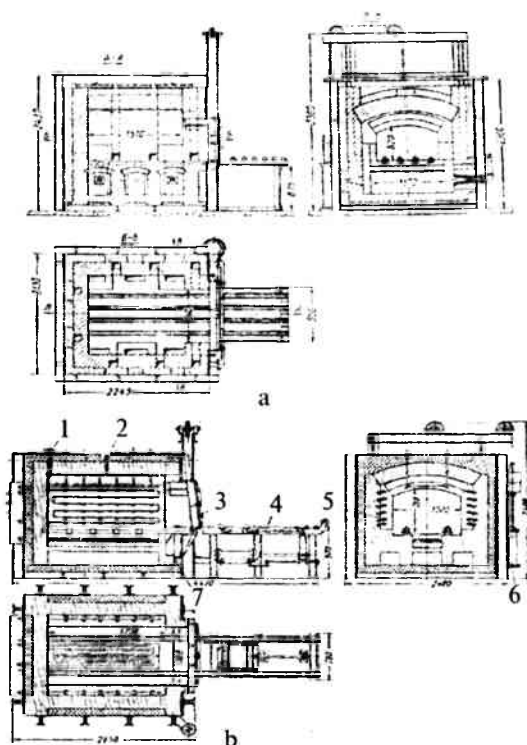
Pech modeli	Hajmi, l	Maksi- mal ha- rorati, °C	Belgilangan kuchlanish kVt	kuch- lanishi, V	Enixuzunligi x balandligi, mm		Massa, kg
					Ishchi kamera	Gabarit o'lchamlari	
CHO 36/12-DV	36		10,0	220	300×600×200	1050×1700×950	300
CHO 80/12-DV	80				400×800×250	1150×1800×1100	450
CHO 120/12-II-DV	120		18,0		400×800×400	1150×1850×1350	480
CHO 120/12-I3-DV	120	1250	25,0		400×800×400	1250×1850×1350	520
CHO 360/12-DV	360		42,0	380	600×1200×500	1900×2350×2500	1300
CHO 500/12-DV	500		51,0		800×1200×500	2100×2350×2500	1650
CHO 650/12-DV	650		63,0		800×1600×500	2100×2700×2500	1850
CHO 1000/12-DV	1000		63,0		800×1600×800	2100×2700×2800	2100



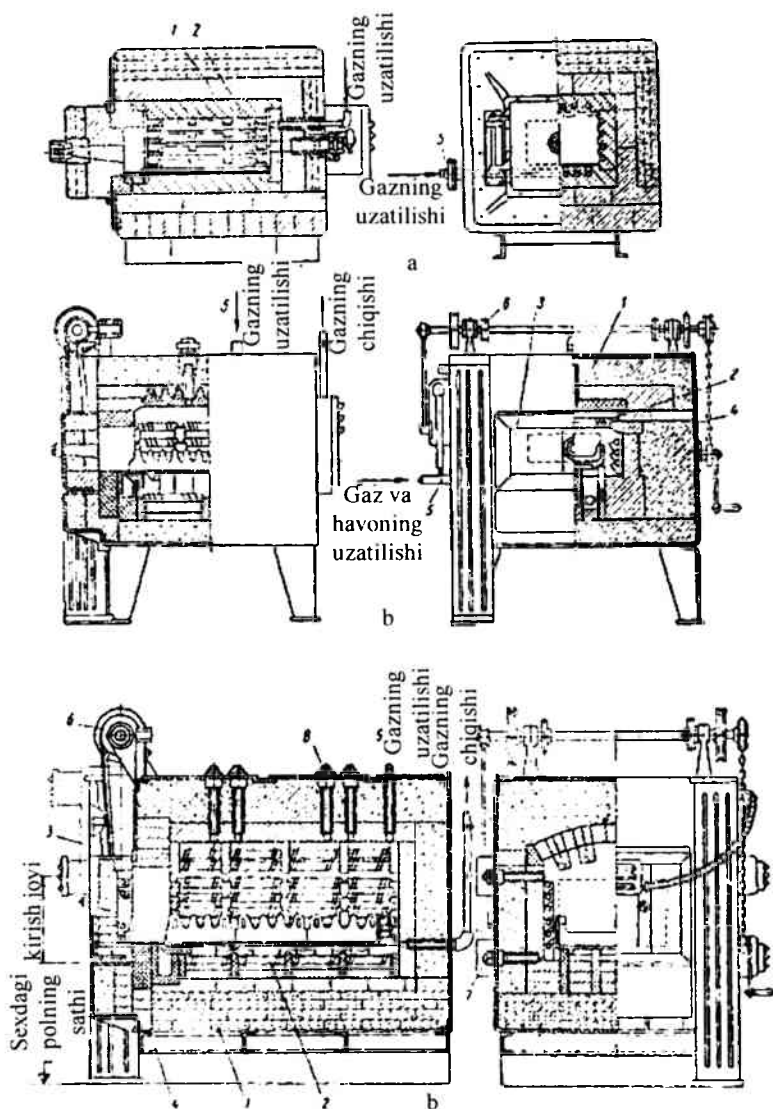
5.4-rasm. Gazli pechlar.
a — ikki qavatli; b — radiatsion rezbali.



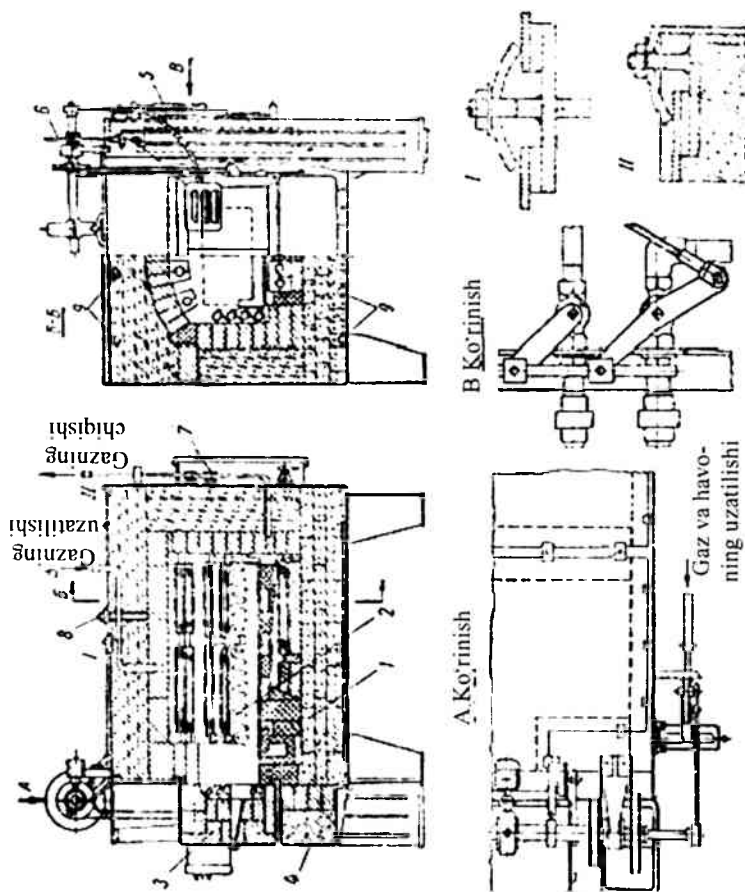
5.5-rasm. Kamerali pechlarning tashqi ko'rinishi va ichki tuzilishi.



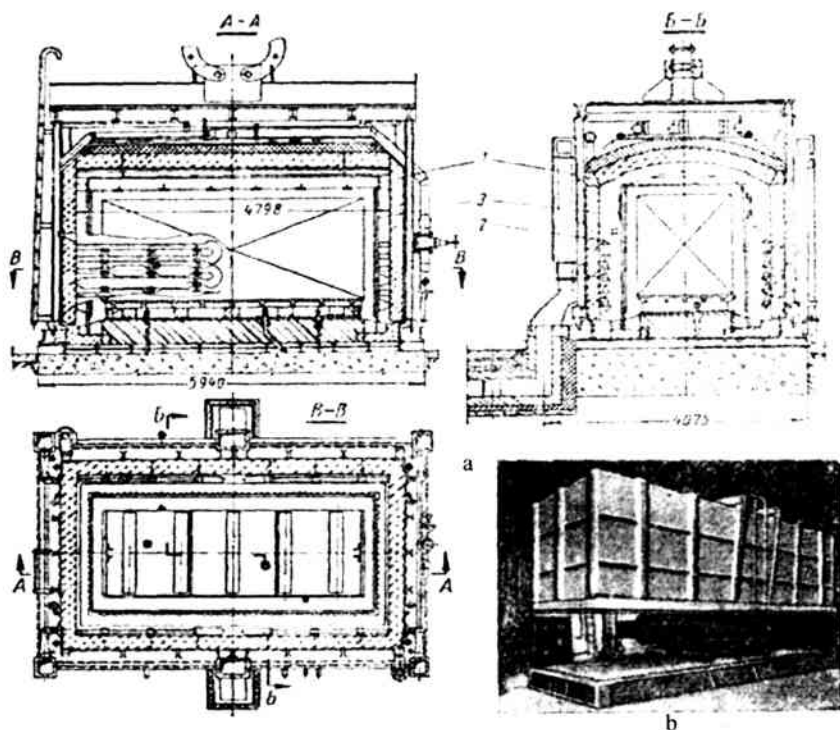
5.6-rasm. Sharli-taglikli kamerali pech. a – gazli, h – elektrik.
 1 – nazoratlanuvchi atmosferali kiritish oynasi. 2 – termopara uchun teshik,
 3 – eshikcha, 4 – gidravlik surgich, 5 – elektr qizdirgich elementlari,
 6 – pnevmatik ko'targich, 7 – gazli to'siq kamerasi.



5.7-rasm. Kamerali pech konustruksiyalari: a – kichik pechlar: H20 X 40, H25, H 50, H30 X 65, H30 X 45; 1 – futerovka; 2 – qizdirish elementi; 3 – eshikcha; 4 – termopara qobig'i.



5.8-rasm. Shartli belgilar: v – yirik pechlar: N65 X 130, N65 X 90, N85 X 170, N85, X110; g – modernizatsiyalangan pechlar; 5 – gaz tarmogʻi; 6 – eshikchali koʻtarish mexanizmi; 7 – qizdiruvchining chiqarish armaturasi; 8 – armatura.

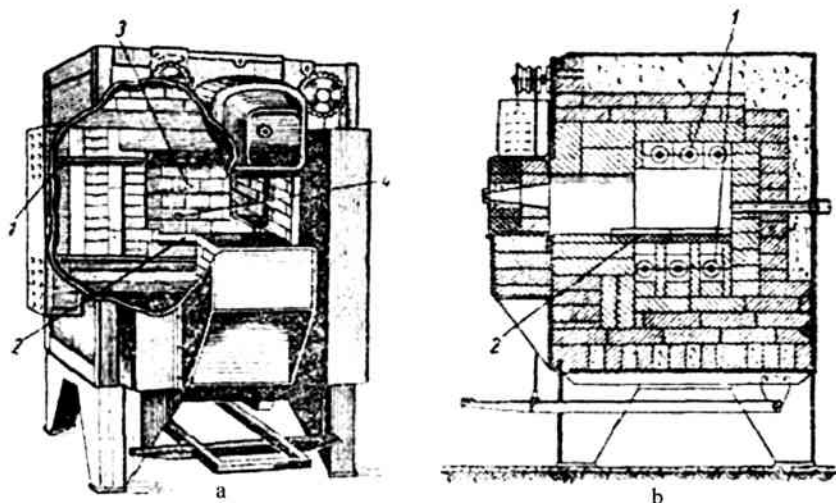


5.9-rasm. Qalpoqli pech.
a—s radiatsionli truba, b-s — gazlar sirkulyatsiyaligi.

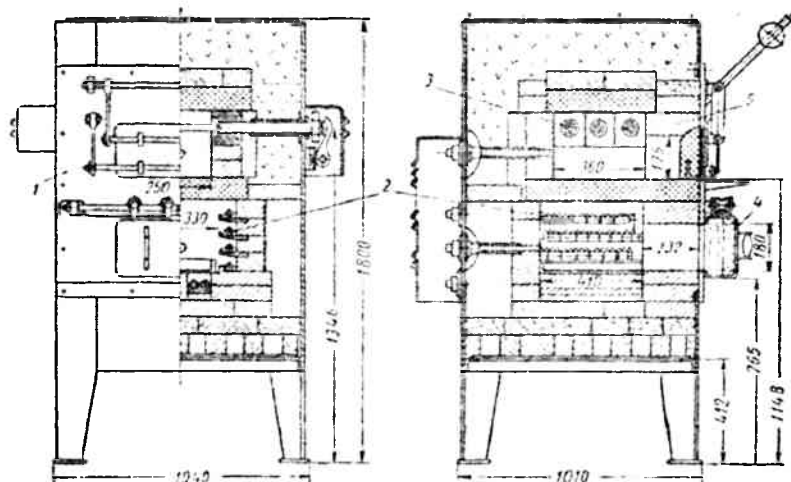
Mufelli davriy (kamerali) pechlar

Davriy mufelli pechlar asosan asboblarni qizdirishda qo'llaniladi. Ular mazut, gaz va elektroenergiya bilan qizdirilishi mumkin.

Nomlanishidan ko'rinib turibdiki, bu pechlar mufelga ega bo'lib, mufellar shamot yoki korborund va metallardan — olovbardosh qotishmalardan (quyma, quyma payvand yoki payvandlangan) tayyorlanadi. Mufelli pechlar nazoratlanuvchi atmosferalarda ishlagani uchun detallarni uglerodsizlanish va oksidlanishdan saqlaydi.



5.10-rasm. Kamerali elktropech.
G-30 tipidagi yuqori temperatura uchun. a – umumiy ko‘rinish; b – kesim.

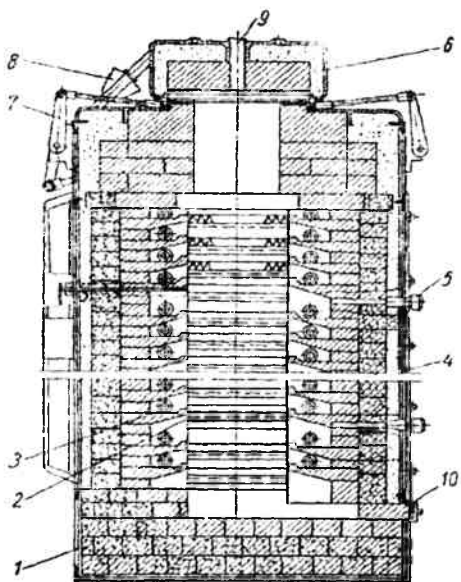


5.11-rasm. 2-kamerali tezkesar va yuqori xromli po‘latlarni toblash uchun pech. 1-pech qobig‘i, 2-pastki kamera qizdirish, 3-yuqori kamera qizdirgichlari, 4-pastki kameraning eshikchasi, 5-yuqori kamera eshikchasini ko‘tarish mexanizmi.

Shaxtali pechlar

Shaxtali pechlar kamerali davriy pechlarning ko‘rinishi bo‘lib, ular asosan uzun detallarga ishlov berish, kimyoviy-termik ishlov berishda gazsimon materiallardan foydalanishda yaxshi samara beradi.

Shaxtali pechlar maxsus ventilyatorlarga ega bo‘lib, uning ichidagi atmosferani shaxta bo‘ylab bir tek kilda qizdirishda asosiy omil bo‘ladi.



5.12-rasm. OKB-415 Mufelli vakuumli elektr pechi.

- 1 – vakuum tizimi, 2 – oldingi yonbosh devori, 3 – qizdirish kamerasining qobig‘i, 4 – futerovka, 5 – qizdirish elementi, 6 – mufel, 7 – poddon, 8 – orqa yonbosh devori, 9 – ekranlar, 10 – gazning chiqish joyi.

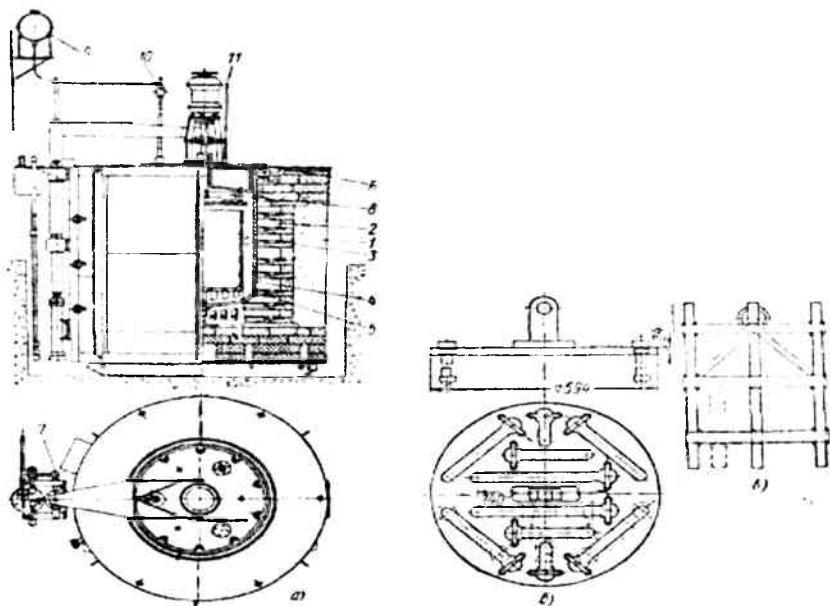
Kimyoviy – termik ishlov berish uchun shaxtali pechlar mufelli qilib ishlangani bois dissotsiyalangan reagentlar bosim ostida pech bo‘ylab aylanib detallarni to‘yintirishi yaxshi amalga oshadi. Sementatsiya, azotlash pechlari maxsus mufellarga ega bo‘lib,

ayniqsa azotlash operatsiyasining xavfsizligini ta'minlaydi (azotlash uchun qo'llanadigan ammiak ruxsat etilgan chegaraviy me-yordan oshib ketsa «Nafas paralichini» keltirib chiqarishi mum-kin) .

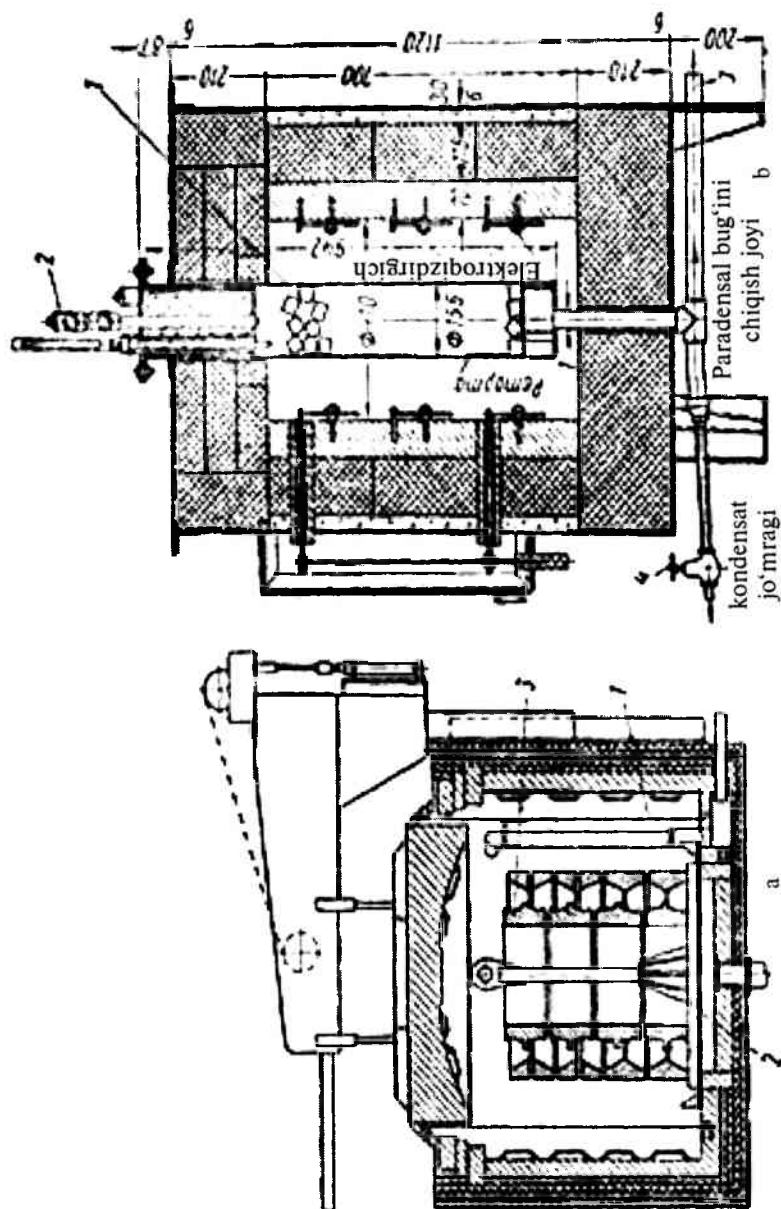
Uzun detallarni toblash uchun maxsus relslarda yuruvchi pechlar ishiab chiqilgan bo'lib, toblash bakida ham turli muhit- ga ega bo'ladi. Toblanayotgan po'lat markasiga qarab muhit, suv, tuzlarning suvdagi eritmasi moy va havo sirkulyatsiyasi (o'rmiga azotlash qo'llanilishi mumkin) bilan toblanadi.

Kimyoviy — termik ishlov berish uchun shaxtali pechning mufeliga maxsus savatlarda detallar solib qizdirilishi ularni shax- ta ichidan chiqarishni osonlashtiradi.

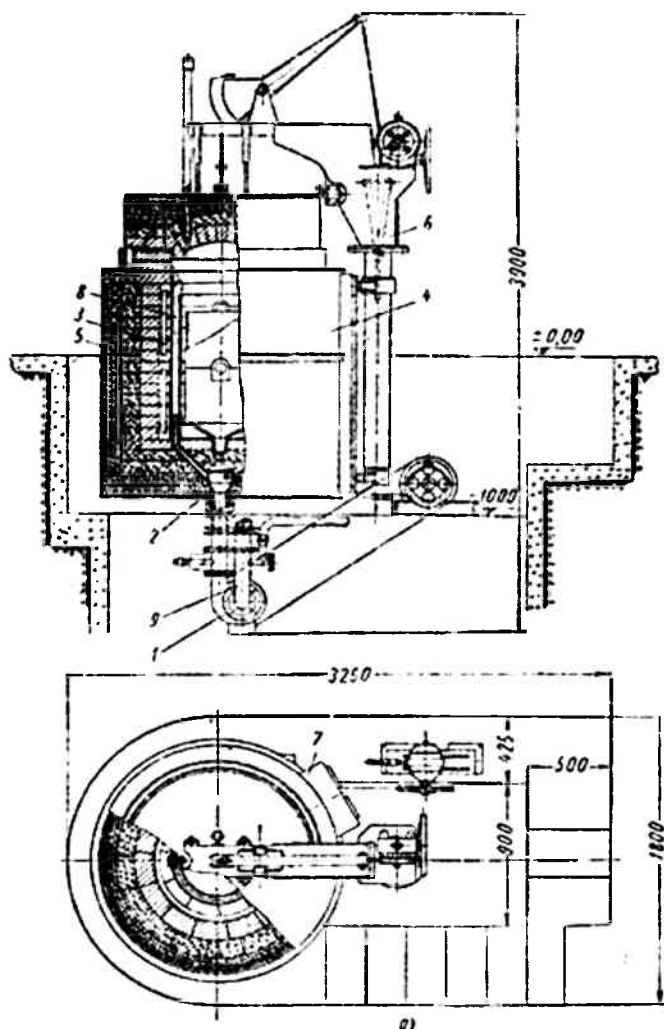
Yumshatish uchun mo'ljallangan shaxtali pechlarda yuqori harorat X25Ю5 va X20H80 qizdirish elementlarida foydalanishi evaziga pech 5000 soat ta'mirsiz ishlash imkoniyatiga ega.



5.13-rasm. Sh-35 tipdagi Shaxtali pech.

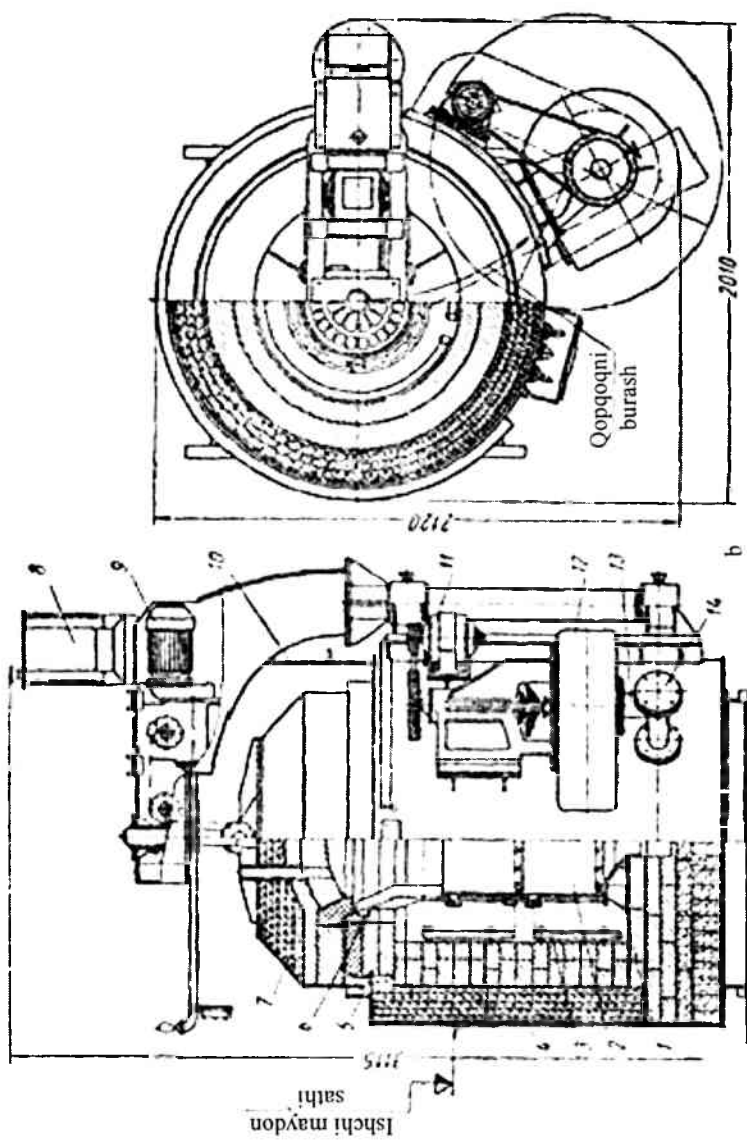


5.14-rasm. Shaxtali elektropech va gazli sementatsiya moslamalari.



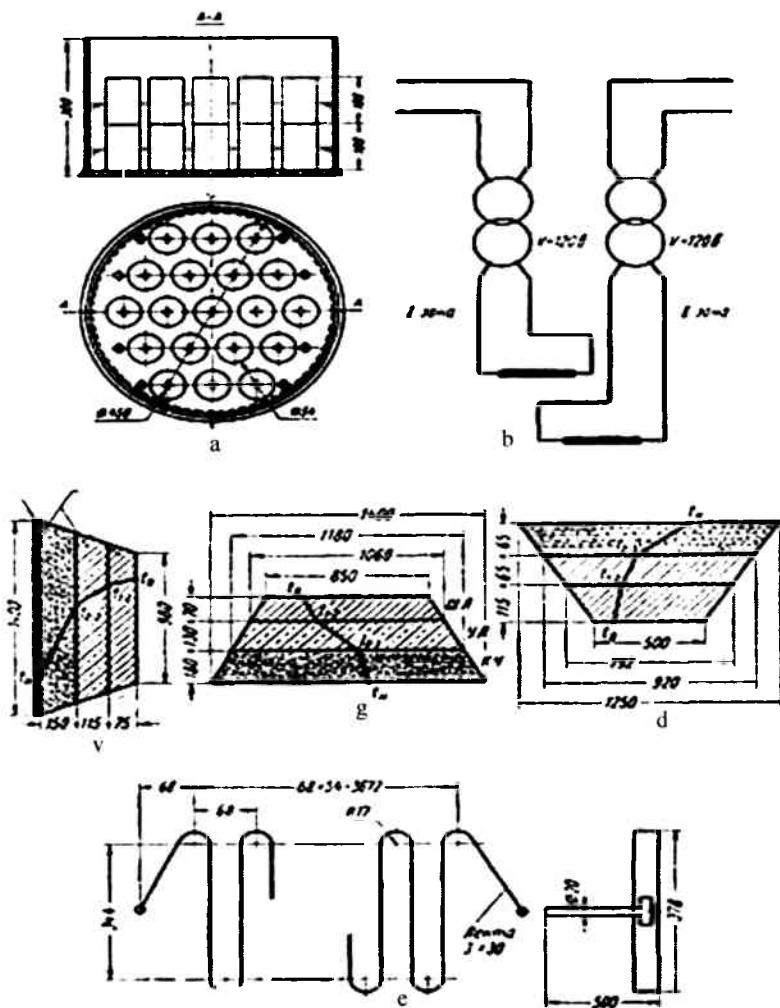
5.15-rasm. Shaxtali mufelli pech.

a — SHTCH-45 1-ventilyator, 2-gaz karbyurizator trubasi, 3-shildirgich, 4-qobiq, 5-turubka, 6-qopqoq ko'tarish mexanizmi, 7-gaz karbyurizatorning chiqish qobig'i, b — modernizatsiyalangan mufelli pech, HIIA 45 A 4-futrovka, 5-qo'shli berkitgich, 6-yo'naltiruvchi, 7-qopqoq, 8-bak, 9-truba. 1-quyma taglik 2-o'tkazish savati, 3-qizdirgich, 9-ko'tarish va hurish mexanizmi.

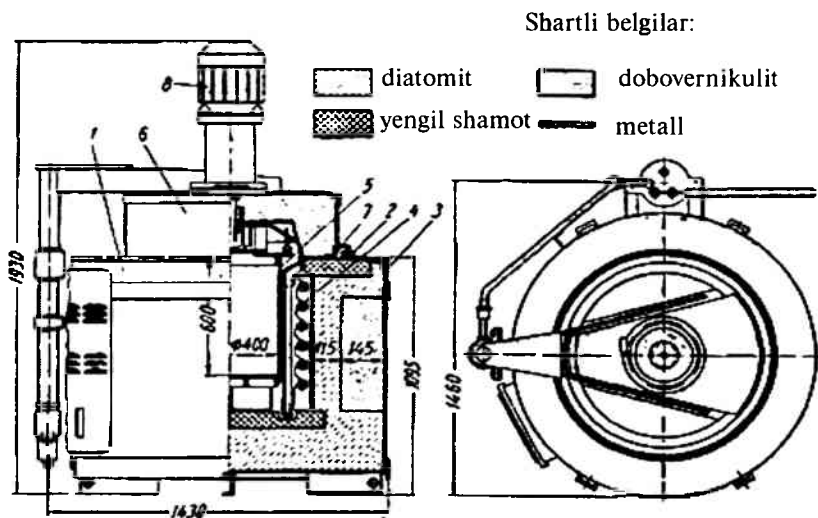


5.16-rasm. Shaxtali elektropech va gazli sementatsiya moslamalari.

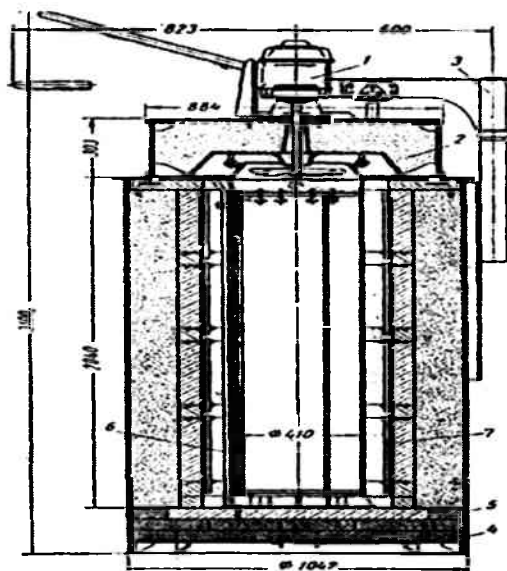
ShTCh-45 pechining issiqlik va elektr ta'minot tarmog'ining
kuchlanishi – 380 V



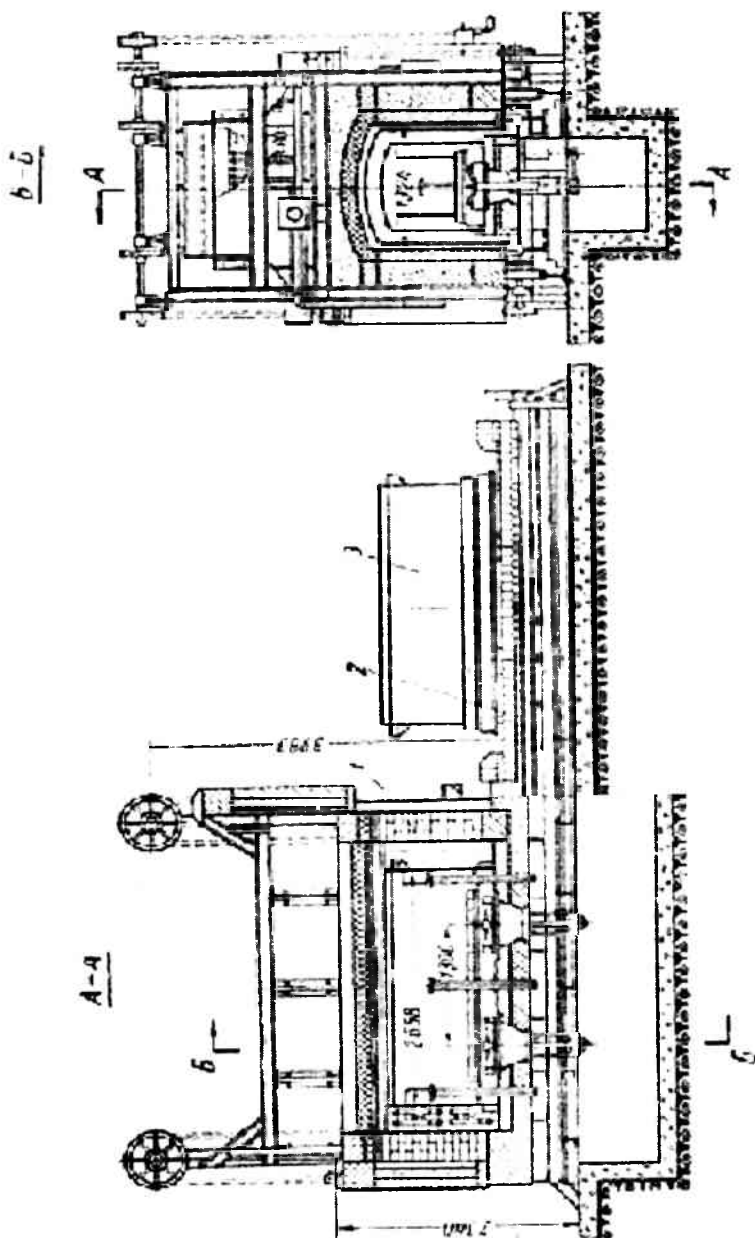
5.17-rasm. Pech hisobi uchun eskizlar: a – detallarni pechga yuklash moslamasi, b – pech devor, v – pech tagligi g – pechning qizdirish zonasi, d – qizdirgichlarni joylashishi.



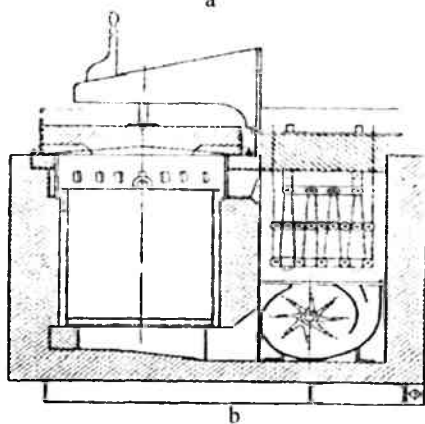
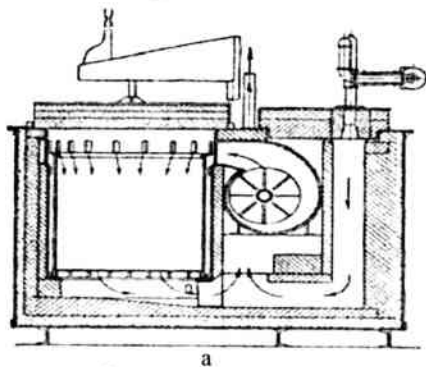
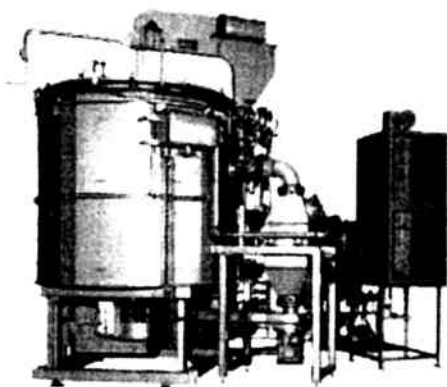
5.18-rasm. AH-13A bo'shatish elektr pechi.



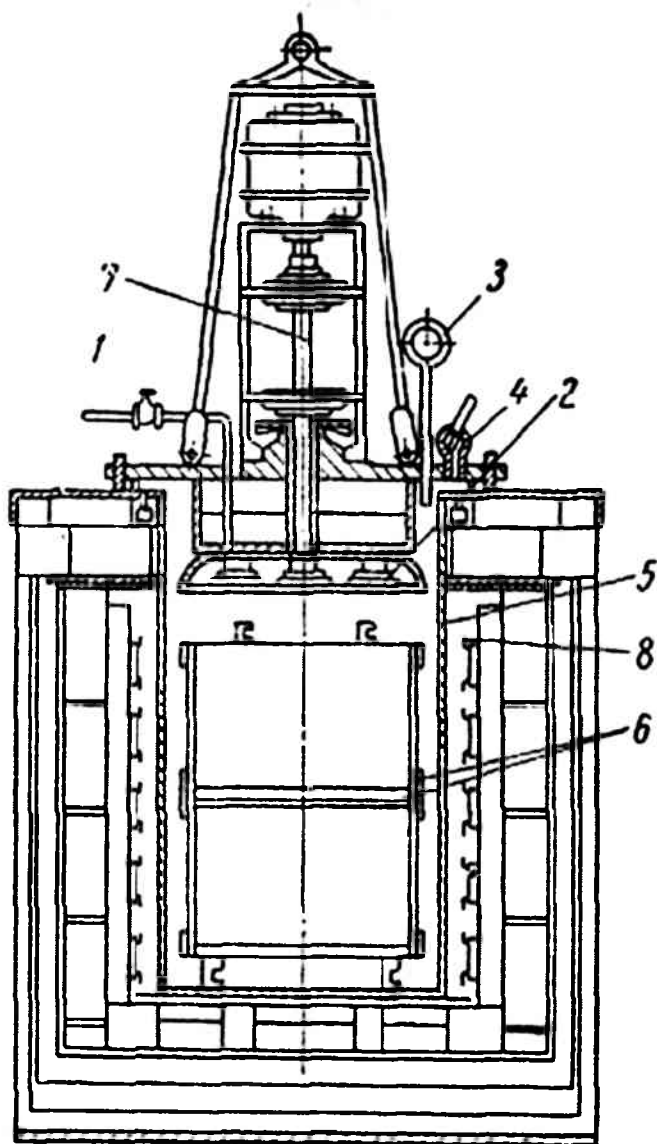
5.19-rasm. Protyankalarni yo'qotish pechi.



5.20-rasm. Siljuvchi qizdirish kamerali azotlash pechi.



5.21-rasm. Siklon pechi. a – gazli, b – elektr.



5.22-rasm. Bug' bilan ishlov beruvchi pech.

5.3. Vakuumli pechlar

Magniy qotishmalari, titan va boshqa materiallardan ishlangan detallarni vakuumli pechlarda yumshatish maqsadga muvofiq bo'ladi. Bu pechlar konstruktiv jihatdan kamerali yoki mufelli pechlar tipida ishlaydi.

Vakuum pechlarida 10^{-2} ÷ 10^{-7} mm simob ustuniga teng qoldiq bosim hosil qilishi va shu bosimni texnologik jarayon o'tishiga saqlash imkoniyati mavjud. Pechlarda 1200°C ÷ 3000°C gacha qizdirish uchun harorat olish mumkin.

Yuqori haroratli pechlarda vakuumli kamerali ikki qatlamli bo'lib, doimo suv bilan sovitib turiladi. Undan tashqari vakuum muhitida volfram, molibden kabi kislorod bilan tez birikuvchi metallardan ekranlar qo'yilib uning qizdirish samarasini yanada oshirish va kameraga ta'sir etuvchi issiqlik oqimini kamaytirish mumkin. Rasmda vakuumli pechlarning konstruksiyalari keltirilgan va asosiy qismlariga ta'rif berilgan.

Vakuumli pechlarning kamerasidan tashqari asosiy elementi bu vakuum hosil qilish tizimi hisoblanadi.

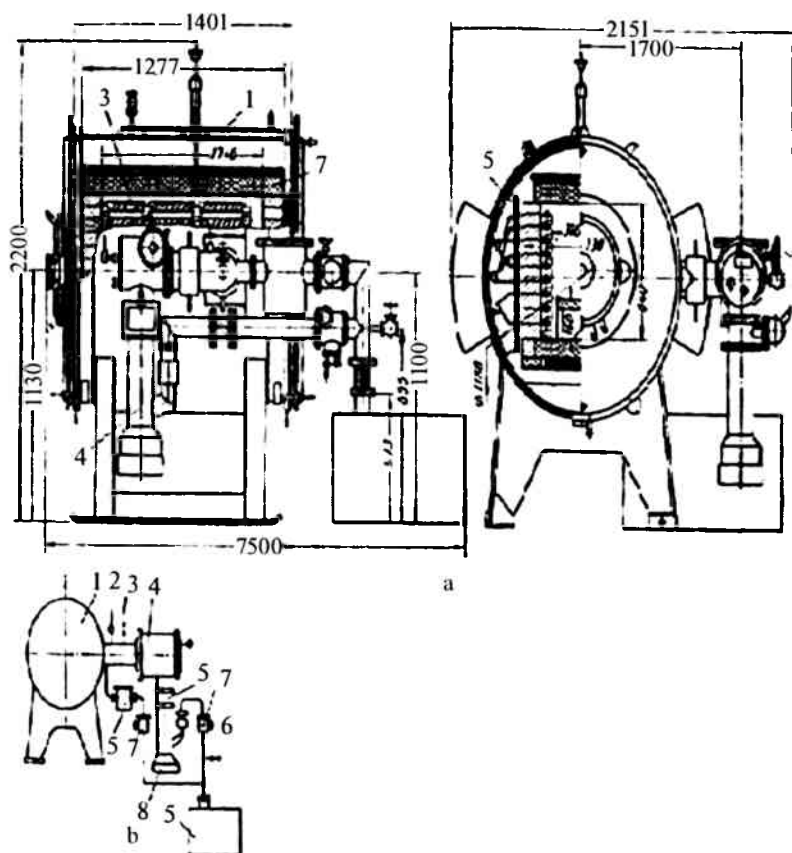
Vakuum tizimi o'zini o'zi boshqarish tizimiga ega bo'lib, bu tizim haroratning o'zgarishiga ham bog'langan bo'lib, harorat ko'tarilib borganida detal ichidagi tutib qolingani gazlar hisobiga vakuum tizimida o'zgarish bo'yicha qizdirish to'xtalib, vakuum ruxsat etilgan qoldiq bosim hosil bo'lguncha harorat ko'tarilmaydi.

Vakuum tizimi asosan ikkita tizimdan iborat bo'lib, 1-past vakuum tizimi qoldiq bosim 10^{-2} mm simob ustuniga teng bo'lgan vakuum hosil qila oladi. 2-tizim bug'-moyli (VN-1 vakuum moyidan foydalaniladi) bo'lib, qoldiqhavo zarrachalarining moy bug'lari bilan birikishi va bu birikma mexanik nasos (forvakuum) bilan tashqariga chiqariladi.

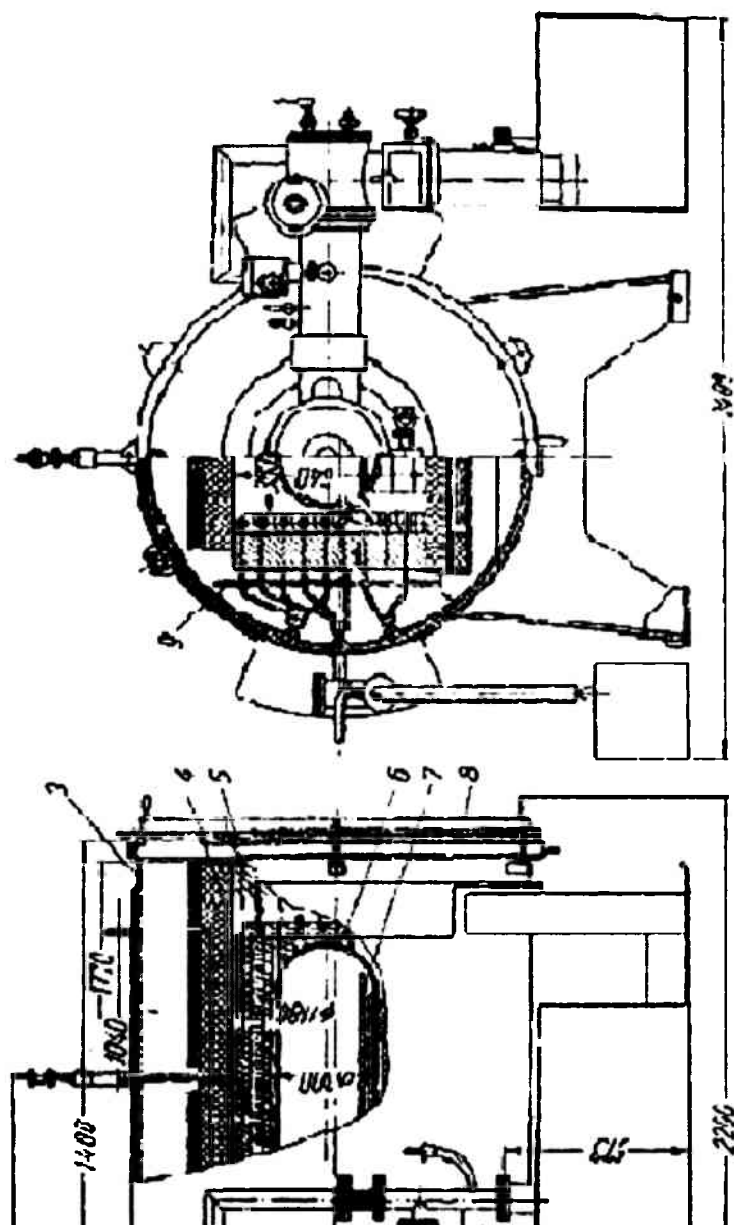
Vakuumli pechlardan barcha termik operatsiyalarini hamda kukun metallarni pishirishda keng foydalaniladi.

a) umumiy ko'rinish. 1-pech qobig'i, 2-vtulka, 3-qizdirish elementlari, 4-vakuum tuzilish, 5-ekranlar, 6-vakuum sxemasi,

1-qizdirish kamerasi, 2-LT-4M termo-elektrik lampa; 3-DU-25 tipidagi vakuum nipeli, 4-vakuum berkitkichi, DU-160 li 5-filtr, 6-azot tutqichi, 7-beritkich, D85 8-BN3 tipidagi vakuum nasos.



5.23-rasm. OKB tipidagi kamerali vakuumli elektropech. a — umumiy ko'rinish
1 — pech qobig'i.



5.24-rasm. OKB-114 tipidagi kamerali vakuumli elektropech.

5.4. Pech-vannalar

Vannali pechlar ish faoliyati bo'yicha 2 ga bo'linadi:

- 1 – Tigelli elektrli pech-vannalar;
- 2 – Elektrodli pech-vannalar.

Tigelli elektropech vannalar detallarini toblash uchun ishlatiladi. Ular konstruksiyasi jihatidan ikkiga bo'linadi: Sim yoki lenta-li yuqori om li materialdan, ya'ni tigelm tashqi tarafidan qizdirish uchun (qarshilik elementlari) va ichki elektrodli, tigelning ichidagi tuzning elektr o'tkazuvchanligidan foydalanilgan holda ishlatiladi.

5.1-jadval

«V» seriyadagi elektrli pech vannalarning tasnifi

O'lchamlari	Tigelli pech-vannaning turi		
	V-10	V-20	V-30
Pech-vannaning gabarit o'lchamlari, mm			
- diametri	1080	1290	1310
- balandligi	1800	2010	2260
Ishchi bo'shliqning o'lchami			
- qarama-qarshi taroqning orasidagi masofa	200	300	400
- chuqurligi	350	535	555
Belgilangan quvvat, kv	10	20	35
Fazalar soni	1	1	1
Isitgichlarni birlashtirish sxemasi	Ketma-ket		
Isitish zonasining soni	1	1	1
Tigelning maksimal holatdagi ishchi harorat, °C	830	850	850
Ish unumdorligi, kg/soat	30	80	130
og'irligi, kg	1000	1400	1800

Tigelli elektropech vannalarning konstruksiyasi quyidagicha: Ishchi kamera 1, shamot g'ishtidan ishlangan. Ishchi kamera va tashqi qobiq oralig'i issiqlik izolyatsion kukun bilan to'ldiriladi (asosan diftomit). Tigel cho'yan plitada 3 osilgan bo'lib, qopqoq 4 bilan yopiladi. Qopqoqda ikkita teshikchalar bo'lib, biriga termopara 5 o'rnatilsa, ikkinchisiga qizdirish uchun mo'ljallangan detallar 6 osib qo'yiladi.

Ikki to'g'rilovchi termopara tigel tashqarisida joylashgan bo'lib, qizdirish elementlari yaqinida joylashtiriladi. Bu termopara avtomatik ravishda issiqlik priborlari vositasida pech-vanna temperaturasini boshqarib turish uchun mo'ljallangan.

Vanna ostida tigel teshilganda tuzlarning oqib tushishi uchun nov qilingan.

Termik sexlarda pech-vannalar detallarni toblash, bo'shatish, normalash va kimyoviy — termik ishlov berishi — sianlash, suyuq sementatsiyalash, eskirtirish hamda delallrni izotermik toblashda ishiatiladi.

Pech-vannalarining qizdirish muhltilari turlicha bo'lishi mumkin va texnologik jarayonda ko'rsatilgan haroratga bog'liq.

Qizdirish muhiti sifatida erigan metallar (qo'rg'oshin, ko'pgina qotishmalari, silumin) erigan tuzlar, ishqorlar, moylar ishlatiladi. Erigan qo'rg'oshin va uning qotishmalarini tuzlar va ishqoriy eritmaları bilan almashtirish mumkin, birinchidan qo'rg'oshin ancha defitsit va uning bug'lari inson salomatligiga salbiy ta'sir etadi.

Qo'rg'oshin o'rniga taklif etilgan silumin eritmasining bitta kamchiligi detallarni yemirishi bo'lib, undan saqlanishning yo'li bor va uning qorishmalarini surtib himoya qobig'i tayyorlanadi.

Pech-vannalarida qo'llash uchun juda ko'p turdagi tuzlar eritmaları mavjud bo'lib, asosan ishqor va yer-ishqor metallarning xlorli, karbonatli va azotli tuzlari qo'llaniladi.

Sianlash va suyuq sementatsiyalash uchun xlorli va karbonat tuzlari asosida tuzlari qo'shilgan eritmalaridan foydalaniladi.

Pech-vannalarining tarkibi uglerodsizlanishi ta'sirini bilish uchun oddiy usuldan foydalaniladi. Soqol olish tig'ini 780⁰ qizdirilgan eritmaga 3—5 daqiqa botiriladi. So'ng tig' toblanadi. Agar uglerod miqdori yetarlicha bo'lsa (tig' qalinligi 0,08—0,1 mm bo'lgan yuqori uglerodli po'latdan tayyorlanadi) bukilganda tig' sinadi, uglerodsizlangan namuna egiladi.

Suyuq muhitlarda qizdirishni o'z afzalliklari va kamchlliklari bor. Afzalliklari quyidagicha:

1. Tuzlarda pechlardagidan qizdirish temperaturasi tezroq,

Vannalar uchun ishlatiladigan ishqor va tuz hamda uning aralashmalarini tarkibi va tasnifi

Ishqor va tuzlar	Harorat, °C	
	Erishi	qo'llanilishi
100%, NaCl ,	960	1000-1400
50%, NaCl_2 +39% NaCl +8% mineral + 3% magneziya	-	750-1400
50%, NaCl , +50% NaCl	-	750-950
Silvanit (mineral tarkibi taxminan 65-77% NaCl +17-29% KCl , qolgani aralashma)	740	780-950
Silvanit 76% + kaustik soda 20% + natriyli tsianid 4%	620	800-900
44% NaCl +56% KCl	660	720-900
22,5% NaCl +77,5% NaCl ,	635	665-870
50% KCl +50% Na_2SO_4	577	650-870
21% NaCl +31% NaCl , +48% NaCl ,	435	480-780
75% NaCN +25% KCN	523	550-600
53% NaCN +47% KSN	445	500-550
60% NaON +40% NaCl	-	550-700
80% NaON +20% NaCl	-	450-580
70% NaNO_2 , +30% Na_2CO_3	-	500-600
50% NaNO_2 , +50% KNO_3 ,	220	280-350
50% NaNO_2 , + 50% KNO_3 ,	225	280-550
50% NaNO_2 , +50% KNO_3 ,	183	160-550
100% NaON	320	350-450
100% KON	360	390-450
35% NaON +65% KON	155	160-400

2. Qo'rg'oshin (siluminda) undan tez.
3. Haroratning butun muhit bo'yicha bir xilligi.
4. Detallarning qo'rg'oshin va tuzlarda qizdirilganda oksidlanmasligi.

5. Detallarning bir qismini qizdirish imkoniyati borligi.

Kamchiliklari:

1. Vanna-pechlar tigelingining ko'p yemirilishi (shuning uchun pech vannalarining ta'mirlash vaqti ko'p bo'ladi).

2. Ba'zi bir tuzlarda qizdirilgandan so'ng tozalash kechikib qolsa korroziyaga uchrash ehtimoli oshadi.

3. Qo'rg'oshinning yopishib qolishi.

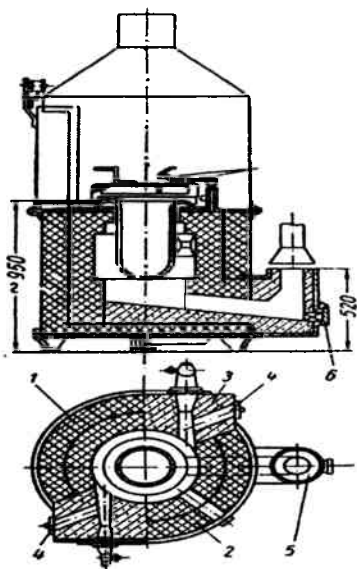
4. Pech-vannalariga namlik yoki suv tushganda qaynab chiqib ketishidan ehtiyot bo'lishlik.

5. Qo'rg'oshin va sian tuzlari bilan ishlashning xavfliligi.

6. Ba'zi bir tuzlarning portlash xavfliligi (azotli va azot kislotali tuzlar selitralar).

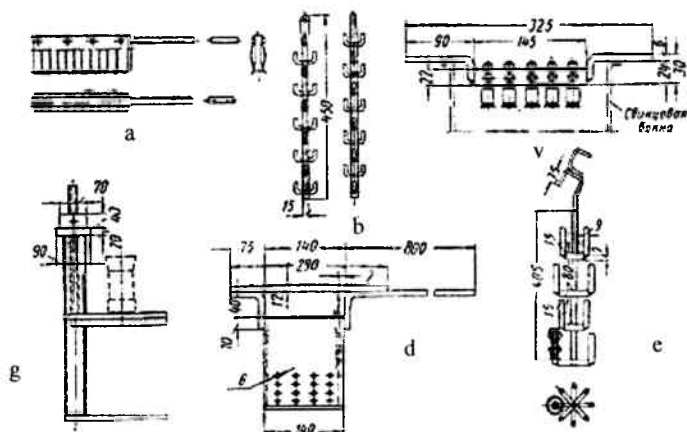
7. Maxsus qo'shimchalarsiz ba'zi tuzlarning detallarni ugle-
rodsizlantirishga moyilligi.

Pech-vannalarining ishini to'g'ri tashkil etilsa yuqoridagi kamchiliklar bartaraf etilib, afzalliklaridan to'g'ri foydalanilganda vannali pechiarning samarasi oddiy pechlarga nisbatan ancha yuqori bo'ladi.

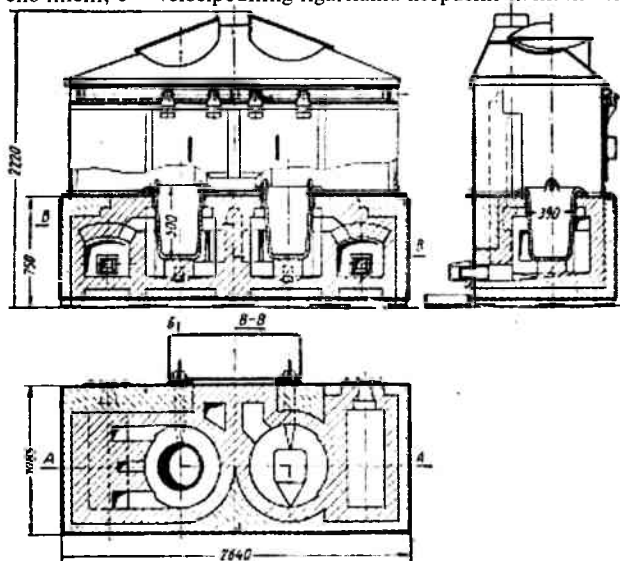


5.25-rasm. Pech-vannaning termopara o'rnatish joyi.

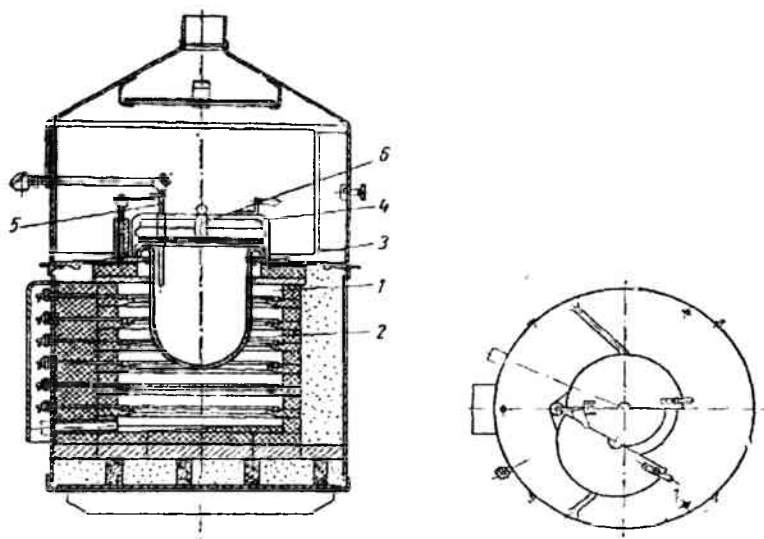
Suyuq va gaz yonilg'isida ishlovchi qozonli pech-vannalari



Pech vannalarda ishlov uchun moslamalar: a – mayda silindrlilik dumli asboblari uchun, b – katta plashkalar uchun, v – kalta o'qlarni qo'rg'oshin vannalariga qizdirish uchun, 2 Patronlarni tuzish vannalarida bo'shatish moslamasi uchun, g – mayda detallarni sianlash cho'michi, e – velosipedning ilgari lama korpusini sianlash uchun.



5.26-rasm. Ikki qozonli pech-vanna.



5.27-rasm. V-20 tipidagi elektrpech.

2. Elektrodli pech-vannalar

Elektrodli pech-vannalar asosan uch fazali bo'lib, ularning turlaridan birining tavsifnomasi 5.3-jadvalda keltirilgan.

5.3-jadval

Uch fazali «S» seriyadagi elektrodli pech-vannalarning tasnifi

O'lchamlari	Pech-vannaning turi	
	S-35	S-75
Pech-vannaning gabarit o'lchamlari, mm		
- diametri	900	1100
- balandligi	1820	1870
Ishchi bo'shliqning o'lchami		
- qarama-qarshi taroqning orasidagi masofa	220	340
- chuqurligi	420	580
Belgilangan quvvat, kv	35	75
Fazalar soni	3	3
Elektroddagi kuchlanish, v	24,2-5,5	17,6-5,5
Transformatoridagi boshlang'ich kuchlanish, v	380 yoki 220	

Maksimal holatdagi ishchi harorat, °C	1300	1300
Ish unumdorligi, kg/soat	30	55
Futrovka bilan og'irligi, kg	800	1550

Bunday pech-vannalar konstruksiyasida metall tigel ko'zda tutilmagan. Metall qobiq 1 ichida himoyalovchi silindrik (to'rt burchak) metall qobiq 2 bo'lib ichki va tashqi qobiqlar orqali is-siqlik izolyatsion material 3 bilan to'ldirilgan. Ichki qobiq ichi fa-sonli shamot g'ishtlari bilan o'rab chiqiladi va temir elektrodlar qo'yiladi. Ichki qismi shunday qilib o'rilganki, shamot g'ishtdan so'ng temir elektrod qo'yilgan.

Temir elektrodlar 5 montaj vaqti ichki qobiqdan kamida 100 mm yuqorida qoldiriladi (ichki qobiq metali bilan qisqa tutashuv yuz bermasligi uchun). Elektro qarshilik sifatida pech-vannaga solingan tuz – xlorli natriy, xlorli kaliy va yuqori temperaturali 1300°C muhit uchun bariy xlor tuzidan foydalaniladi.

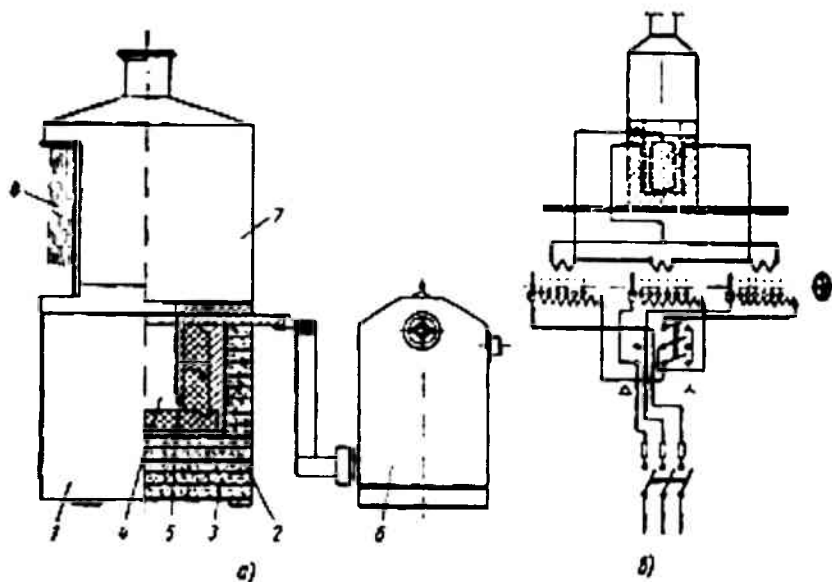
Elektr toki bu elektrodli pechiarga maxsus o'nta bosqichli 220/380 dan 24,2÷5,5 voltgacha pasaytirish transformatorlaridan foydalaniladi. Pech korpusida qopqoq 7 o'rnatilgan bo'lib, so'rish ventilyatsiya tizimiga ulangan bo'ladi. Ish vaqtida ishchiga suyuq tuzlarning sachrashidan himoyalalanish uchun maxsus zanjirli par-da qilingan.

Haroratni o'lchash uchun maxsus optik termometrlardan foydala-niladi va vaqti-vaqti bilan maxsus qobiqqa joylashtirilgan platina-plati-na-rodiiy termoparasida pirometr qiyoslashdan o'tkazilib turiladi.

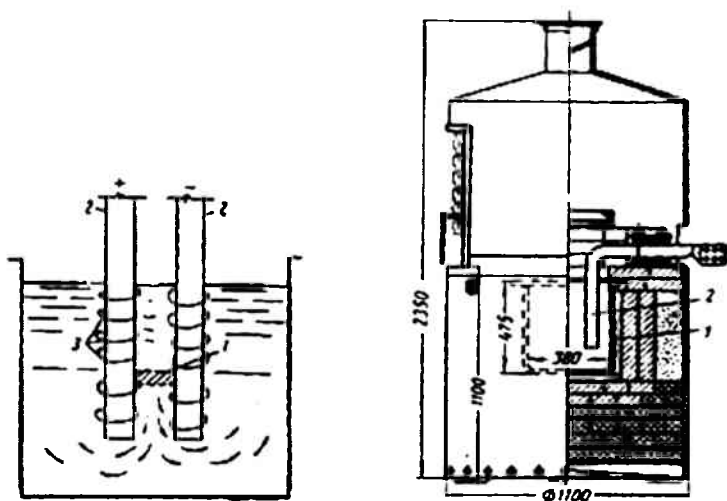
Xlorli tuzlarning shaniot g'ishtlarni yemirishi ancha yuqori bo'lganligi sababli pech-vannalarning dublerlari ishlash uchun taxt qilib qo'yiladi. Dubler pech-vannaga ishdan chiqqan pech-van-naning ishchi muhiti, qalpog'i (zanjirli pardalar bilan) va trans-formatoriga ulanadi va ta'mir uchun topshiriladi.

Pech vannalar futrovka qilingandan so'ng 6–8 soat mobayni-da gaz bilan obdon quritiladi va undan so'ng tuz eritiladi.

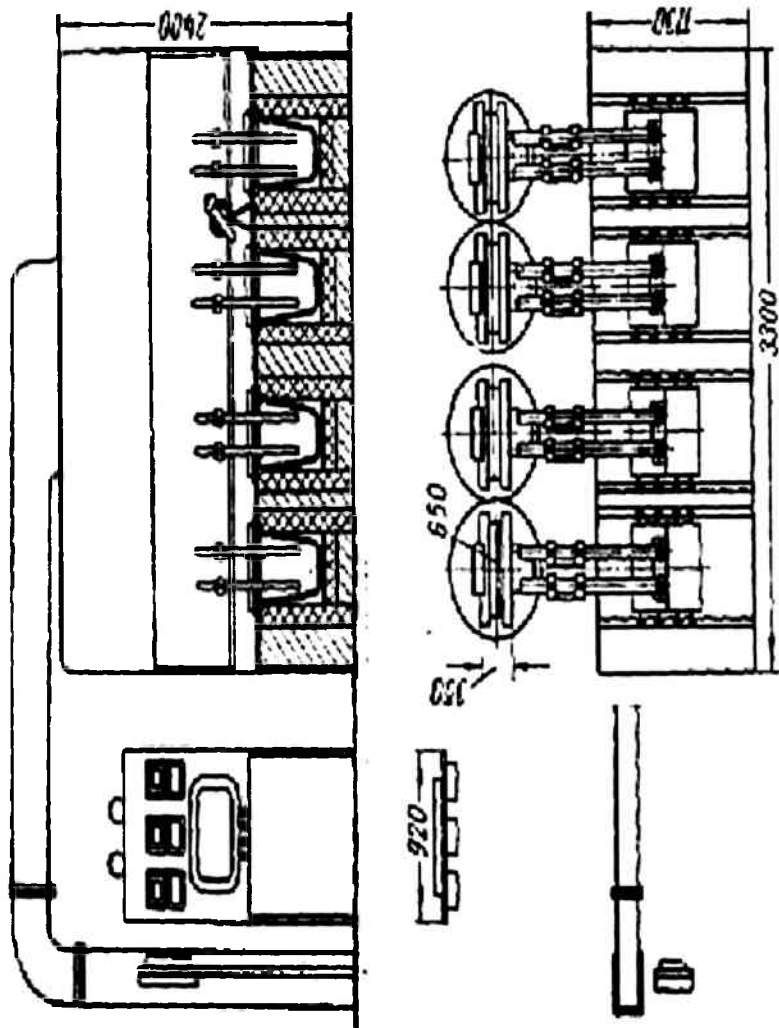
Tuzli vannalar 600°C, 800°C va 1300°C gacha turli tuzlar vo-sitasida qizdiriladi.



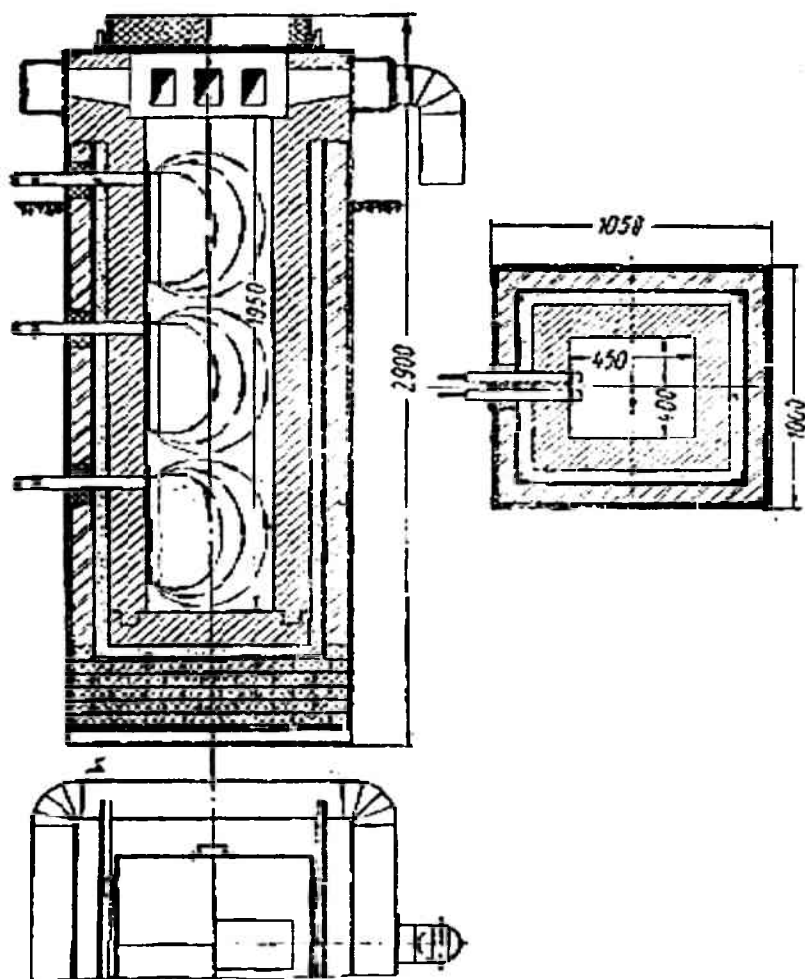
5.28-rasm. C-35 tipidagi elektrodli pech-vannalari.



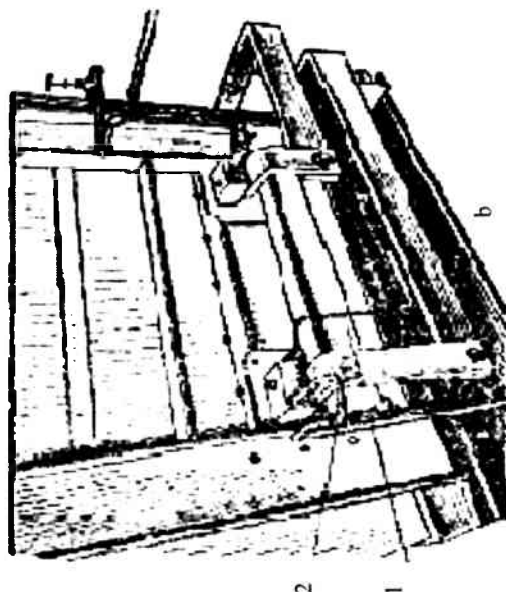
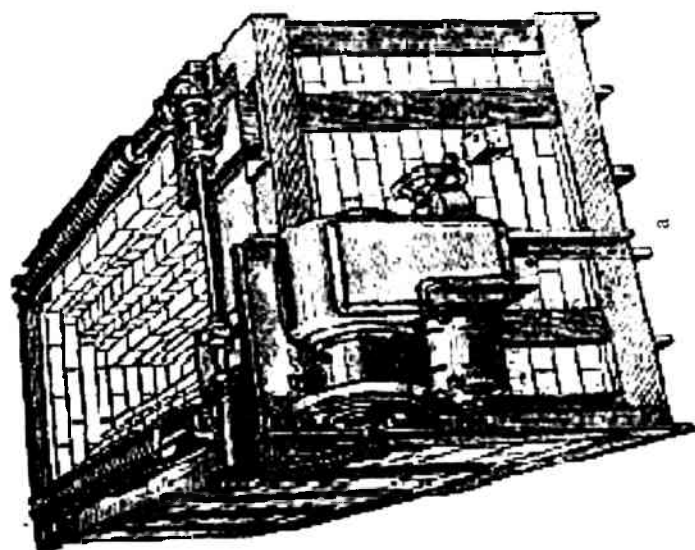
Tuzli elektromagnit aylanish sxemasi:
5.29-rasm. C-25 tipidagi elektrodli pech-vanna.



5.30-rasm. Qozonli elektrodli pech-vanna.



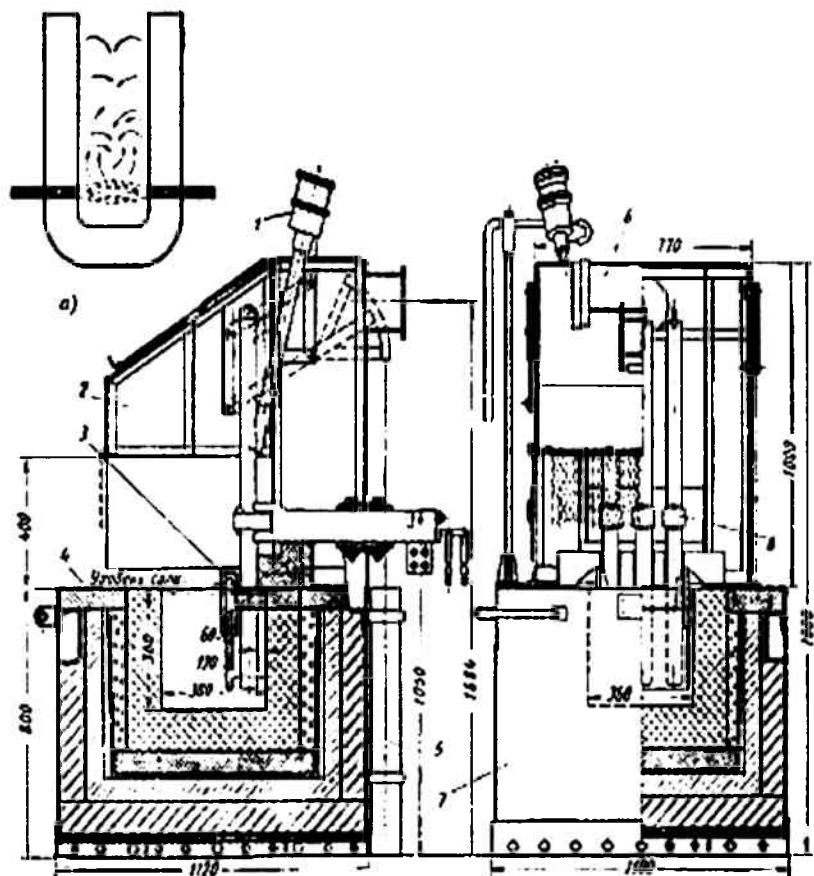
5.31-rasm. Chuqur cho'ktirilgan elektrodli pech-vanna.



2

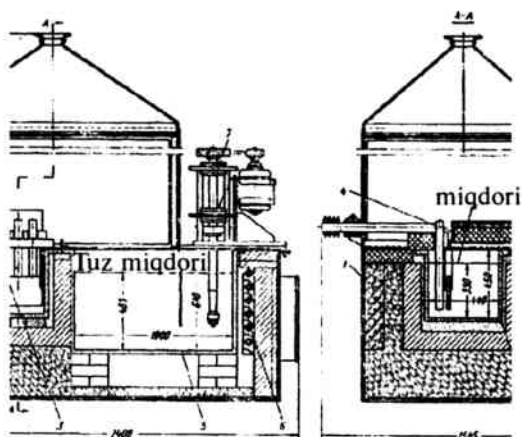
1

5.32-rasm. To'rtburchak ko'tarishli elektr pech-yanna: a — umumiy ko'rinishi, b — cho'kirligan elektrodlarini suv bilan sovitish. 1-2 — keltirish va chiqarish tubalari.



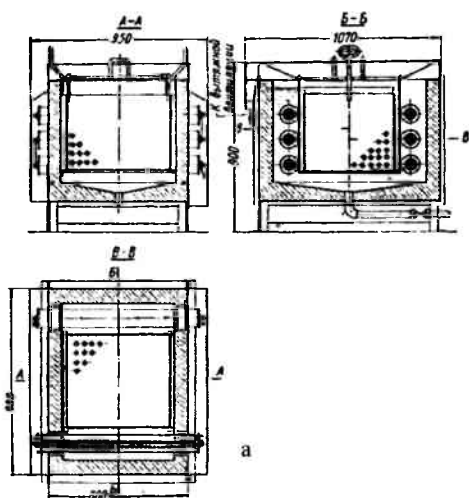
5.33-rasm. Elektrodlı pech-vannalarning ichki konstruksiyalari.

a – Grafit elektrodli qozon, b – CP35/15 pech vannasi. 1 – pirotetrning sovitish tuzimi, 2 – zont, 3 – to‘siq, 4 – futerovka, 5 – qarshi yuk, 6 – siljувchi to‘siq, 7 – qobiq, 8 – elektrodlar guruhi.

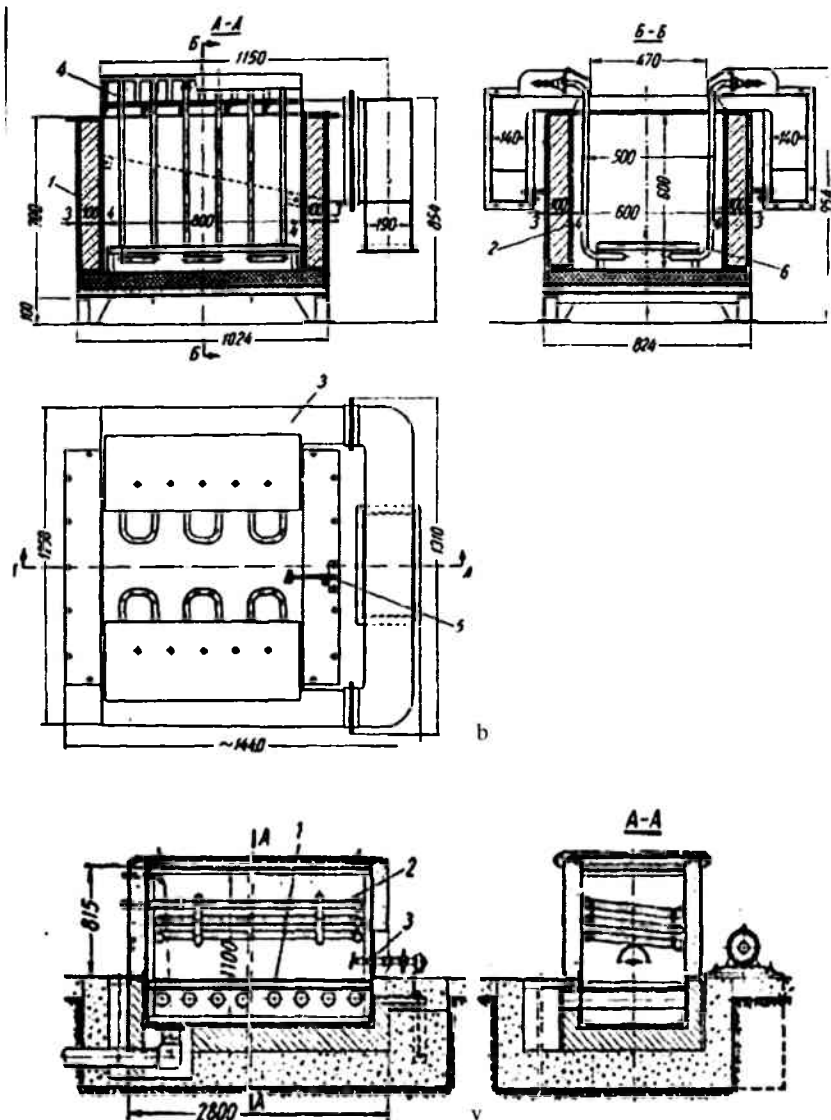


5.34-rasm. Ikkita qozonli qizdirish va izotermik toblash elektro-pech-vannalar. 1 – qobiq, 2 – qizdirish qozoni, 3 – qizdirish uchun qozon elektrodslari, 4 – qizdirish qozonlari qopqog'i, 5 – toblash qozoni, 6 – toblash qozoni elektrodslari, 7 – tuzlarni aralashtirish mexanizmi.

Izotermik toblashda bo'shatish va sovitish uchun elektro-pech-vannalari

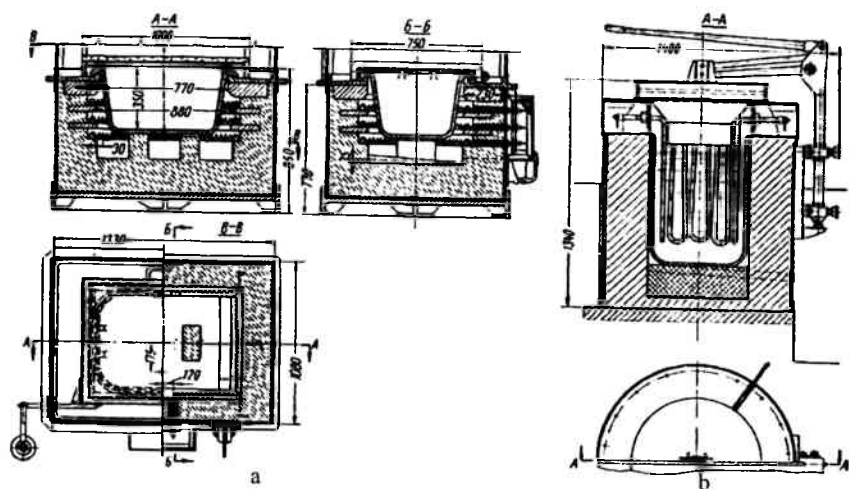


5.35-rasm. Elektromoyli pech vannalar. a – izolatsiyalangan qizdirgichlar, h – trubasimon qizdirgichli, 1 – tashqiqobiq, termopara, b – panjara, 2 – vanna.

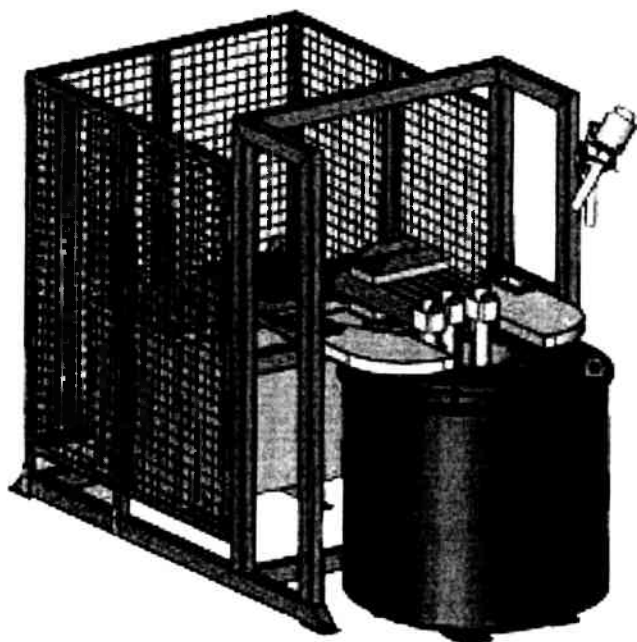


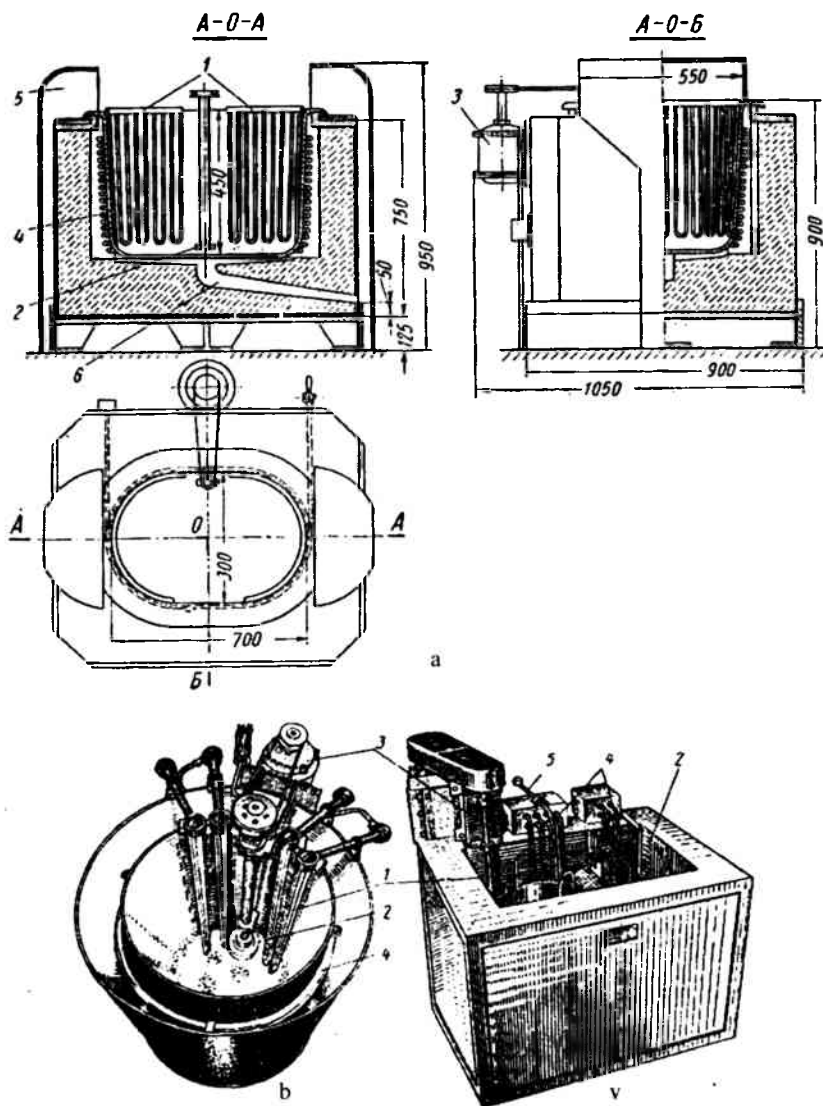
5.36-rasm. Elektromoyli pech-vannalar davomi.

1 – kojix, 2 – vanna, 3 – yonbosh so'rg'ich, 4 – trubasimon elektr qizdirgichlar, 5 – tutqich, 6 – izotermik toblash uchun.



5.37-rasm. Tuzli elektropech-vannalar.





5.38-rasm. Izotermik toblash uchun elektrli pech-vannalar.

5.5. Metodik pechlar

Uzunligi bo'yicha turlicha o'lchamga ega bo'lgan, ammo pech ichidagi zonalar bo'yicha temperatura o'zgarib turuvchi pechlar metodik pechlar deyiladi. Ular konstruksiyasi jihatidan bir necha turlarga bo'linadi, ya'ni detallarning turiga, o'lchamiga bog'liq holda bir necha ko'rinishda ishlab chiqarilgan. Ularga quyidagilar kiradi:

- 1) kichik o'lchamdagi metodik pechlar;
- 2) Katta o'lchamdagi metodik pechlar.

Kichik o'lchamdagi metodik pechlarga: taglik piltasi aylanuvchi pech, aylanib turuvchi retortali sementatsiya pechi, tagligi ko'tariluvchi pech, tagligi pulsatsiyalanuvchi pech, barabanli mufelli pechlar, aylanuvchi pech (Karusel), rolikli pechlar kiradi.

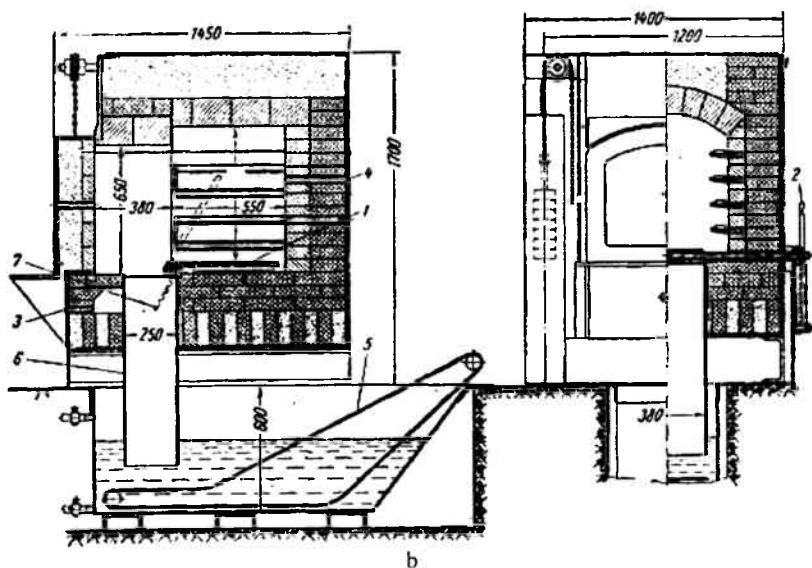
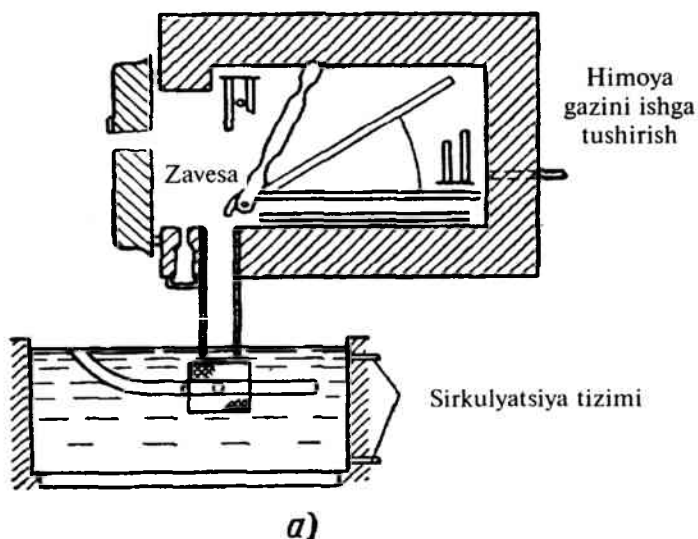
Katta o'lchamdagi metodik pechlarga: turli usullarda ishlovchi suruvchi pechlar, qadamlovchi taghikli pech, tagligi pulsatsiyalanuvchi pech va konveyerli pechlar kiradi.

Pechlarning barcha turlari haqida qichqacha ma'lumotlar bilan tanishib chiqamiz.

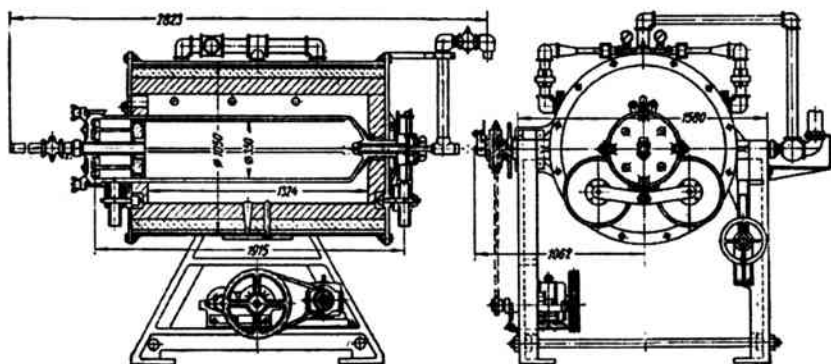
Kichik o'lchamdagi metodik pechlarda asosan kichik o'lchamdagi turli xil detallarga yakuniy termik ishlov berish nazarda tutilgan. Ular $780 - 920^{\circ}\text{C}$ haroratda ishiatiladi. Ularning harorati uchun gaz, mazut va elektrdan foydalaniladi.

Pech asosan tashqi qobiq, izolyatsion material hamda olovbardosh futerovkadan tashkil topgan bo'ladi.

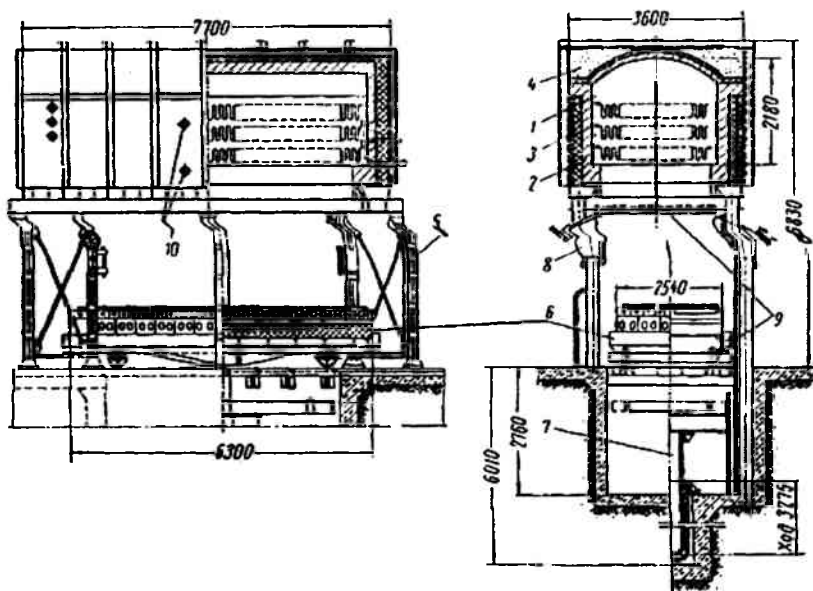
Katta pechlarda olovbardosh materiallar ikki uch qatlamli bo'lishi mumkin. Sababi, pech ichidagi issiqlik hajmi va oqimi juda katta. Ya'ni 1600°C haroratda ishlaydi.



5.39-rasm. Taglik plitasi aylanuvchi pech.
a — chizmasi, b — pech konstruksiyasi.



5.40-rasm. Aylanib turuvchi retortali sementatsiya pechi.
Bolg'alanuvchi cho'yan olish uchun tagligi ko'tariluvchi kamerali pech.



5.41-rasm. Tagligi ko'tariluvchi pech.

Tagligi pulsatsiyalanuvchi pech

Tagligi pulsatsiyalanuvchi pechning mohiyati kichik o'lchamli va mayda detallarni qizdirishda uning taglikda sakrab turishi va bir tomonlama qizib ketishini oldini olish uchun ishlangan, bundan tashqari taglik birinuncha qiyalikka ega bo'lib, pulsatsiyalanish natijasida detallar ilgari intiladi.

Pulsatsiyalanishning o'zi eksentriklar yordamida amalga oshiriladi. Pechning ilinuvchi tagligi 1 olovbardosh po'latdan bo'lib, vaqti-vaqti bilan prujinalar 2 shtanga 3 olovbardosh taglik bilan birlashtirilgan, harakat konusli kulachokli diskning aylanishlari natijasida yuzaga keladi. Disk valda 5 o'rnatilgan bo'lib, val aylanganda disk prujinalarini harakatini belgilaydi va taglik keskin turtkilar bilan qo'zg'alib turadi. Detallar taglikda oldinga harakat qilib toblash bakiga tushadi.

Ushbu pechlarda nazoratlanuvchi atmosferada qizdirish ishlarini o'tkazib turish maqsadga muvofiq bo'lib, mayda detallarni oksidlanishdan saqlaydi.

Barabanli mufelli pechlar

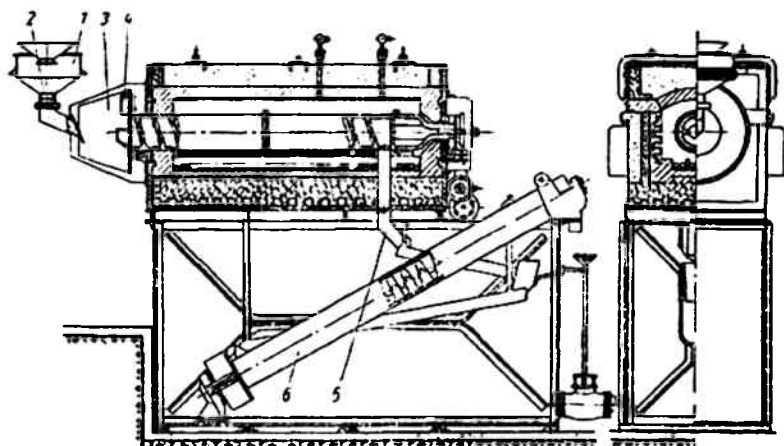
Podshipniklarning mayda sharik va roliklarini toblash uchun maxsus barabanli pechlardan foydalaniladi. Bu pechlar nazoratlanuvchi atmosferalarda ishlagani bois mufelga ham ega.

Ushbu agregat pech va toblash bakidan iborat, list materialidan qobiqqa ega bo'lib, yon tomonlari cho'yan plitalar bilan o'ralgan. Pechni yengil olovbardosh g'isht bilan ishchi kamerasi ajratib qo'yilgan. Qizdirish elementlari X20H80 yoki 1X25MG-materialidan bo'lgan diametri 5 mm simdan tayyorlangan.

Ishchi kamera ichida gorizontal mufel joylashgan va mufel spiral o'ramlariga ega. Mufel elektrodvigatel bilan aylantirilib, chervyakli yi qismiga o'tadi. uzatgich orqali kuch beriladi. Baraban aylanganda detallar cho'michga ilinib, mufel noviga to'kib beriladi. Detallar soni har doim har xil bo'lib cho'michning detallarga nisbatan qaysi burchak ostida kelishiga bog'liq. Ishlov berilayotgan detallar bunker 1 orqali ochiq tuynik 2 ga tushadi. Va baraban 3 cho'mich 4 orqali o'tadi. Detallar tushish joyida

truba 5 oʻrnatilgan boʻlib trubadan detallar toblash bakiga tushadi. Novlar orqali bakning quyi qismiga oʻtadi. Bu yerdan shnekli transformatorning oʻramlarida yuqoriga chiqariladi va qoʻyilgan idishga tushadi.

Barabanning tezligi oʻrnatilgandan soʻng yuklash bunkeriga detallarni solish va toʻlgan tarani oʻrniga boshqasini qoʻyib qoʻyishdan boshqa ish qolmaydi. Bunday pechlar soatiga 160 kg gacha detalga ishlov berish mumkin.

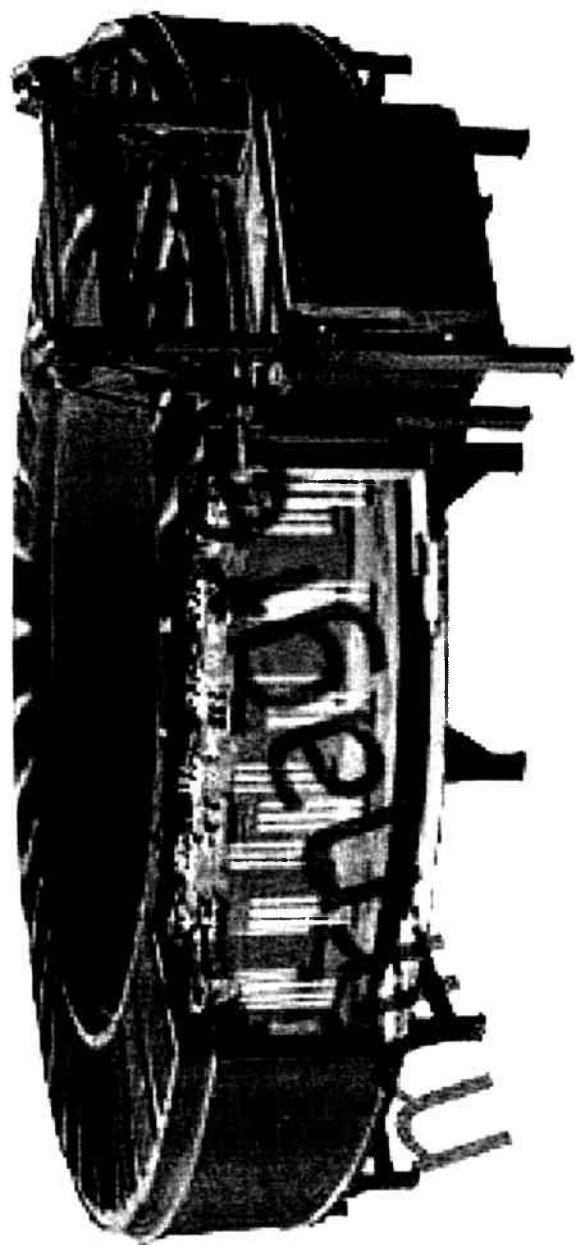


5.42-rasm. B-70 tipidagi toblash uchun haraban mufelli pech.

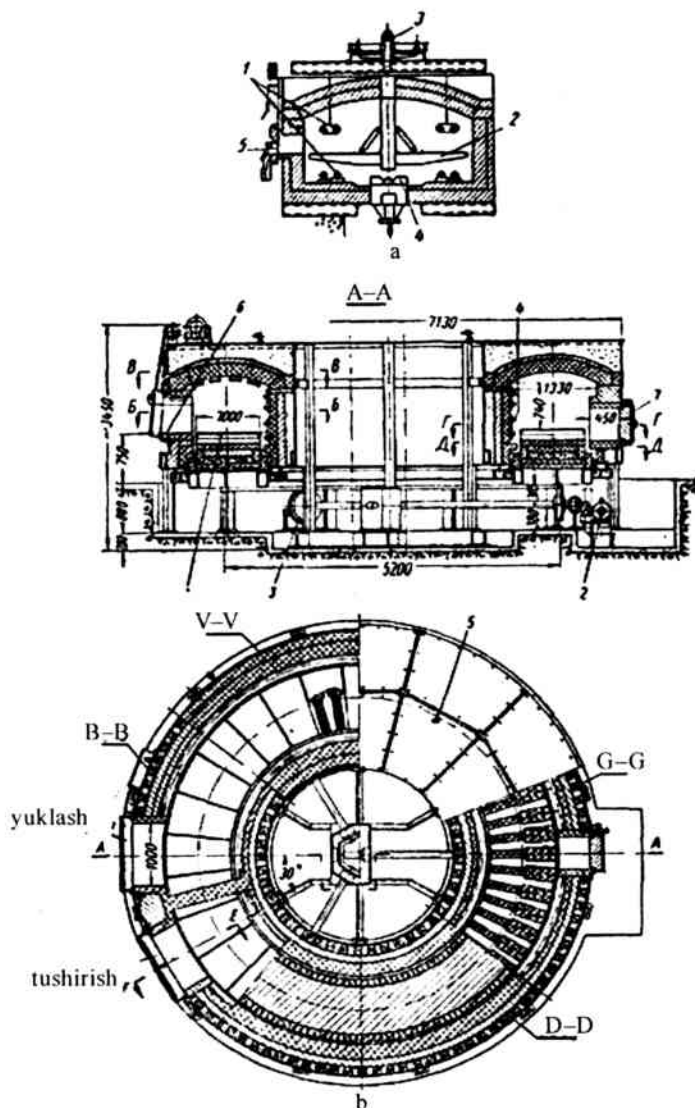
Aylanuvchi pech (Karusel)

Bir xil tipdagi detallarga ishlov berish uchun aylanuvchi pechlardan foydalaniladi. Bunday pechlar 1,5–6 metr diametrga ega (ayrim hollarda undan ham katta boʻlishi mumkin).

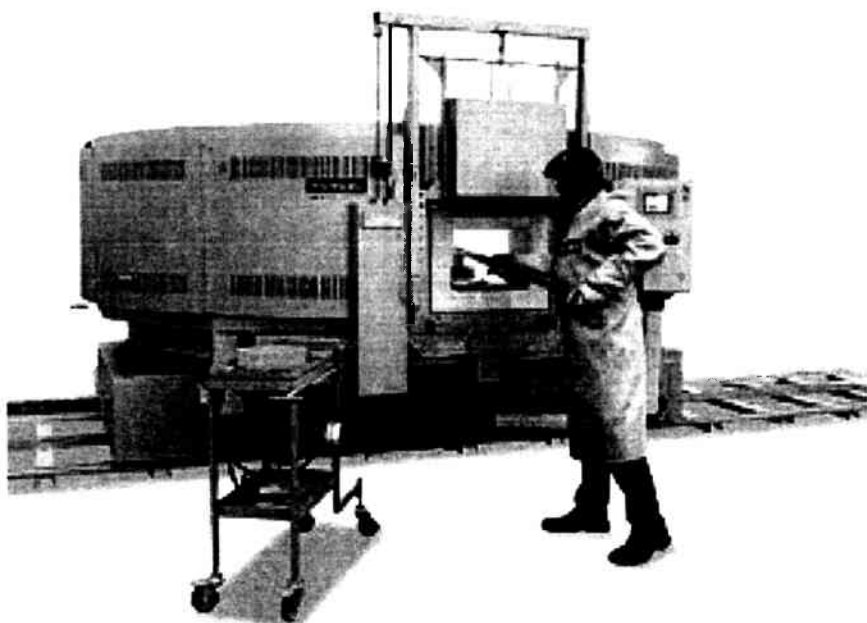
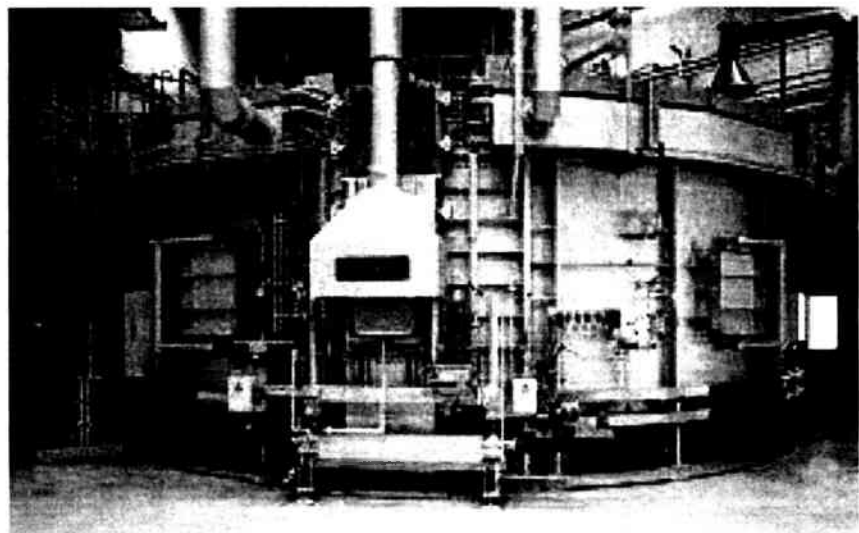
Detallar bir oynadan yuklanib, ikkinchisidan tushiriladi. Pech tagligining aylanishi shunday qilib hisoblangan boʻlib, bu vaqt ichida detallar belgilangan haroratgacha qizib, tutib turish vaqti ham, yaʼni detal sirti va ichki qismlar temperaturasi hisoblangan darajadan farq qilmaydi. Taglik aylanishi elektrodvigateldan uzatma mexanizmi orqali (reduktor, variator) amalga oshiriladi.



5.43-rasm. Aylanuvchi pechning tashqi ko'rinishi (Karusel).



5.44-rasm. Aylanuvchi pechlar. a – radiatsion trubali, b – elektrli.
 1 – aylanuvchi taglik, 2 – uzatishlar stansiyasi, 3 – taglikni aylantirish mexanizmi, 4 – elektrik qizdirgichlar, 5 – termopara oʻrnatish joyi, 6 – nazoratlanuvchi atmosferani kiritish joyi, 7 – taʼmirlash eshigi.



5.45-rasm. Turli kattalikdagi aylanuvchi pechlarning tashqi ko'rinishi.

Aylanuvchi pechlar mazut, gaz va elektroenergiyada ishlashi mumkin. Va ularning ishlab chiqarish quvvati kamerali pechlarnikidan o'lchamlari bir xil bo'lsada, yuqori va ba'zi bir metodik pechlarnikidan ham ustunroq. Lekin aylanuvchi pechlarda ayrim kamchiliklar mavjud:

1. Pechning butun ishchi bo'shlig'i bo'ylab bir tekis temperatura hosil qilish qiyinligi.

2. Yuklash va tushirish ishlarini mexanizatsiyalashning mushkulligi.

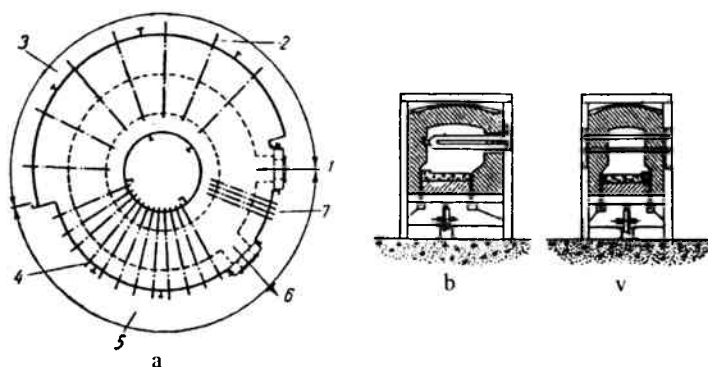
3. Germetik holatni, hatto qum qulflari bilan ham erishishning qiyinligi, pechning muttasil havo so'rib turishi.

Hozirda aylanuvchi pechlarda yuqoridagi kamchiliklar bar-taraf etilmoqda.

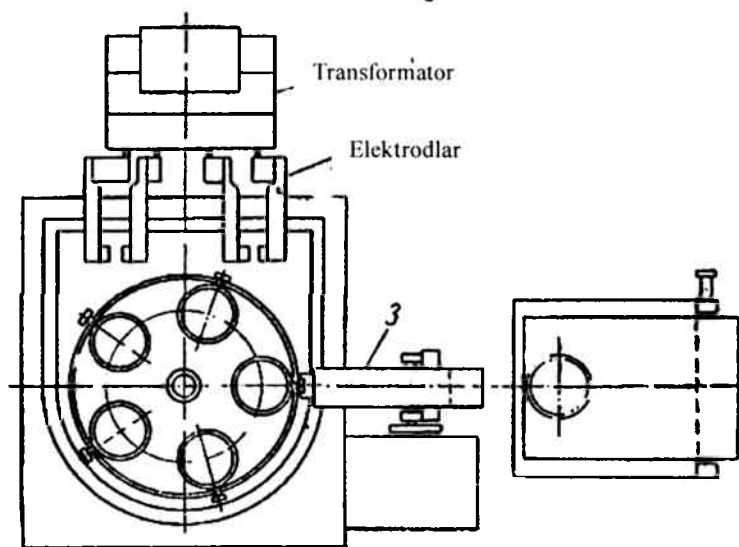
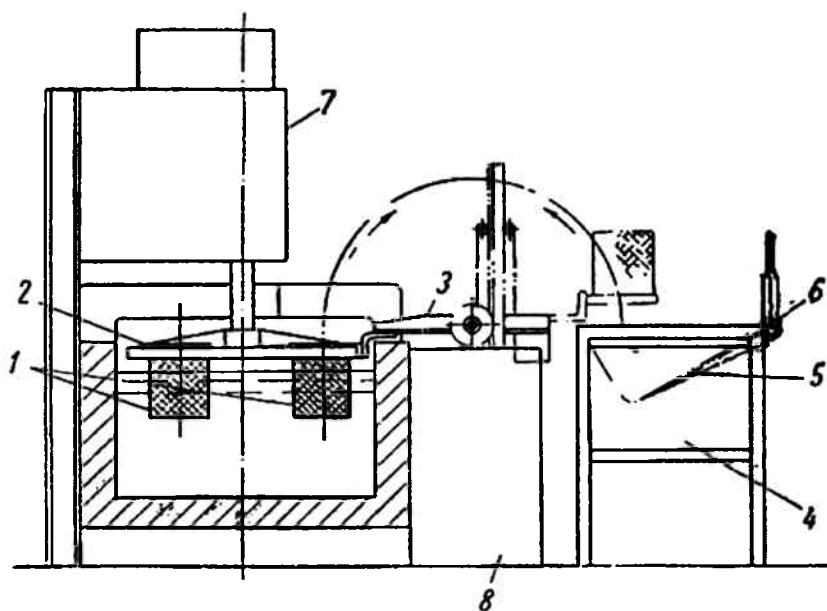
Rolikli pechlar

O'tuvchi pechlarda detallarni harakatga keltirish uchun roliklardan foydalaniladi. Roliklar olovbardosh materiallardan tayyorlangan trubalardan ishlangan.

Roliklar taglik hosil qilib, ularning aylanishi tishli uzatmalar orqali amalga oshiriladi. Ba'zi pechlarda roliklar zanjirli uzatmalar orqali aylanadi. Pechlar gaz va elektr energiyada ishlashi mumkin. Bunday pechlarda normalash va toblash uchun qizdirish va «OK» yumshatish kabi operatsiyalar bajarilishi mumkin.



5.46-rasm. Rolikli pechlar.

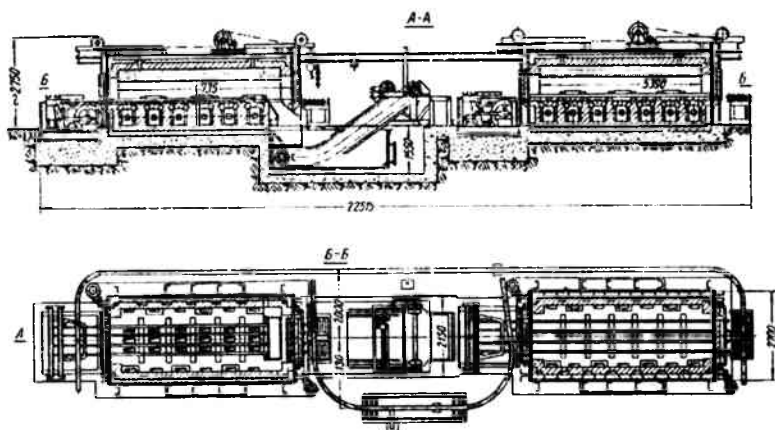


5.47-rasm. Qiyalangan tuzli pech-vanna.
Suruvchi pechlar.

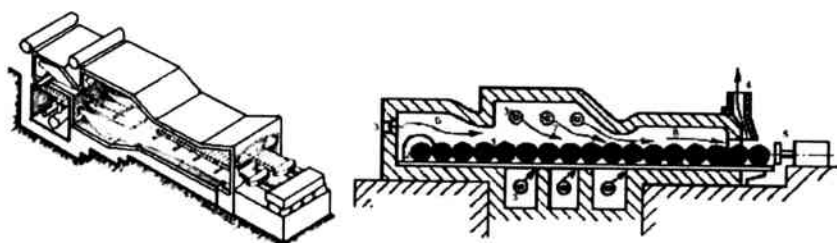
Avtomobilsozlik, traktorsozlik va boshqa, ya'ni ishiab chiqarishga asoslangan korxonalarda to'xtovsiz ishlab turuvchi pechlarni yaratish taqozo etiladi. Ular orasida eng ko'p tarqalgan pechlar suruvchi pechiarning turli konstruksiyalari hisoblanadi. Bunday pechlar gaz, mazut, elektroenergiyada ishlashl mumkin. Va ularni ko'p hollarda agregatlarga birlashtirib ishlatiladi. Suruvchi pechlarda yaxshilash, normalash, bo'shatish operatsiyalari o'tkaziladi. Agregatlar tarkibiga quyidagi jihozlar kirishi mumkin:

1. Toblash yoki normalash uchun suruvchi pechi.
2. Toblash baki (yaxshilash uchun) yoki moddalar sovishi uchun normalash.
3. Bo'shatish uchun suruvchi pech.
4. Poddonlarni bo'shatish uchun stol.

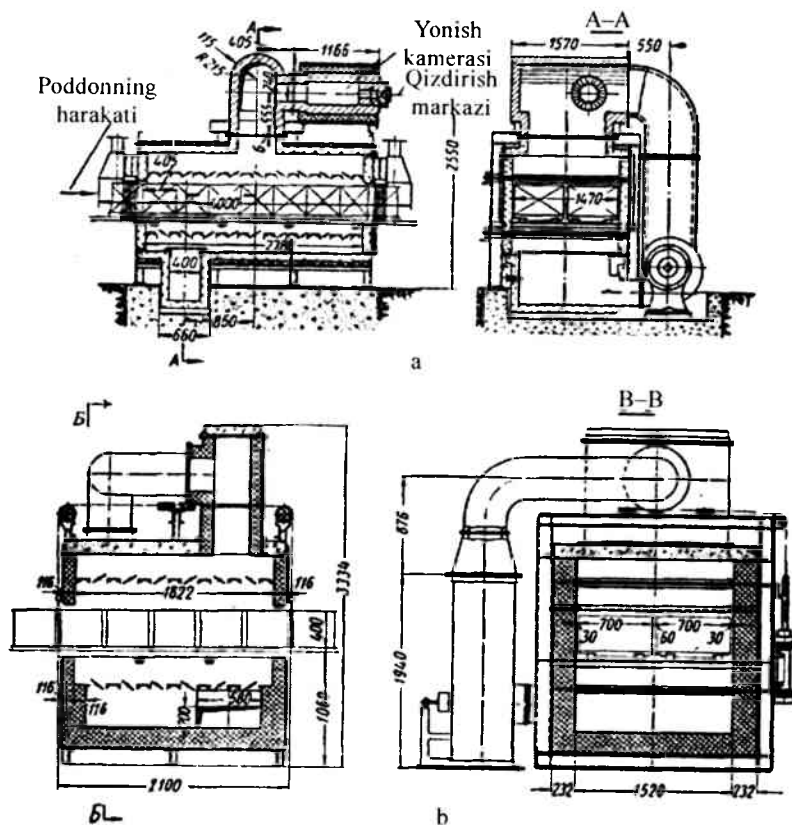
Toblash vaqtida poddonlar avtomatik ravishda bo'shab turadi. Buning uchun poddonlar maxsus bo'rtib turuvchi qismlarga ega bo'lib, toblash bakiga yaqin kelganda ushbu bo'rtib turgan qism maxsus ilmoqqa ilinib qolib, detalning yuqori bosimidan ag'darilib detal toblash bakiga tushib ketadi. Poddon yana o'z holatiga qaytib, pechdan chiqib ketadi va monorels bo'ylab yuklash qismiga qaytariladi.



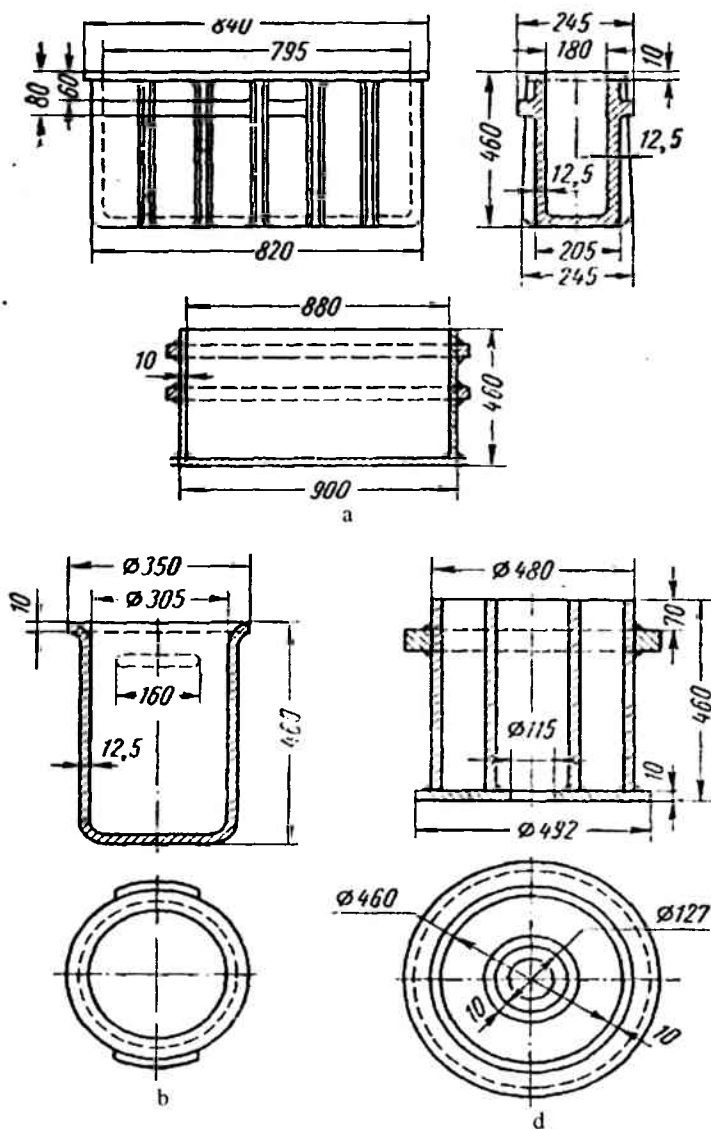
5.48-rasm. Suruvchi pechlarni toblash, bo'shatish agregati.



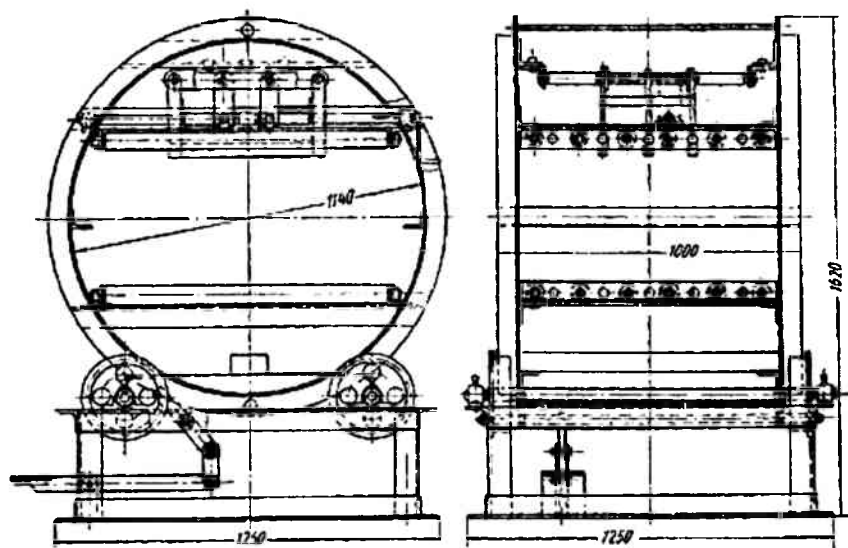
5.49-rasm. Suruvchi pechiarning qirgim ko'rinishi.



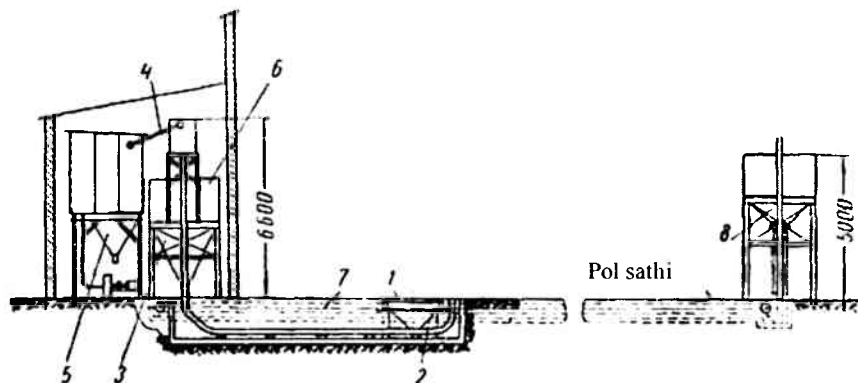
5.50-rasm. Havo qizdirilgan sirkulyatsiyalash suruvchi-bo'shatuvchi pech
a — yongan gaz mahsulotlari qo'shilgan gazda ishlovchi pech.
b — elektrik.



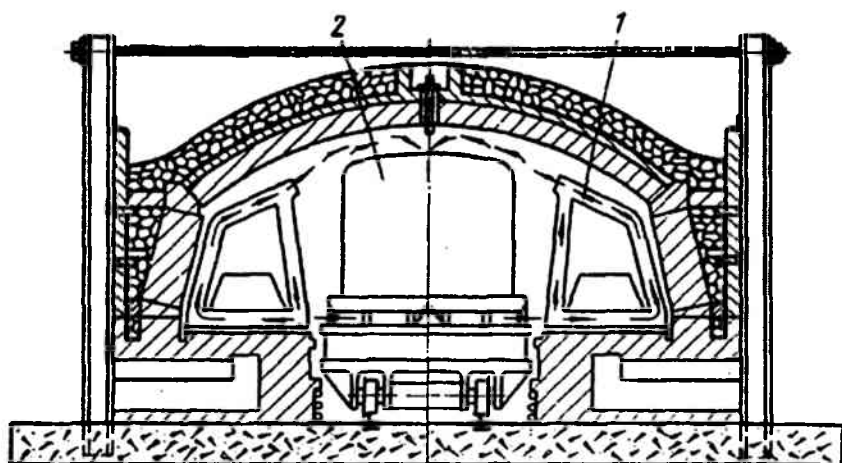
5.51-rasm. Qattiq korbyuratorlar uchun sementatsiya yashiklari. a – to'g'ri burchakli, b – silindrik, d – tishli g'ildiraklar uchun ichki qismda truba o'rnatilgan silindr.



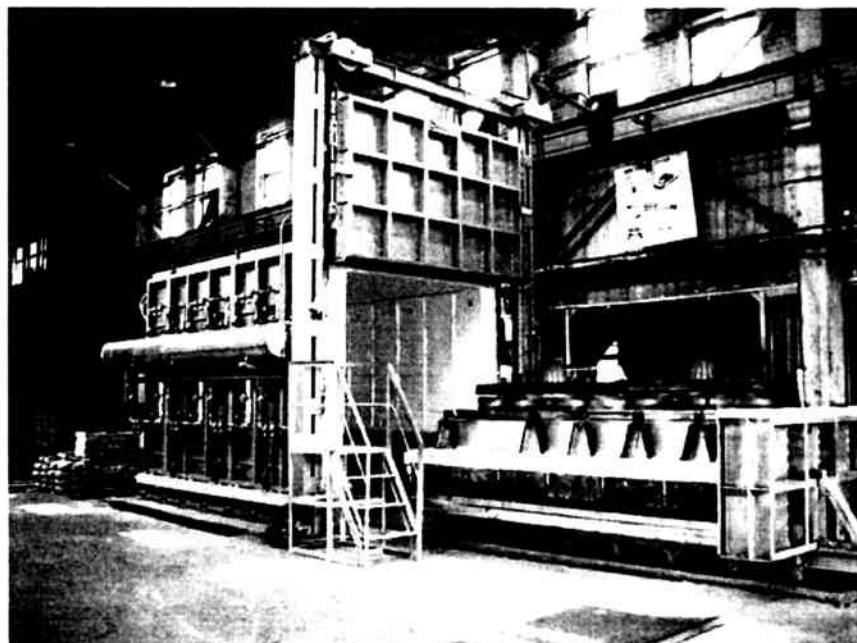
5.52-rasm. Sementatsiya yashiklarini to'ntarish moslamasi.



5.53-rasm. Qattiq korbyuator tayyorlash qurilmasi.



5.54-rasm. Bolg'alanuvchi cho'yan olish uchun to'xtovsiz ishlovchi tunelli pechining kesimi. 1 — mufel, 2 — aravacha va yashik.



Toblash bakidan detallar maxsus paddonlarga solinib ikkinchi pechga kiritiladi. Bo'shatilgan detal sovitish yelkali yoki rolikka o'tadi. Agar detal materiali bo'shatishdan darz ketishga moyil bo'lsa detallarni sovitish uchun suvli bak o'rnatilgan bo'ladi.

Suruvchi pechlarda kimyoviy-termik operatsiyalarda baklarning olovbardosh materiallaridan tayyorlangan mufellar tayyorlanadi.

Qadamlovchi taglikli pech

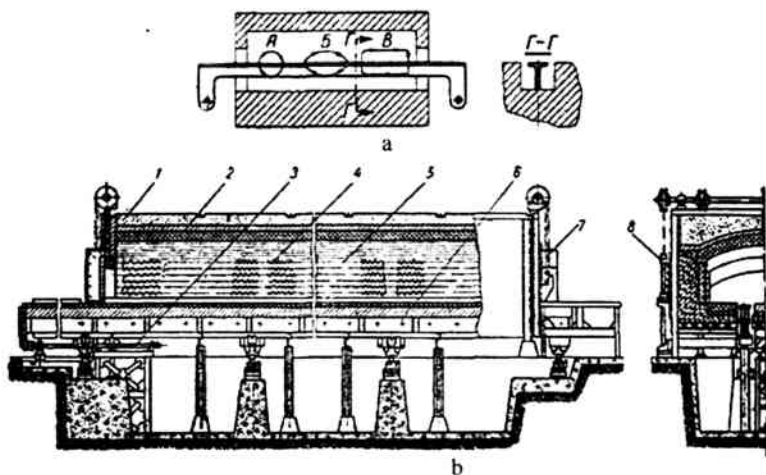
Mexanizatsiyalanishning boshqa prinsipini qadamlovchi taglikli pechlarda amalga oshiriladi. Bu pechlarda toblash va normalash jarayonlarini o'tkazish mumkin. Bunday pechlar uzun detallar uchun qo'l keladi. Pech o'tkazuvchi bo'lib, detallar bir tomondan yuklanib ikkinchi tomondan tushiriladi.

Pechning butun uzunligi bo'yicha maxsus yoriqlar tayyorlanib, uning ichida qadamlovchi balkalar ko'tarma-ilgarilanma va qattiq harakatlarni bajaradi. Balkalar berk zanjir bo'yicha harakatlanaadi. Va ko'tarilib oldinga qadamlaganda detallar ham ilgari harakat qilib pech bo'yicha oldinga harakat qiladi. Boshqacha konstruksiyasi faqat qadamlovchi balkalardan tashkil topgan taglikka ega. Demak birinchi balkalar bilan oldinga harakat qiladi.

Qadamlovchi balkali taglikli pechiarning asosiy kamchiligi pech ichiga havo so'rilib turishi bo'lib, detallar (zagotovkalar) oksidlanib qoladi. Zamonaviy pechlarda qumli yoki suvli qulflar qo'llanilib hatto nazoratlanuvchi atmosferalarni qo'llash mumkin.



5.55-rasm. Qadamlovchi pechning tuzilishi va ish faoliyati.



5.56.-rasm. Qadamli taglikli pech.

a – qadamli pech chizmasi, b – pech konstruksiyasi: 1 – qobiq, 2 – futerovka-si. 3 – balka(to'siq)ni uzatish gidrosilindri, 4 – qizdiruvchi elementlar, 5 – plunjer, 6 – qadamlovchi to'siq(balka), 7 – eshikcha, 8 – eshikchaning og'ish mexanizmi.



KONVEYERLI PECHLAR

Konveyerli pechlarda mahsulotlarning pech ichidagi harakati olovbardosh detallardan tashkil topgan zanjirli sovitilgan, plastinkali va to'rtli konveyerlardan foydalaniladi. Konveyer lentasi taglikda o'rnatilgan yo'naltiruvchilar orqali harakat qiladi.

Harakat ilgariylanma baraban orqali unda o'rnatilgan tishli g'ildiraklar bilan bajariladi, konveyerning qaytishi bosliqa yordamchi mexanizmlarda o'tkazilib turiladi.

Konveyer detallarini tayyorlash uchun X18A25S2, X25A20S2, X20N80, X23A18 kabi olovbardosh asosan quyma materiallar ishlatiladi.

Konveyerlar deyarli barcha pechlarda ishlatilishi mumkin. Kamerali, metodik, shaxtali (Elevatorli pechlar) va h.k.

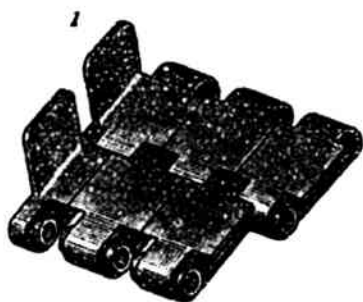
5.4-jadval

Qadamlovchi pechning texnik xarakteristikasi

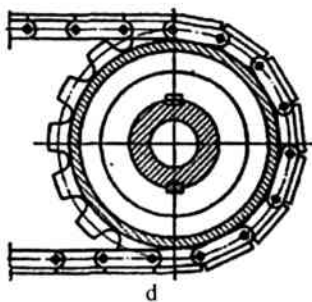
Ko'rsatkichlar	OKB-274 Pechi	OKB-308 Pechi
Ishchi zona o'lchamlari, mm		
Eni	2200	855
uzunligi	8044	15 360
Balandligi	300	390
Issiq zonalar soni	1	1
Qizdiriladigan issiq zonalar uzunligi, mm	8044	15 360
Pech quvvati, kv	330	630
Pechning kuchlanishi, v	380	380
Fazalar soni	3	3
Elektr zonalar soni	3	5
Balkaning gorizontal yo'li, mm	400	900
Ishchi harorat, °C	950	950
Pech atmosferasi	havo	Generator gazi
Pechning umumiy og'irligi, T	57,7	46,7



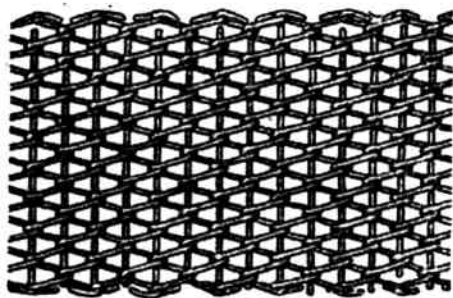
a



b



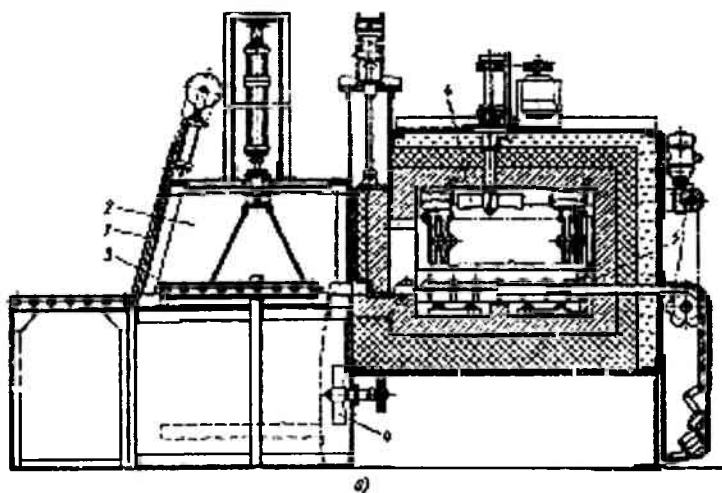
d



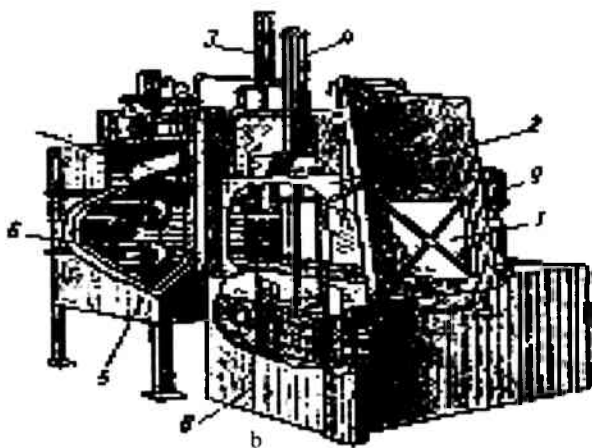
e

5.57-rasm. Pech konveyerlari:

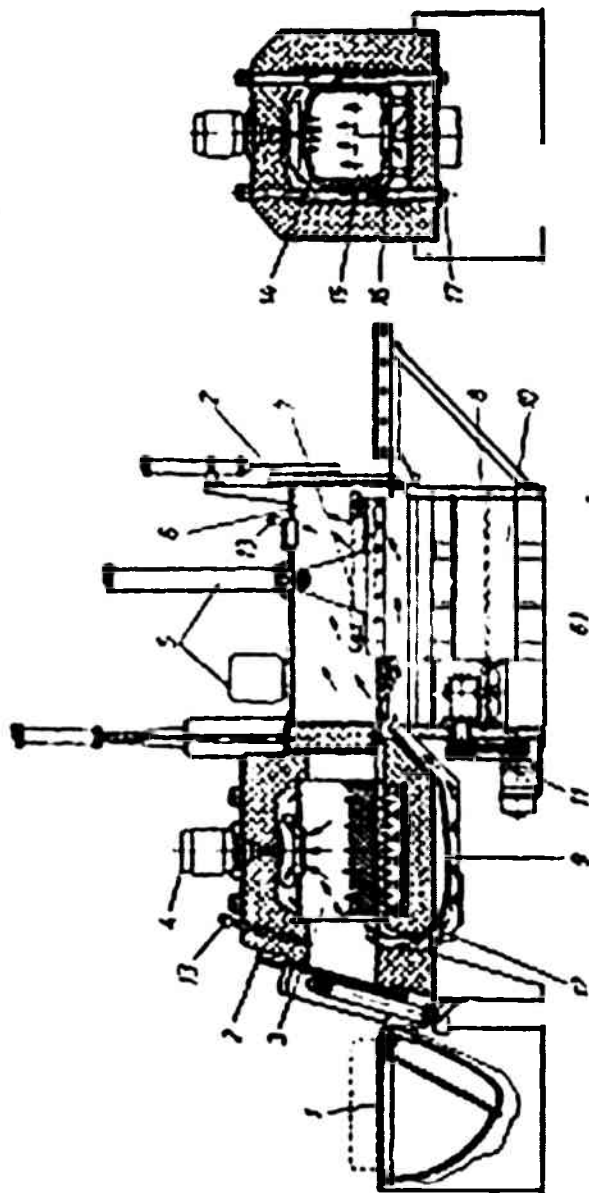
a – zanjirli, b – zirxli. 1 – yigʻilgan holda, 2 – quyilgan zveno,
3 – plastinkali, e – toʻrli.



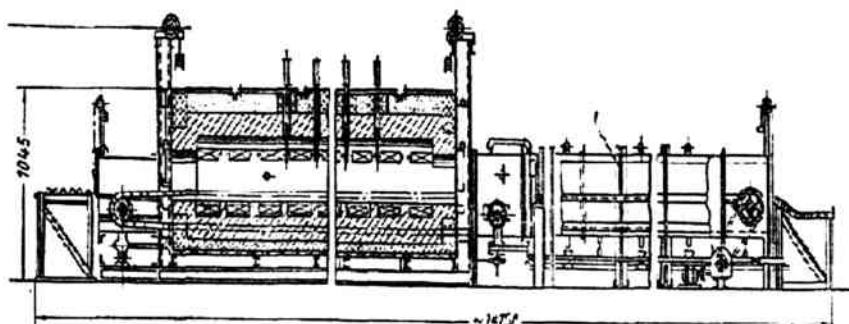
5.58-rasm. Kamerali mexanizatsiyalangan pech: a — elektr-ZIL zavodi loyihasi: 1 — to'siq, 2 — kamera, 3 — tushadigan stol, 4 — ventilyatorlar, 5 — poddonli siljitish ilmog'i.



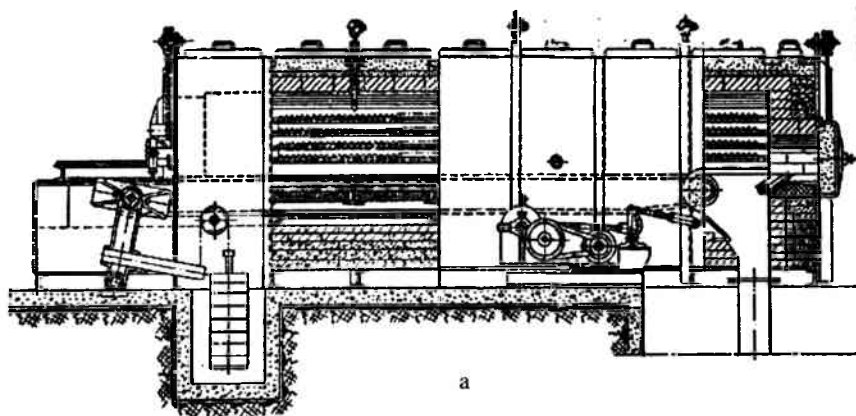
5.59-rasm. Kamerali mexanizatsiyalangan pech: b — gorizontall joylashgan radiatsion trubali: 1 — pech eshikchasi, 2-1 — kamera, 3 — ichki to'siq ko'taruvchisi, 4 — tushadigan stol ko'targichi, 5 — qizdirish kamerasi, 6 — radiatsion truhalar, 7 — ventilyator, 8 — moyli bak, 9 — moy nasosi.



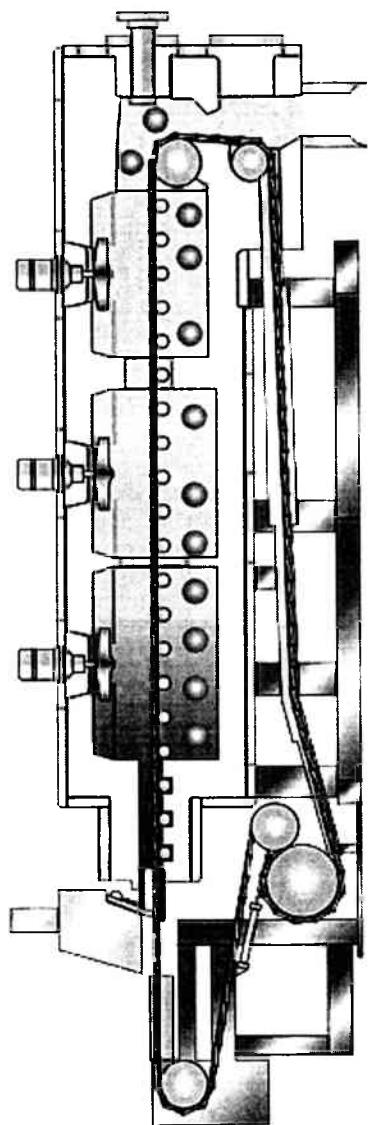
5.60-rasm. Kamerali mexanizatsiyalangan pech: v – vertikal joylashgan radiatsion truball pech: 1 – avtomatik yuklash moslamasi, 2 – pech eshikchasi, 3 – qizdirish kamerasi, 4 – suv bilan sovuvchi ventilyatorli dvigateli, 5 – pnevmatik mexanizmlar, 6 – tish kamerasi(tashqaridan suv bilan sovutiladi), 7 – tushuvchi stol, 8 – toblash haki, 9 – zanjirli transportyor, 10 – moyni temperaturasini avtomatik nazoratlovchi tizimning qizdirish va sovitish, 11 – ikki tezlikli moy baki trubkasi, 12 – nazoratlanuvchi atmosfera kiritish, 13 – nozaratlanuvchi atmosferani chiqarish, 14 – atmosfera sirkulyatsiyasini kuchaytiruvchi va temperaturaning tekisligini ta'minlovchi yarim mufelli qurilma, 15 – radiatsion trubalar, 16 – chidamli keramik taglik, 17 – yopiq gaz gorelkalari.



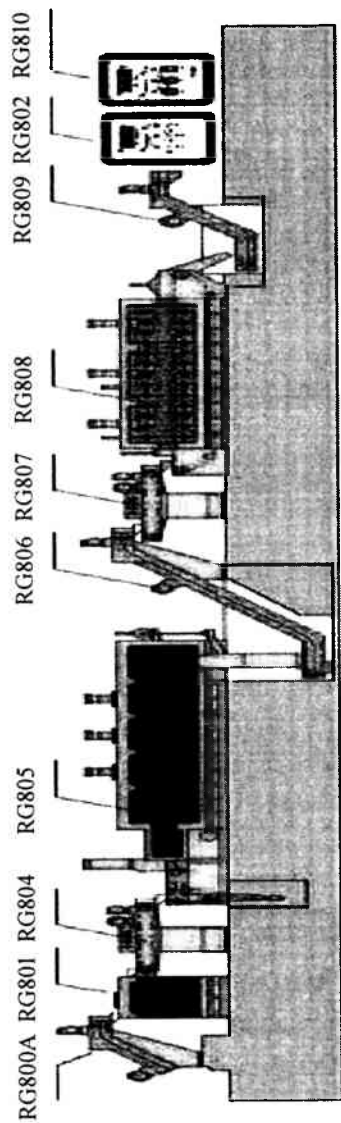
5.61-rasm. Yumshatish uchun konveyerli pech.



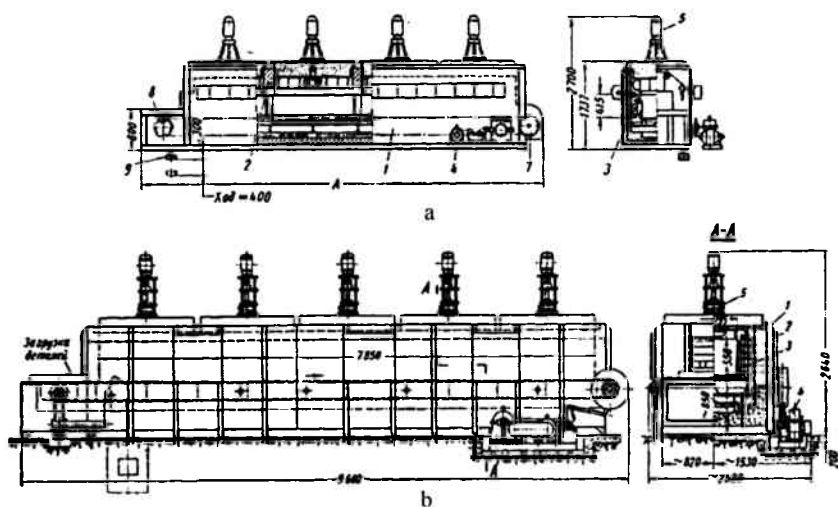
5.62-rasm. K-70 tipidagi kanveyerli elektropech. a — umumiy koʻrinishi, b — pechning koʻndalang kesimi.



5.63-rasm. Konveyerli pechning kesim ko'rinishi.



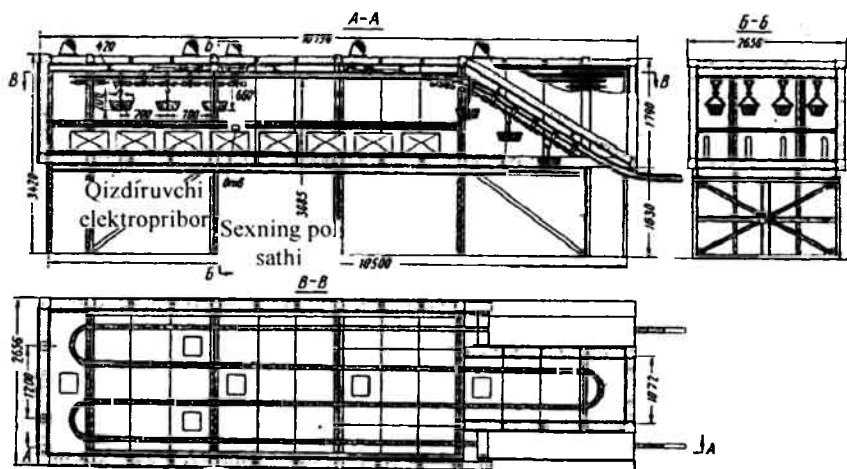
5.64-rasm. Konveyerli pechda haroratni taqsimlanishi.



5.65-rasm. Past bo'shatish uchun konveyerli elektrpechlar.

a – KO-45, KO-55A va KO-75A, b – KO-205

1 – pech qobig'i, 2 – futerovka, 3 – pechning qizdirish elementlari, 4 – konveyerli uzatmasi, 5 – ventilyator, 6 – termopara moylash uchun teshik, 7 – ilgarilanma val, 8 – yordamchi val, 9 – qarshi yuk.



5.66-rasm. Zanjirli konveyerli bo'shatish pechi.

6-bob. ISSIQLIKDAN FOYDALANISHDA EKOLOGIK MUAMMOLAR

6.1. Yonish mahsulotlarining toksik ta'siri

Yonish mahsulotlari issiqlik texnikaviy qurilmalarning energetik va ekologik jihatlariga ta'sir etadi. Ammo bundan tashqari bu mahsulotlarning yonishidan bir qator boshqa moddalar hosil bo'lishi va ularning miqdori ancha kam bo'lganligi uchun energetik hisoblashlarda inobatga olinmaydi, lekin pech, pechlarning yondirish qismlari va issiqlik dvigatellarida va boshqa zamonaviy energetik qurilmalarining ekologik ko'rsatkichlariga ta'sir o'tkazadi. Ekologik zararli mahsulotlar sifatida birinchi navbatda toksik gazlarni ko'rsatish mumkin. Toksik deb inson organizniga va atrof-muhitga negativ ta'sir o'tkazadigan moddalarga aytiladi. Asosiy toksik gazlar NO_2 – azot oksidi, CO – uglerod (II) oksidi, turli uglevodorodlar va qo'rg'oshin, oltingugurt hamda qurum moddalarining birikmalari hisoblanadi.

Azot oksidlari. Yonishda asosan azot oksidi NO hosil bo'lib, havoda NO_2 gacha oksidlanadi. NO miqdori temperatura ko'tarilgan sari ko'payib boradi va uglevodorodli tarkibdan tashqari kislorod konsentratsiyasi hisobiga oshadi. Atmosfera tarkibidagi NO_2 gazi qizg'ish qo'ng'ir tusdagi gaz bo'lib, katta konsentratsiyalarda bo'g'ish xususiyatlariga ega. NO_2 gazi ko'z pardalariga negativ ta'sir etadi.

Uglerod(II) oksidi, (CO) kislorod yetishmasligi holatida gaz bo'lib, nafas olganda havo bilan o'pkadagi qonga so'rilib qon tarkibidagi gemoglobin bilan intensiv ravishda birikib, organizmni kislorod bilan ta'minotini susaytiradi. CO gazi bilan zaharlalish alomatlari bosh og'rig'i, yurak urishining tezlashuvi, nafas olishning qiyinlashuvi va ko'ngil aynishi hisoblanadi

Uglevodorodlar (CH) – yonilg'ining asli yoki parchalangan radikallaridan tashkil topgan va yonish jarayonida ishtirok etmagan molekulalar hisoblanadi, asosan ichki yonuv dvigatella-

rining ishlab chiqqan gazlari tarkibida uchraydi. Asosan dvigatel o'chirilganda yonish kameralarining sovuq devorlari yonida, porshen va silindr kompression halqalarning yuqori qismi orasidan chiqib ketadi. Dizel motorlarida uglevodorodlar o'ta boyitilgan gaz aralashmalari zonalarida hosil bo'lib, asosan yonilg'i molekulalarining pirolizidan hosil bo'ladi. Agar kengayish vaqtida bu zonalarga yetarli darajada kislorod berilmasa, unda CHx ishlab chiqqan gazlar tarkibida atmosferaga chiqib ketadi. Turli uglevodorodlar soni 200dan ortiq toksik gazlar hosil qilishi mumkin. CH konsentratsiyasi (ayniqsa intensiv transport oqimi bo'lgan joylarda) havo tarkibida bo'lganda bevosita inson salomatligiga zarar yetkazmasada, shunday reaksiyalarni boshlanishiga turtki bo'ladi-ki, bunday hosil bo'lgan moddalarning eng kichik konsentratsiyasi ham zaharli bo'lishi mumkin. Masalan uglevodorodlar Quyosh nurlari ta'sirida NO bilan birikib biologik aktiv moddalar hosil qilishi va atmosferada SMOG (zaharlangan havo) deb nomlangan gaz va atmosferadagi namlik bilan aralashma hosil qilishi mumkin. Ayniqsa benzol, toluol, politisiklik aromatik uglevodorodlar (PAU) va birinchi navbatda benzpiren ($C_{20}H_{12}$) nihoyatda xavflidir. Yuqoritoksik moddalarning bu guruhi yengil va o'rtacha fraksiyali yonilg'ining 600–700°C temperaturada pirolizi tufayli hosil bo'ladi. Bunday sharoitlar silindrning sovuq sirtlari yonida yonmay qolgan uglevodorodlar hisobiga hosil bo'ladi. Ishiab chiqqan gazlar tarkibida PAUlar qancha ko'p bo'lsa, yonmay qolgan yonilg'i tarkibida benzol ham shuncha ko'p bo'ladi. PAUlar kanserogen moddalar sirasiga kiradi va inson organizmidan chiqmaydi, organizmda yig'ilib borish xususiyatiga ega va turli zararli o'smalarning hosil bo'lishiga omil bo'ladi.

Qurum — qattiq mahsulot bo'lib, asosan ugleroddan tashkil topgan. Ugleroddan tashqari qurum tarkibida 1–3% (massasi bo'yicha) vodorod ham bo'lishi mumkin. Qurum 1500°C temperaturadan yuqori temperaturada, yonilg'ining kislorodning katta miqdorda yetishmasdan yonishi va jarayonning borishida

hajmiy termik parchalanish (piroliz) natijasida hosil bo'ladi. Uglarod atomlari bir xil bo'lganida qurum tushish (kislorod tanqisligidan) moyilligi quyidagi tartibda uglevodorodlar qatori joylashgan: parafinlar, olefinlar, aromatiklar. Dizel motorining ishlab chiqqan gazlari tarkibida qurumning mavjudligini uning qora tutuniga qarab bilsa bo'ladi. Qurum og'iz-burun bo'shlig'ini ifloslantiruvchi mexanik aralashma bo'lib boshqa kanserogen moddalarni yig'ish xususiyatiga ega, qurumdan tashqari qattiq moddalar—oltingugurt, aeroxol sifatida moy va yonmay qolgan yonilg'ilarni ham qattiq moddalarini yig'ishi mumkin. Maxsus filtrlarda o'tirib qoluvchi moddalar — zarrachalar deb ataluvchi umumiy nomga egadirlar. Ishlab chiqqan gazlar to'la yonmasdan qolgan yonilg'i mahsulotlari (CO , CH , qurum va oltingugurt) na-faqat toksikali moddalar ekanligi, balkim to'la yonmaslik orqali issiqlikni to'la ajralib chiqmasligi ham qo'shilgan bo'lib, bu holat issiqlik qurilmalarining iqtisodiy ko'rsatkichlariga ham ta'sir etadi.

Qo'rg'oshin va oltingugurt. Qo'rg'oshinning benzindagi taxminan 50–70% qismi ishlab chiqqan gazlar orqali atmosferaga o'tib, qo'rg'oshin tuzlari hosil qiladi, ularning diametr o'lchamlari 1mkm dan kichik. Ushbu zarrachalar havo va teri orqali inson organizmiga tushadi, qo'rg'oshin tuzlari inson organizmidan chiqib ketmaydi, yig'ilish xususiyatiga ega va o'ta zaharlidir. Qo'rg'oshin markaziy nerv tizimiga salbiy ta'sir etib, turli xil nevrologik va psixik o'zgarishlarga olib keladi. Dizel yoqilg'isi, mazut, toshko'mir tarkibidagi oltingugurt yonganidan so'ng yonish mahsulotlarida oltingugurt dioksidi SO_2 hosil bo'ladi, SO_2 o'simliklar uchun xavfli bo'lib, yomg'ir bilan birikib sulfidlar SO_2 va yashin urishida kislorod bilan birikib sulfatlar hosil qiladi hamda «kislotali yomg'ir» sifatida tushishi mumkin. Ishlab chlqarilgan gazlar tarkibida qo'rg'oshin va oltingugurt mavjudligi uchun katalitik moddalar bilan ularni neytrallashni imkoni bo'lmaydi. Ba'zi toksik gazlar atmosferada boshqa turdagi moddalarga aylamb, ularni neytrallash juda mushkul masalaga aylangan.

Masalan atmosferaga aralashgan uglevodorodlar (yoki ularning radikallari), azot oksidi va uglerod (II) oksidi, kislorodning Quyosh nurlari ta'sirida O_3 — azonga aylangan formasi bilan birikib o'ta zaharli moddalar hosil qilishi mumkin. O_3 — azonning o'zi ham juda kuchli oksidlovchi bo'lib, ma'lum konsentratsiyalarda inson salomatligiga yomon ta'sir etadi. Kam harakatchan va nam atmosferada NO_2 , O_3 va SO_2 yuqori konsentratsiyasida qo'ng'ir tusdagi tuman hosil bo'lib, inglizchada — «Smog» nomini olgan zaharli aralashma hosil qiladi. Smog — gazsimon moddalarning suyuq aralashmasi bo'lib, ko'z va ko'zning pardalarini yallig'laydi, uning qo'ng'ir tusi yo'llardagi ko'rish darajasini yomonlashtiradi. Toksik mahsulotlarning asosiy manbai avtomobillar, sanoat korxonalari, issiqlik va elektr stansiyalari hisoblanadi. Shahar va uning atrofida bunday gazlarning konsentratsiyasi ruxsat etilgan konsentratsiyadan bir necha o'n barobar ko'p bo'lishi hozirda yaqqol ayon bo'lib qolgan.

6.2. Toksik gazlarning ta'siri

Toksik chiqindilarning konsentratsiyalarini baholash uchun ularning haqiqiy miqdorini chegaraviy ruxsat etilgan konsentratsiyalarini solishtirish bilan aniqlanadi (maksimal bir marotabali, o'rtacha — sutkali, o'rtacha — yillik). Ko'plab epidemiologik va toksikologik izlanishlar asosida har bir zararli komponentning muayyan holda salbiy ta'sir etuvchi holatlarni keltirib chiqarishi aniqlangan.

CO — uglerod (II) oksidi (atmosferada 2–42 oygacha turg'un bo'lishi mumkin) asab tizimiga ta'sir etib, hushdan ketishlarga olib kelishi bilan tasniflanadi, chunki nafas olganda qondagi gemoglobin bilan kislorod o'rniga reaksiyaga kirishadi. Atmosfera tarkibidagi konsentratsiyasiga qarab ta'sir etish darajasi turlicha. Nafas olish to'xtaganda gemoglobin bilan birikkan CO gazining, sog'lom odam qoni 50% gacha har 3–4 soatda tozalanadi. CO gazining markaziy asab tizimiga ta'siri, ko'zning rang va nur qabul qilish sezgirini susaytirish bilan yo'l-transport holatlari-

ni ko'payishiga olib kelish ehtimolligini kuchaytiradi. Maksimal — bir marotaba — chegaraviy ruxsat etilgan konsentratsiyasi bu modda uchun aholi yashash punktlarida 3 mg/m^3 , AQSHda — 10 mg/m^3 8 soatlik ta'sir uchun belgilangan.

Avtomagistrallar ustidagi atmosfera havosi tarkibida asosan NO , NO_2 uchraydi. NO azot oksidlari orasida turg'un bo'lmagan oksid bo'lib (havodagi konsentratsiyasiga qarab) 0,5–3 soatdan 100 soatgacha oraliq vaqtda NO_2 gacha oksidlanishi mumkin. NO_2 gazining toksikligi NO toksikligiga qaraganda 7 barobar kuchli. NO_2 inson organizmiga ta'sir etuvchi konsentratsiya miqdori 15 mg/m^3 o'tkir bezovta qiluvchi, $200\text{--}300 \text{ mg/m}^3$ konsentratsiyalarda esa nafas olish paralichini keltirib chiqaradi. Atmosfera namligi ta'sirida, azot oksidi azot kislotasi hosil qilib, metallar korroziyasini keltirib chiqaradi, o'simliklarni nobud qiladi va h.k. Azot oksidlari fotokimyoviy SMOGning eng xavfli aktiv komponenti bo'lib yuzaga chiqadi. Aholi yashash joylarida azot oksidlarining atmosferadagi chegaraviy ruxsat etilgan konsentratsiyasi — $0,085 \text{ mg/m}^3$.

Gazsimon quyimolekulyar uglevodorodlar inson organizmiga narkotik singari ta'sir etib, eyforiya holatini keltirib chiqaradi va yo'l-transport hodisalarini ko'payishiga sababchi bo'ladi. Ularning toksikligi Quyosh nurlari radiatsiyasi ta'sirida yanada kuchayib SMOG ning fotokimyoviy oksidantlarga aylanish ehtimolini kuchaytiradi. Ularning ruxsat etilgan chegaraviy konsentratsiyasi 5 mg/m^3 dan oshmasligi kerak.

Politsiklik aromatik uglevodorodlar, dvigatellar ishlab chiqargan gazlar tarkibida bo'lib konserogen hisoblanadi. Ular orasida eng xavfli va aktivi benzopiren ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$) hisoblanadi. Uning chegaraviy ruxsat etilgan miqdori $0,1 \text{ mkg/100 m}^3$ havo tarkibida hisoblanadi.

Ishlab chiqqan gazlar tarkibida qurum oddiy changga qaraganda ancha toksik hisoblanadi. Qurum zarrachalari konserogen moddalarini adsorbsiyalash xususiyatiga ega bo'lib, uning chegaraviy miqdori 130 mg/m^3 dan oshmagan bo'lishi kerak. Qurum

zarrachalarining o'lchamlari 0,19–054 mkm atrofida bo'lib o'pkagacha yetib borishi yoki burun bo'shlig'ida, traxeya yoki bronxlarda o'tirib qolishi mumkin.

Oltinugugurt oksidlarining juda kichik konsentratsiyasi ham nafas yo'llariga ta'sir etadi. 0,01% konsentratsiyasida bir necha minutda inson zaharlanishi mumkin. Atmosfera tarkibida SO₂ ko'payishi fotosintez jarayoniga to'sqinlik qiladi, nafas yo'llarini bo'g'adi. SO₂ 0,9 mg/m³dan oshgan konsentratsiyasida daraxtlar sarg'ayib, barglari erta tushadi. SO₂ va CO aralashmasining uzoq vaqt ta'sirida organizmning genetik funksiyalarining ishdan chiqishi kuzatilgan. SO₂ gazining ruxsat etilgan chegarasi 10 mg/m³ etib belgilangan.

Qo'rg'oshin birikmalari bosh og'rig'i, charchash alomatlari, uyquning buzilishi, tirik organizmlarning oqsillarining fermentativ aktivligigga ta'sir o'tkazadi. Qo'rg'oshinning sutkali ruxsat etilgan chegaraviy me'yori 0,0003 mg/m³ bo'lsada, qo'rg'oshinning organizmda yig'ilishi asab va qon – tomir tizimini og'ir oqibatlariga olib keluvchi faktor sifatida juda xavfli hisoblanadi. Avtomobillarning ishlab chiqqan gazlari tarkibidagi qo'rg'oshin insonga ichimlik suvi, oziq-ovqat mahsulotlari orqali ham ta'sir etadi. Transport vositalarining ishlash vaqtidagi shovqin, elektromagnit nurlanishlari ham inson salomatligiga salbiy ta'sir o'tkazadi.

6.3. Pech kameralarining samarasi

Yonish mahsulotlarining asosiy komponenti uglerod dioksidi CO₂ bo'lib, toksik gazlar sirasiga kirmaydi. CO₂ gazining yillik emissiyasi 130–1100 mlrd t/yiliga to'g'ri keladi. CO₂ ning asosiy manbai tabiiy bo'lib, faqat 1–3% texnika vositalari ulushiga teng. Atmosferaning yuqori qatlamlarida hamma vaqt gazlarning aralashmasi 60–90% suv bug'lari sifatida bo'lib kelgan. Gazlarning bu aralashmasi Yer sayyorasidan issiqlik chiqib ketishiga to'sqinlik qilib, Yerning o'rtacha temperaturasining 33°C li intervalini ta'minlab beradi

(-18+15°C). Yer atmosferasining oʻrtacha temperaturasining bunday darajadaligi hayotning paydo boʻlishi omillaridan biri boʻlib kelgan, lekin oxirgi 100 yil ichida, inson faoliyatitning texnikaga asoslangan davrida, stratosfera va troposfera qatlamlarida CO₂, CH_x, galogenli uglevodorodlar, ozon va azot gemoksidi (NO₂) yigʻilib borishi temperaturaning oʻrtacha miqdordan 0.5°C oshishiga, iqlim nazoratsiz darajada isib ketishidan muzliklarning erishiga olib kelishiga va «issiqxona» effektining vujudga kelishiga sababchi boʻlmoqda. Iqlim isishining kelishi va global darajadagi qaytarib boʻlmas jarayonlarning ishga tushish xavfini kuchaytirmoqda. Antropogen gazlar orasida «issiqxona» effektining kuchayishida CO₂ gazining oʻrni va roli kattadir. CO₂ gazining atmosferaga yetkazib berishda: issiqlik va elektr stantsiyalari – 27%, sanoat – 20%, uy-joylarning isitilishi va kichik energetika – 20%, transport – 17% tashkil etadi. Antropogen chiqindilarning kamaytirish muammosi oʻtkir ekologik masalaga aylanib bormoqda. Shuning uchun CO₂ gazinig atmosferaga chiqarishini kamaytirish uchun yangi texnologik jarayonlar vositasida ishlab chiqarish va yangi energiya manbalari, jumladan:

- Uglevodorod yonilgʻisida ishlovchi issiqlik texnikasining CO₂ gazini kamroq ishiab chiqarish usullarini joriy etish, yaʼni issiqlik qurilmalari, issiqqlik dvigatellarimng tejamkor ishlash qobiliyatini oshirish;

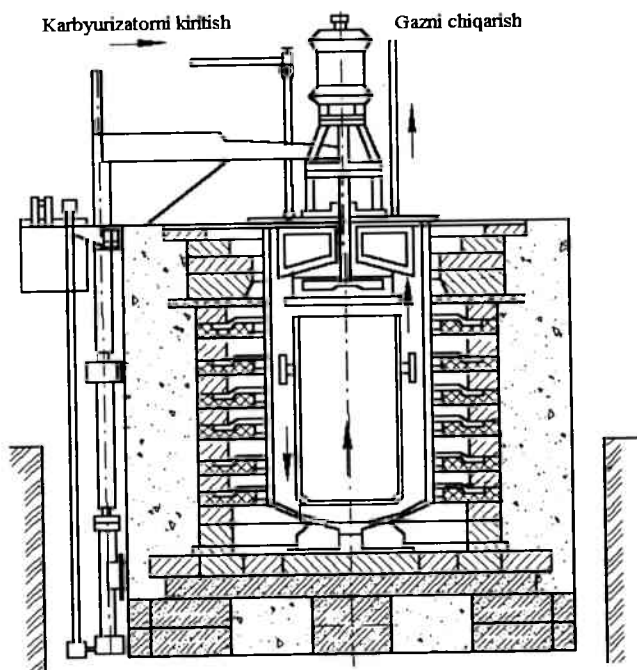
- C-uglerod miqdori kam boʻlgan yoqilgʻi manbalaridan foydalanish (suyultirilgan gaz, spirt va efirlar);

- Vodoroddan foydalanish;

- Alternativ energiya manbalarining joriy etish qaytalanuvchi – shamol, quyosh energiyalaridan foydalanishni koʻpaytirish, yadro va atom energetikasi borasidagi izlanishiarni kuchaytirish va atom energetikasining xavfsiz texnologiyalarini joriy etish maqsadga muvofiq.

ILOVA
«QIZDIRISH QURILMALARI»
FANIDAN KURS ISHINI
bajarish bo'yicha

USLUBIY KO'RSATMA



1. YONILG'INING YONISHINI ANALITIK HISOBLANISHI

Havo sarfi, yonish mahsulotlarining yonilg'i birligida miqdori, hajmiy og'irligi va yonish temperaturasi aniqlanadi. Yonilg'ining yonish jarayonining material balansi tuziladi va yonish issiqligi hisoblanadi. Jarayonni amalda qanday bo'lishini ko'rib chiqamiz.

NAMUNA № 1:

Tagligi oldinga chiquvchi kamerali pechni loyihalang. Zagotovka (yarim tayyor mahsulot) o'lchamlari 600x700x800 mm, 5XHГ po'latidan. Pechning ishlab chiqarish quvvati 40 tonna har sudkasiga.

Yonilg'i – yarimkoks gazi, tarkibi:

CO_2^{SG}	$\text{C}_2\text{H}_4^{\text{SG}}$	O_2^{SG}	CO_2^{SG}	H_2^{SG}	CH_4^{SG}	N_2^{SG}	$q_{\text{H}_2\text{O}}$
11.2	2.8	0.4	7.2	20.9	47.3	10.2	20 g/ sm ³

Havoning rekuperator qizdirish temperaturasi – 500°C.

Hisoblashlarni / 1 / uslubda bajaramiz.

Havo sarfi, yonish mahsulotlarining hajmiy chiqishini, berilgan gazning yonish temperaturasini, issiqlik hosil qilish darajasini aniqlash.

Analitik hisoblarni bajarishdan avval, havo sarfi koeffitsienti-ni belgilab olish lozim. Havo sarfi koeffitsienti yonilg'i turi va yonilg'ini yondirish moslamasi bilan aniqlanadi (1.1-jadval)

Yonilg'i sarfi koeffitsientini tanlash

1.1-jadval

Yonilg'i	Yonilg'ini yondirish moslamasi	α^*	$\frac{q_3}{Q_H^p} 100\%$
----------	-----------------------------------	------------	---------------------------

1.1-jadvalning davomi			
Domna, gazogenerator, koksdomna, tabiiy gaz	Uzun mash'alali gorelkalar*	1,15—1,30	2—3
Gazsimon yonilg'ilarning hamma turlari	Kaltamash'alali gorelkalar **	1,05—1,15	1—2
Mazut, smola	Forsunkalar***	1,15—1,35	2—3

* Havo sarfi koeffitsienti (α) gorelka va forsunkalar uchun — yonilg'i va havoni aralashmasi yaxshi bo'lsa kamroq, agar aralashish yomon bo'lsa ko'proq belgilanadi

** Termik pechlarda kaltamash'alali gorelkalarni pech devoriga yo'naltirish tavsiya etiladi, masalan, pech kubbasiga, issiqlikni bilvosita metalga uzatish yoki yonilg'ini to'la yonishini ta'minlab, to yonish mahsulotlarini mo'ridan chiqib ketgunicha issiqlikni metalga o'tishini ta'minlanishi lozim

*** Termik pechlarda mazutni, ishchi bo'shliqdan alohida yonish qismida yondirish tavsiya etiladi.

1.1. Havo sarfini aniqlash

Ushbu pech uchun mash'alasi uzunligi o'zgaruvchi gorelka qo'llaniladi. Ushbu gorelka ham kaltamash'alali, ham uzunmash'alali alanga bilan ishlashi mumkin. $\alpha=1,15$ ga teng deb qabul qilamiz, bunda yonilg'ini nisbiy kimyoviy yonmasligi

$\frac{q_3}{Q_H} \cdot 100 = 2\%$ ni tashkil etadi. Havo yo'naltirgichdagi havoning

temperaturasi, 22°C . Ma'lumotnomalardan ushbu temperatura-

da $q_{H_2O}^e = 21.5 \frac{\text{suvi bug'i}}{\text{"quruq havo"}}$.

1. Gazning to'la yonishini ta'minlash uchun kerak bo'lgan kislorod miqdorini aniqlash.

$$V_{O_2} = 0.01 \left[0.5(CO + H_2 + 3H_2S) + \left(m + \frac{n}{4}\right) C_m H_n - O_2 \right] \frac{m^3 O_2}{m^3 \text{ gaz}}$$

$$V_{O_2} = 0.01(0.5CO^{C.G.} + 0.5H_2^{C.G.} + 2CH_4^{C.G.} + 3CH_4^{C.G.} - O_2^{C.G.}) =$$

$$= 0.01(0.5 \cdot 7.2 + 0.5 \cdot 20.9 + 2 \cdot 47.3 + 3 \cdot 2.80 - 0.4) = 1.17 \frac{m^3 O_2}{m^3 gaz}$$

2. Havoning nazariy sarfini aniqlash.

$$L_o = (K+1)V_{O_2} \frac{m^3 havo}{m^3 gaz}; L_o = 4.76 \cdot 1.17 = 5.6 \frac{m^3 havo}{m^3 gaz}$$

3. Quruq havoning haqiqiy sarfini aniqlash

$$L_a = \alpha \cdot L_o \frac{m^3 havo}{m^3 gaz}; L_a = 1.15 \cdot 5.6 = 6.45 \frac{m^3 havo}{m^3 gaz}$$

4. Nam havoning haqiqiy sarfini aniqlash

$$L_a^{vv} = (1 + 0.00124 \cdot q_{H_2O}^{vv}) L_a \frac{m^3 havo}{m^3 gaz};$$

$$L_a^{vv} = (1 + 0.00124 \cdot 21.5) \cdot 6.45 = 6.8 \frac{m^3 havo}{m^3 gaz}$$

1.2. Yonish mahsulotlarini hajmiy chiqarishini aniqlash

1. CO₂ gazini yonish mahsulotlardagi miqdorini aniqlash

$$V_{RO_2}^a = 0.01(CH_4 + mC_nH_n + CO + CO_2 + H_2S + SO_2) \frac{m^3 CO_2}{m^3 gaz}$$

$$V_{CO} = 0.01(CO_2^{S.G.} + CO^{S.G.} + CH_4^{S.G.} + 2C_2^{S.G.}) =$$

$$= 0.01(11.2 + 7.2 + 47.3 + 2 \cdot 2.8) = 0.71 \frac{m CO}{m gaz}$$

2. N₂ gazini yonish mahsulotlardagi miqdorini aniqlash

$$V_{N_2}^{s.G.} = K\alpha V_{O_2} + 0.01 N_2^{s.G.} \frac{m^3 N_2}{m^3 \text{gaz}};$$

$$V_{N_2}^{s.G.} = 3.76 \cdot 1.15 \cdot 1.17 + 0.01 \cdot 10.2 = 5.15 \frac{m^3 N_2}{m^3 \text{gaz}}$$

3. O₂ gazini yonish mahsulotlaridagi ortiqcha miqdorini aniqlash

$$V_{O_2}^{izb} = (\alpha - 1) V_{O_2} \frac{m^3 O_2}{m^3 \text{gaz}}, \quad V_{O_2}^{izb} = 0.15 \cdot 1.17 = 0.18 \frac{m^3 O_2}{m^3 \text{gaz}}$$

3. Suv bug'larini yonish mahsulotlaridagi nazariy havo sarfi-dagi hajmi

$$V_{H_2O}^o = 0.01 \left[H_2 + H_2S + \frac{n}{4} C_m H_n + 0.124 \left(q_{H_2O}^{s.G.} + q_{H_2O}^{s.v.} L_o \right) \right] \frac{m^3 H_2O}{m^3 \text{gaz}}$$

$$\begin{aligned} V_{H_2O}^o &= 0.01 (H_2 + 2CH_4^{s.G.} + 2_{,,2} H_4^{s.G.}) + 0.00124 (q_{H_2O}^{s.G.} + q_{H_2O}^{s.v.} \cdot L_o) = \\ &= 0.01 (20.9 + 2 \cdot 47.3 + 2 \cdot 2.8) + 0.00124 (20 + 21.5 \cdot 5.6) = 1.21 + 0.17 = 1.4 \frac{m^3 H_2O}{m^3 \text{gaz}} \end{aligned}$$

5. Suv bug'larini yonish mahsulotlaridagi amaldagi havo sarfi-dagi hajmi.

$$V_{H_2O}^a = V_{H_2O}^o + (\alpha - 1) L_o \cdot 0.00124 q_{H_2O}^{s.v.} \frac{m^3 H_2O}{m^3 \text{gaz}}$$

$$V_{H_2O}^a = 1.4 + 0.15 \cdot 5.6 \cdot 0.00124 \cdot 21.5 = 1.42 \frac{m^3 H_2O}{m^3 \text{gaz}}$$

6. Yonish mahsulotlarining hajmi.

$$V_{\alpha}^{v.d.} = V_{RO_2}^a + V_{N_2}^a + V_{H_2O}^a + V_{O_2}^{izb} \frac{m^3 \text{tutun}}{m^3 \text{gaz}}$$

$$V_{\alpha}^{v.d.} = 0.71 + 5.15 + 1.42 + 0.18 = 7.46 \frac{m^3 \text{tutun}}{m^3 \text{gaz}}$$

7. To'la yonganda yonish mahsulotlarining tarkibi.

$$V_{CO_2} = 100 \frac{V_{CO_2}^a}{V_{\alpha}^{v,d}}; \quad V_{CO_2} = 100 \frac{0.71}{7.46} = 9.52\%;$$

$$V_{N_2} = 100 \frac{V_{N_2}^a}{V_{\alpha}^{v,d}}; \quad V_{N_2} = 100 \frac{5.15}{7.46} = 69\%;$$

$$V_{H_2O} = 100 \frac{V_{H_2O}^a}{V_{\alpha}^{v,d}}; \quad V_{H_2O} = 100 \frac{1.42}{7.46} = 19\%;$$

$$V_{O_2} = 100 \frac{V_{O_2}^a}{V_{H_2O}^a}; \quad V_{O_2} = 100 \frac{0.18}{7.46} = 2.42\%$$

Yonish mahsulotlarining tarkibi, %

2-jadval

CO ₂	N ₂	H ₂ O	CO ₂ ^{izb}
9,56	69	19	2,42

100 m³ gaz uchun material balansini tuzamiz.

KIRIM:

$$G_{CO_2} = \frac{\%CO_2 \cdot M_{CO_2}}{22.4} \text{ kg}; \quad G_{CO_2} = \frac{11.2 \cdot 44}{22.4} = 22 \text{ kg};$$

$$G_{C_2H_4} = \frac{28 \cdot 2.8}{22.4} = 3.5 \text{ kg}; \quad G_{CH_4} = \frac{16 \cdot 47.3}{22.4} = 33.7 \text{ kg};$$

$$G_{N_2} = \frac{28 \cdot 10.2}{22.4} = 13 \text{ kg}; \quad G_{H_2} = \frac{2 \cdot 20.9}{22.4} = 1.86 \text{ kg};$$

$$G_{CO} = \frac{28 \cdot 72}{22.4} = 9 \text{ kg}; \quad G_{O_2} = \frac{32 \cdot 0.4}{22.4} = 0.57 \text{ kg};$$

M_{CO₂} — molekulyar og'irlik CO₂

Yonilg'i namligi:

$$q_{H_2O}^{s.g.} \cdot \frac{100}{1000} = 20 \cdot 0,1 = 2 \text{ kg}$$

Quruq havo:

$$\frac{L_a \cdot M}{22.4} \cdot 100 = \frac{6.45 \cdot 29}{22.4} \cdot 100 = 836 \text{ kg}$$

Havoning namligi:

$$q_{H_2O}^{s.v.} \cdot L_a \cdot \frac{100}{1000} = 21.5 \cdot 6.45 \cdot 0,1 = 13.42 \text{ kg}$$

3-jadval

k o m - p o - n e n t l a r	CO ₂ ^{s.g.}	C ₂ H ₄ ^{s.g.}	O ₂ ^{s.g.}	CO ₂ ^{s.g.}	CH ₄ ^{s.g.}	H ₂ ^{s.g.}	N ₂ ^{s.g.}	Yonilg'i namligi	Quruq havo	Quruq havo
kg	22	3.5	0.57	9	1.86	33.7	13	2	836	13.42

Jami: 935.05 kg

SARF:

$$G_{CO_2}^{v.d.} = \frac{V_{CO_2}^a \cdot M_{CO_2}}{22.4} \cdot 100 \text{ kg}; \quad G_{CO_2}^{v.d.} = \frac{0.71 \cdot 44}{22.4} \cdot 100 = 140 \text{ kg};$$

$$G_{N_2}^{v.d.} = \frac{V_{N_2}^a \cdot M_{N_2}}{22.4} \cdot 100 \text{ kg}; \quad G_{N_2}^{v.d.} = \frac{5.15 \cdot 28}{22.4} \cdot 100 = 642 \text{ kg};$$

$$G_{H_2O}^{v.d.} = \frac{V_{H_2O}^a \cdot M_{H_2O}}{22.4} \cdot 100 \text{ kg}; \quad G_{H_2O}^{v.d.} = \frac{1.42 \cdot 18}{22.4} \cdot 100 = 114 \text{ kg};$$

$$G_{O_2}^{v.d.} = \frac{V_{O_2}^a \cdot M_{O_2}}{22.4} \cdot 100 \text{ kg}; \quad G_{O_2}^{v.d.} = \frac{0.18 \cdot 32}{22.4} \cdot 100 = 25.7 \text{ kg}$$

4-jadval

jami: 921.7 kg

Kompo- nentlar	CO ₂ ^{v.d.}	H ₂ O ^{v.d.}	N ₂ ^{v.d.}	O ₂	boshqa kom- ponentlar	jami
kg	140	114	643	257	13.35	935.05

1.3. Yarimkoks gazini past issiqlik hosil qilishini aniqlash

$$Q_H^p = Q_H^{s.G} \cdot K; \text{ bu yerda } K = \frac{100 - V_{H_2O}}{100};$$

$$V_{H_2O} = \frac{100 \cdot q_{H_2O}^{s.G}}{803,6 + q_{H_2O}^{s.G}};$$

$$Q_H^{s.G} = 30.18 CO^{s.G} + 25.79 H_2^{s.G} + 85.55 CH_4^{s.G} + 141.07 C_2H_4^{s.G} + 55.2 H_2S^{s.G} =$$

$$Q_n^p = 30.18 \cdot 7.2 + 25.79 \cdot 20.9 + 85.55 \cdot 47.3 + 141.07 \cdot 2.8 = 5180 \frac{\text{kkal}}{\text{m}^3 \text{gaz}};$$

$$Q_H^p = 5180 \cdot 0.976 = 5050 \frac{\text{kkal}}{\text{m}^3 \text{gaz}}.$$

YONILG'INING YONISH TEMPERATURASINI ANIQLASH

Nisbiy kimyoviy to'la yonmaslik, gaz va havoning yaxshi aralashmasligi ushbu gorelka uchun $\frac{q_3}{Q_H^p} 100 = 2 \%$.

$$\text{Bunda: kimyoviy yonmaslik } q_3 = \frac{2 \cdot Q_H^p}{100} = 101 \frac{\text{kkal}}{\text{m}^3 \text{gaz}}.$$

Qizdirilgan havoning fizikaviy issiqlik olib kirishi (ilova 2) ushbuni tashkil etadi:

$$\text{Quruq havoning} - Q_{s.v} = i_o^{500^\circ C} \cdot L_a \frac{\text{kkal}}{\text{m}^3 \text{gaz}};$$

$$Q_{s.v} = 160.35 \cdot 6.45 = 1030 \frac{\text{kkal}}{\text{m}^3 \text{gaz}}$$

$$\text{Havoning namligi bilan} - Q_{H_2O} = i_o^{500^\circ C} (L_a^{v.v} - L_a) \frac{\text{kkal}}{\text{m}^3 \text{gaz}};$$

$$Q_{H_2O} = 189.85 \cdot 0.35 = 66 \frac{\text{kkal}}{\text{m}^3 \text{ gaz}}$$

Nam havoning issiqlik olib kirishi:

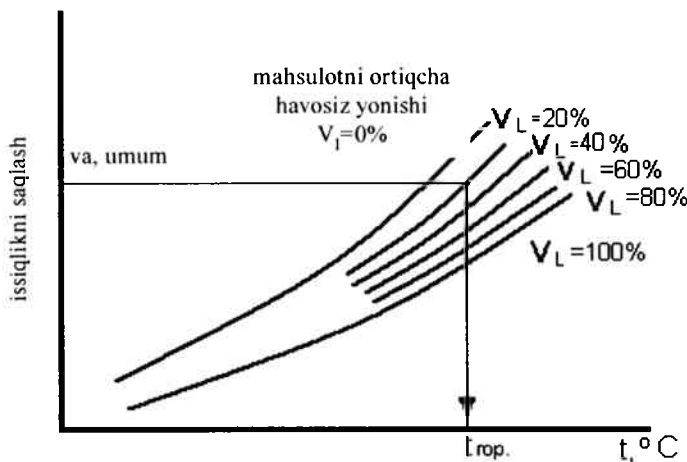
$$Q_{v.vx} = Q_{i.v} + Q_{H_2O} \frac{\text{kkal}}{\text{m}^3 \text{ gaz}}; \quad Q_{v.vx} = 1030 + 66 = 1100 \frac{\text{kkal}}{\text{m}^3 \text{ gaz}}$$

Issiqlikning umumiy miqdori:

$$Q_{umum}^b = Q_H^p + Q_{v.vx} - q_3 \frac{\text{kkal}}{\text{m}^3 \text{ gaz}}; \quad Q_{umum}^b = 5050 + 1100 - 101 = 6050 \frac{\text{kkal}}{\text{m}^3 \text{ gaz}},$$

va ushbuga teng: $i_{umum}^b = \frac{Q_{umum}^b}{V_{v.vx}^b};$

$$i_{pk}^i = i_K + i_{\%} - q_3 \frac{\text{kkal}}{\text{m}^3 \cdot \text{yonish mahsulot}};$$



1-rasm. $i - t$ diagrammaning umumiy ko'rinishi.

$$\dot{i}_{pk}^t = \frac{6050}{7.46} = 820 \frac{\text{kkal}}{\text{yonish mahsulot}}.$$

Ma'lum issiqlik sig'imi bo'yicha $i - t$ diagramma yordamida / 3 / yonilg'ining yonish temperaturasi aniqlaymiz.

Ortiqcha havo miqdori; $V_L = \frac{L_a - L_o}{V_a} \times 100\%$. Amaldagi temperatura $t_n = \eta \times t_o$, bu yerda $\eta = 0.9$ – pirometrik koeffitsient (empirik kattalik).

$$V_L = 9.3\%$$

$$t_{gor} = 1550^\circ\text{C}$$

Yonishning amaliy temperaturasi:

$$t_n = t_{gor} \cdot \eta,$$

$$t_n = 1550 \cdot 0.9 = 1395^\circ\text{C}$$

NAMUNA № 2

Yonilg'i – mazut, tarkibi:

1-jadval

CG	HG	OG	NG	SR	WR	AC
87,4	11,2	0,3	0,6	0,5	2	0,1

Rekuperatorda havoni qizdirish temperaturasi 500°C ga teng, $\alpha=1,25$

Nisbiy kimyoviy yonmaslik, mazut va havoning yaxshi aralashmasligi natijasida hosil bo'lgan, qabul qilingan $\frac{q_3}{Q_H} \cdot 100 = 2\%$.

Havo yo'naltiruvchi kanaldagi havoning temperaturasi, $t_v = 22^\circ\text{C}$. Undagi havo namligi $H_2O^{s.v.} = 21.5 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$.

Ushbu tarkibdagi mazutni ishchi massaga qayta hisoblaymiz. Hisoblash ishlari 2-jadvalda berilgan ma'lumotlar asosida bajari-ladi.

Ishchi massadagi kul miqdori:

$$A^p = A^c \cdot \frac{100 - W^p}{100} \% ; \quad A^p = 0.1 \cdot \frac{100 - 2}{100} = 0.098 \% ;$$

2-jadval

Berilgan yonilg'i massasi	Qayta hisoblanayotgan yonilg'i massasi			
	organik	yonuvchi	quruq	ishchi
organik	1	$\frac{100 - S^G}{100}$	$\frac{100 - (S^c + A^c)}{100}$	$\frac{100 - (S^p + A^p + W^p)}{100}$
shartli yonuvchi	$\frac{100}{100 - S^G}$	1	$\frac{100}{100 - A^c}$	$\frac{100 - (A^p + W^p)}{100}$
quruq	$\frac{100}{100 - (S^G - A^c)}$	$\frac{100 - A^c}{100}$	1	$\frac{100 - W^p}{100}$
ishchi	$\frac{100}{100 - (S^p + A^p + W^p)}$	$\frac{100}{100 - (A^p + W^p)}$	$\frac{100}{100 - W^p}$	1

Yonuvchi massani ishchi massaga qayta hisoblash koeffit-sienti:

$$\frac{100 - (A^p + W^p)}{100} ; \quad = \frac{100 - (0.098 + 2)}{100} = 0.979 ;$$

Komponentlarning ishchi massadagi miqdori:

$$H^p = K \cdot H^G \% ; \quad H^p = 0.979 \cdot 1.2 = 11 \% ;$$

$$O^p = K \cdot O^G \% ; \quad O^p = 0.979 \cdot 0.3 = 0.29 \% ;$$

$$C^P = K \cdot C^{G\%}; C^P = 0.979 \cdot 87.4 = 85.53\%;$$

$$S^P = K \cdot S^{G\%}; S^P = 0.979 \cdot 0.5 = 0.789\%;$$

$$N^P = K \cdot N^{G\%}; N^P = 0.979 \cdot 0.5 = 0.58\%$$

3-jadval

Ishchi massaning qayta hisoblashdagi natijalar.

C ^P	H ^P	O ^P	N ^P	S ^P	A ^P	W ^P
85.53	11	0.29	0.58	0.489	0.098	2

1. Mazut yondirishdagi O₂ miqdorini aniqlash:

$$V_{O_2}^{yoqilg'i} = V_{RO_2} + 0.056 \cdot (H^P - 0.125 \cdot O^P) \frac{m^3}{kg};$$

$$V_{O_2}^{yoqilg'i} = 1.603 + 0.056 \cdot (11 - 0.125 \cdot 0.29) = 2.22 \frac{m^3}{kg};$$

2. Havoning nazariy sarfini aniqlash:

$$L_O = (K + 1) \cdot V_{O_2}^{yoqilg'i} \frac{m^3}{kg}; L_O = 4.76 \cdot 2.22 = 10.5 \frac{m^3}{kg};$$

3. Quruq havoning amaliy sarfini aniqlash:

$$L_a^{s.v} = \alpha \cdot L_O \frac{m^3}{kg}; L_a^{s.v} = 1.25 \cdot 10.5 = 12.1 \frac{m^3}{kg};$$

4. Nam havoning amaliy sarfini aiqlash:

$$L_a^{v.v} = (1 + 0.00124 \cdot q_{H_2O}^{s.v}) \cdot L_a \frac{m^3}{kg};$$

$$L_a^{v.v} = (1 + 0.00124 \cdot 21.5) \cdot 12.1 = 12.4 \frac{m^3}{kg};$$

5. Tutun gazlaridagi CO₂ hajmini aniqlash:

$$V_{CO_2} = 0.0187 \cdot C^p \frac{m^3}{kg}; \quad V_{CO_2} = 0.0187 \cdot 85.53 = 1.5 \frac{m^3}{kg};$$

6. Tutun gazlaridagi SO₂ hajmini aniqlash:

$$V_{SO_2} = 0.007 \cdot S^p \frac{m^3}{kg}; \quad V_{SO_2} = 0.007 \cdot 0.49 = 0.008 \frac{m^3}{kg};$$

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} = 1.603 \frac{m^3}{kg};$$

7. Yonish mahsulotlaridagi N₂ hajmini aniqlash:

$$V_{N_2} = 3.76 \cdot \alpha \cdot V_{O_2}^{yoqilg'i} + 0.01 \cdot 0.8 \cdot N^p \frac{m^3}{kg};$$

$$V_{N_2} = 3.76 \cdot 1.15 \cdot 2.22 + 0.008 \cdot 0.58 = 9.6 \frac{m^3}{kg};$$

8. Yonilg'i yonishida oshiqcha O₂ hajmini L₀ dagi holati bo'yicha aniqlash:

$$V_{O_2}^{izb} = (\alpha - 1) \cdot V_{O_2}^{yoqilg'i} \frac{m^3}{kg};$$

$$V_{O_2}^{izb} = 0.15 \cdot 2.22 = 0.32 \frac{m^3}{kg};$$

9. Yonish mahsulotlarida suv bug'larining L₀ dagi holati bo'yicha aniqlash:

$$V_{H_2O}^O = 0.01 \cdot (11.2 \cdot H^p + 1.241 \cdot (W^p + W_o)) + 0.00124 \cdot q_{H_2O}^{sv} \cdot L_o;$$

W_f (kg) — Mazutning changlatilishi uchun ishlatiladigan bug' miqdori. Ushbu masalada changlantiruvchi muhit sifatida havodan foydalanilgan, changlantiruvchi havo sarfi umumiy havo sarfi ichiga kiritilgan, α=25, ya'ni W_f=0.

$$V_{H_2O}^o = 0.01(11.2 \cdot 11 + 1.244 \cdot 2) + 0.00124 \cdot 21.5 \cdot 10.5 = 1.53 \frac{m^3}{kg}$$

10. Nam havoning paqiqiy hajmi:

$$V_{H_2O}^a = V_{H_2O}^o + 0.00124 q_{H_2O}^{s,v} (\alpha - 1) L_o \frac{m^3}{kg};$$

$$V_{H_2O}^a = 1.53 + 0.00124 \cdot 21.5 \cdot 0.15 \cdot 10.5 = 1.574 \frac{m^3}{kg};$$

11. Yonish mahsulotlarining hajmi:

$$V_{\alpha}^{v,d} = V_{RO_2} + V_{N_2}^a + V_{H_2O}^a + V_{O_2}^{izh} \frac{m^3}{kg};$$

$$V_{\alpha}^{v,d} = 1.603 + 9.6 + 1.574 + 0.32 = 13.1 \frac{m^3}{kg};$$

Yonish mahsulotlarining tarkibi va material balansi 1-masaladagi kabi aniqlanadi. Material balansi 100 kg mazut uchun tuziladi. Q_H^p qattiq va suyuq yonilg'ilar uchun D.I. Mendeleye va formulasi bilan aniqlanadi:

$$Q_H^p = 81C^p + 246H^p - 26(O^p - S^p) - 6W^p \frac{kkal}{kg_{gaz}};$$

$$Q_H^p = 81 \cdot 85.53 + 246 \cdot 11 - 26 \cdot (0.29 - 0.49) - 62 = 9620 \frac{kkal}{kg_{gaz}}.$$

Keyingi hisoblashlar 1-masala uslubidagi bo'yicha olib boriladi.

2. METALNING QIZDIRISH VAQTI VA PECH O'LCAMLARINI HISOBLASH

Metallarni qizdirish vaqtini hisoblashda, qizdirilayotgan metalning geometriik o'lchamlari va formasi, uning markasi, boshlang'ich va yakuniy temperaturasi, kesim bo'yicha temperatura farqi aniq. Qolgan kattaliklar hisoblanadi. Nazariy uslublar bilan bir qatorda qizdirish vaqti uchun korxonalarda ko'p hollarda empirik formulalar ishlatiladi. Bu formulalar asosida zavodlarda ishlab chiqilgan va amalda tasdig'ini topgan ma'lumotlar yotadi.

Kamerali pechlar uchun eng ko'p tarqalgan formula N.N. Dobroxotovning formulasi hisoblanadi

$$\tau = KD\sqrt{D}, \text{ soat}$$

Bu yerda:

τ – 0 to 1200°C oralig'idagi qizdirish vaqti,

D – metall qalinligi, m

K – koeffitsient (K=10 – temir va yumshoq po'latlar uchun, K=20 yuqori legirlangan po'latlar uchun).

Metodik pechlar uchun N.Y. Tayts tamonidan aniqlangan formula ishlatiladi:

$$\tau = (7 + 0.05 X_0) X_0, \text{ min}$$

Bu yerda: X_0 – quyma qalinligi, sm.

Taxminiy qizdirish vaqtini aniqlab, pechning ishlab chiqarish quvvatini bilib, uning sadkasini va pech ichidagi detallar sonini aniqlash mumkin. Pech tagligida mahsulotlarni o'rnatib, uning eskizini bajarib, pechning asosiy o'lchamlarini aniqlaymiz – uzunligi, eni va pechning ishchi balandligi aniqlanadi.

Amaliy hisoblashlarda alangali kamerali pechiar balandligi ushbu formula bilan hisoblab topiladi:

$$H = (A + 0.05 \cdot B)t \cdot 10^{-3} + h, \text{ m}$$

Bu yerda:

H — pech balandligi, m;

h — metall qalinligi, m;

A — 0.5–0.6 koeffitsienti; past ko'rsatkichi 500–800°C, yuqori ko'rsatkichi 1300–1500°C;

B — pech eni, m;

t — pechi temperaturasi °C.

Alangali metodik pechiar uchun boshlang'ich (metallarni o'tkazish joyi) balandligi 1,2–1,5 m; pishirish zonasi balandligi 2,2–2,4 m; tutib turish zonasi balandligi 1,3–1,7 m.

O'tkazuvchi *elektrik* pechiar uchun odatda pech eni $D_{\text{pech.}}=0,5-0,6$ m bo'lganda $H_{\text{pech.}}=0.4-0.45$ m. eni $D_{\text{pech.}}=0,8-1,2$ m bo'lganda, $H_{\text{pech.}}=0,5-0,55$ m. Pech eni $D_{\text{pech.}}$ 1,4–1,5 m gacha bo'lganda pech balandligi 0,6 m qabul qilinishi mumkin.

Hisoblashlar oxirida metalning qizish grafiği tuziladi, gorizontal o'q bo'yicha vaqt, vertikal o'q bo'yicha temperatura olindi.

NAMUNA

Po'lat 50, zagotovkalar o'lchamlari 200×200×4000 mm 1200°C temperaturagacha qizdiriladi. Ishlab chiqarish quvvati 50 t/ soat. / 1 / uslubda hisoblash ishlari bajariladi.

Chiqib ketayotgan gazlarning temperaturasini $t_{\text{ux}}=800^{\circ}\text{C}$ deb qabul qilamiz, tutib turish zonasi temperaturasini metalning yakuniy temperaturasidan 50°C ga baland bo'lishi lozim (1200°C–1250°C).

Amaliy tavsiyalarga tayanib (1 mm metall 1 daqiqada qiziydi), zagotovkalar bir qator (2-rasm.) va ikki tomonlama qizdirishda (ya'ni, qizdirilayotgan metall qalinligi $S=0.1$ mm), umumiy qizdirish vaqti taxminan 100 daqiqa yoki 1,7 soatni tashkil etadi. Ishlab chiqarish quvvati va metall qizishining taxminiy vaqtini bilib, pech ichida bir vaqtning o'zida qancha zagotovka borligini aniqlaymiz:

$$G = P \cdot \tau, \text{ kg}$$

Bitta zagotovkaning og'irligi:

$$g = p \cdot V, \text{ kg}$$

Bu yerda:

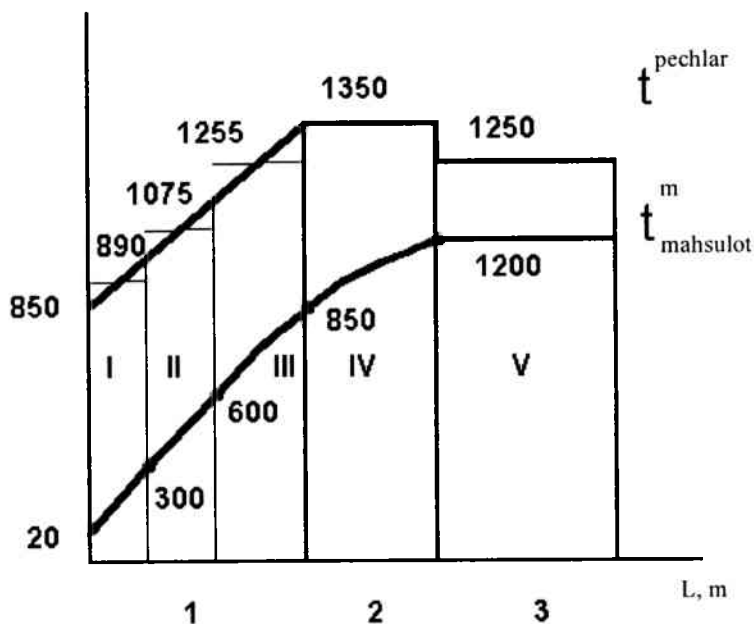
$$\rho = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - \text{po'latning zichligi } 50 / 10 /;$$

$$V = 0.2 \cdot 0.2 \cdot 4 = 0.16 \text{ m}^3 - \text{zagotovkaning hajmi.}$$

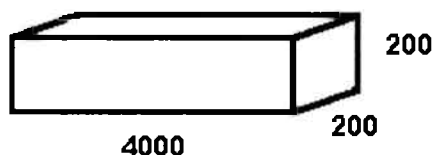
$$g = 7800 \cdot 0.16 \approx 1248 \text{ kg}$$

Temperaturaviy grafigini tanlaymiz (1-rasm).

$t, ^\circ\text{C}$



1-rasm. Qizdirishning temperaturaviy grafigi.
 I, II, III uchastkalar — metodik zona $20-850^\circ\text{C}$
 IV uchastka — pishirish zonasi $850-1200^\circ\text{C}$
 V uchastka — tutib turish zonasi — 1200°C

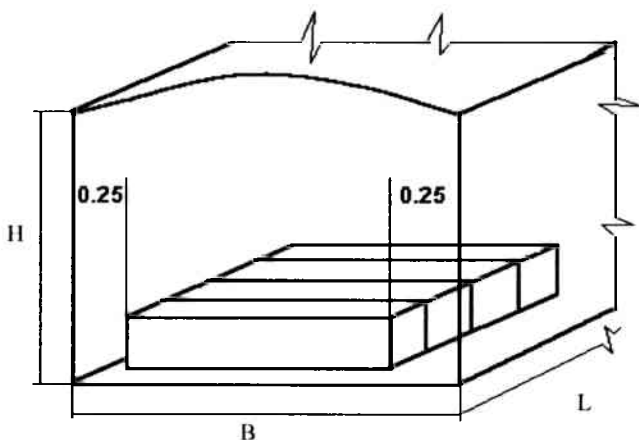


2-rasm. Detal eskizi.

Pechdagi zagotovkalar sonini aniqlaymiz:

$$h = \frac{G}{g} = \frac{85000}{1248} = 68 \text{ dona.}$$

Shunday qilib, pechi eni $B=4+2 \cdot 0.25=4.5 \text{ m}$ (zagotovkaning eni plyus 0.25 m devorgacha bo'lgan ikkilangan zazor (oraliq)). Metodik zonaning balandligini – $h_m=1.5 \text{ m}$ deb qabul qilamiz, pishirish zonasining balandligi – $h_{s.v.}=2.2 \text{ m}$, tutib turish zona-siniki esa – $h_m=1.3 \text{ m}$ (3-rasm).



3-rasm. Zagotovkalarni pechda joylashish chizmasi.

Devor yuzasining rivojlanganligini aniqlaymiz $w = F_v / F_t$,

Bu yerda:

F_{kl} – devorning issiqlik tarqatuvchi yuza maydoni, m^2 ;
 F_m – metalning issiqlik qabul qiluvchi yuza maydoni, m^2 .

$$F_{kl} = 2 \cdot H \cdot L_m + B \cdot L_m$$

Ikkita yonbosh devor va pech qubbasi, taglik metall bilan berkitilgan, shuning uchun nurlanish jarayonida qatnashmaydi.

$$F_m = B \cdot L_M$$

Metalning asosiy issiqlik qabul qiluvchi yuzasi (yonbosh sirti-ni inobatga olmaymiz).

$$F_{kl} = 2 \cdot 1.5 \cdot L_M + 4 \cdot L_M = L_M (2 \cdot 1.5 + 4) = 7 L_M$$

$$F_M = 4 L_M$$

$$w_M = \frac{7 L_M}{4 L_M} = 1.87 ;$$

$$w_{SV} = \frac{(2 \cdot 2.2 + 4.5) L_{SV}}{4 L_{SV}} = 2.23 ;$$

$$w_T = \frac{(2 \cdot 1.3 + 4.5) L_T}{4 L_T} = 1.78$$

Samarali gaz qatlamining har bir pech zonasini quyidagi ifoda bilan aniqlaymiz:

$$S_{EF} = \eta \frac{4V}{F}, m$$

Bu yerda:

V – zonaning hajmi, m^3 ;

F – zonaning qubbasi, devorlarining umumiy maydoni, m^2 ;

η – to'g'rilovchi koeffitsient, 0,9 teng.

Metodik zona uchun:

$$S_{EF}^{MET} = \frac{4(1.5 \cdot 4.5) L_M}{(2 \cdot 1.5 + 2 \cdot 4.5) L_M} \cdot 0.9 = 2.21''$$

$$V = B \cdot h_M \cdot L_M = 4.5 \cdot 1.5 \cdot L_M ;$$

$$F = 2 \cdot h_M \cdot L_M + 2 \cdot B \cdot L_M = (2 \cdot h_M + 2 \cdot B) L_M.$$

Analogik ravishda

$$S_{EF}^{SV} = 0.9 \frac{(4 \cdot 2.2 \cdot 4.5) L_{SV}}{(2 \cdot 2.2 + 2 \cdot 4.5) L_{SV}} = 2.65m$$

$$S_{EF}^{TOM} = 0.9 \frac{(4 \cdot 1.3 \cdot 4.5) L_T}{(2 \cdot 1.3 + 2 \cdot 4.5) L_T} = 1.81m$$

1. Metodik zonaning 1-uchastkasidagi qizdirish vaqtini aniqlash:

Gazlarning qoralik darajasini aniqlaymiz ε_G $t_G^{or} = 890^\circ C$:

$$T_G = 890 + 273 = 1163^\circ K.$$

Gazlarning bu temperaturadagi parsial bosimi :

$$P_{CO_2} = 0.146am = 14,3 kH/m^2$$

$$P_{H_2O} = 0.138am = 13,5 kH/m^2$$

$$(1 kH/m^2 = 0,01am)$$

$$S_{EF} \cdot P_{CO_2} = 2.2 \cdot 14.3 = 31,46 kH/m ; S_{EF} \cdot P_{H_2O} = 2.2 \cdot 13.5 = 27.9 kH/m$$

Nomogrammalardan / 5 / $\varepsilon_{CO_2} = 0,15$; $\varepsilon_{H_2O} = 0,19$ topamiz.

$$\varepsilon_G = \varepsilon_{CO_2} + \varepsilon'_{H_2O} \cdot \beta = 0.15 + 0.19 \cdot 1.08 = 0.355$$

Bu yerda: $b = 1,08$

Metalning qoralik darajasini $\varepsilon_m = 0,8$ qabul qilamiz, gazlarning va devorning metall uchun keltirilgan koeffitsientini aniqlaymiz:

$$C_{GKM} = C_d \varepsilon \frac{w+1-\varepsilon_G}{\left[\varepsilon_M + \varepsilon_G (1-\varepsilon_M) \right] \frac{1-\varepsilon_G}{\varepsilon_G} + w} \frac{V_t}{m^2 K^4}$$

$C_0 = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ Vt/m}^2 \text{K}^4$ – Absolyut qora jismning nurlanish koeffitsienti

$$C_{GKM} = 5,7 \cdot 0,8 \frac{1,87 + 1 - 0,355}{\left[0,8 + 0,355(1 - 0,8) \right] \frac{1 - 0,355}{0,355} + 1,87} = 3,22 \frac{\text{Vt}}{m^2 K^4}$$

metodik zonaning 1-uchastkasidagi issiqlik uzatish koeffitsienti:

$$\alpha'_L = C_{TKM} \frac{\left(\frac{T_G}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_M}{100} \right)^4}{T_G - T_M} \frac{\text{Vt}}{m^2 K}$$

Bu yerda:

T_G – pech ichidagi gazning temperaturasi, $^{\circ}\text{C}$

T_M – metall temperaturasi, $^{\circ}\text{C}$

(berilgan uchastka uchun o'rtacha qiymatlar olinadi, ya'ni.

$t_G = 890^{\circ}\text{C}$, $t_M = 160^{\circ}\text{C}$)

$$\alpha'_L = 3,22 \frac{\left(\frac{1163}{100} \right)^4 - \left(\frac{433}{100} \right)^4}{1163 - 433} = 78,3 \frac{\text{Vt}}{m^2 K}$$

Biokriteriyini topamiz:

$$Bi = \alpha \cdot S / \lambda,$$

Bu yerda:

S – qizdirilayotgan metall qalinligi, m ($S = 0,1\text{m}$);

λ – issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, Vt/mK ;

$$t_M = 160^\circ\text{C}, \lambda = 48.4 \text{ Vt/mK} / 10 /$$

$$Bi = \frac{78.3 \cdot 0.1}{48.4} = 0.162 < 0.25$$

Binobarin ushbu uchastka jism termik yupqa sifatida qiziydi va qizdirish vaqti Stark formulasi bilan aniqlanadi:

$$\tau = \frac{G \cdot c}{\alpha \cdot F} \ln \frac{t_n - t_M''}{t_n - t_M'}, \text{ soat}$$

Bu yerda:

G – metall og'rligi, kg ($G = V \cdot \rho = 0.2 \cdot 0.2 \cdot 4 \cdot 7800 = 1248 \text{ kg}$);

c – issiqlik sig'imi, $\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$, ushbu po'lat markasi uchun $c = 0.524 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$

/ 10 /, lekin. $\alpha_L \text{ Vt/m}^2\text{K}$ bilan o'lchanadi, unda

$$C = \frac{0.524 \cdot 10^3}{3600} \text{ Vt/kg}^\circ\text{C}; (Vt = \text{Dj/s}).$$

$$\tau_M' = \frac{(0.2 \cdot 0.2 \cdot 4 \cdot 7800) \cdot 0.524 \cdot 10^3}{78.3 \cdot 2 \cdot 0.2 \cdot 4 \cdot 3600} \ln \frac{890 - 20}{890 - 300} = 0.55 \text{ soat}$$

Jism qizishi kesim bo'yicha yupqa bo'lganligi sabab, o'rtacha temperatura metodik zonaning 1-uchastkasida 300°C ga teng

2. Metodik zonaning 2-uchastkasi uchun qizdirish vaqtini aniqlash.

Pechning o'rtacha temperaturasi $-t_p = 1075^\circ\text{C}$; metalning –

$$t_M = \frac{300 + 600}{2} = 450^\circ\text{C}$$

$$S_{EF} \cdot P_{CO_2} = 31 \text{ kH/m}; S_{EF} \cdot P_{H_2O} = 29.7 \text{ kH/m}$$

$$\varepsilon_G = 0.13 + 0.165 \cdot 1.08 = 0/31$$

$$C_{GKM} = 5.7 \cdot 0.8 \frac{1.87 + 1 - 0.31}{\left[0.8 + 0.31(1 - 0.8) \right] \frac{1 - 0.31}{0.31} + 1.87} = 3.13 \text{ Vt/m}^2\text{K}^4$$

$$\alpha_L = 3.13 \frac{\left(\frac{1075+273}{100}\right)^4 - \left(\frac{450+273}{100}\right)^4}{1075-450} = 151 \text{ Vt/m}^2\text{K}$$

$$\lambda = 35 \text{ Vt/mK}; C = \frac{0.687 \cdot 10^3}{3600} \text{ Vt/kg}^0\text{C}; / 10 /$$

$$Bi = \frac{151 \cdot 0.1}{35} = 0.43 > 0.25$$

Ushbu, uchastkada jism termik massiv sifatida qiziydi.

Temperatura kriteriysini / 5 / metall sirti uchun aniqlaymiz:

$$\Theta_{pov} = \frac{t_p - t_M^k}{t_p - t_M^H},$$

$$\Theta_{pov} = \frac{1075 - 600}{1075 - 300} = 0,613$$

Nomogrammalardan Bi va Θ_p qiymatlaridan Fure, kriteriya-sini aniqlaymiz, $F_o = 1.1 / 5 /$.

Temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsienti:

$$a = \frac{\lambda}{c\rho}, \text{ m}^2/\text{s}$$

$$a = \frac{35}{0,687 \cdot 10^3 \cdot 7800} \cdot 3600 = 0,024 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\tau_M^2 = \frac{F_o S^2}{a}, \text{ s}; \tau_M^2 = \frac{1.1 \cdot 0.1^2}{0.024} = 0.505 \text{ soat}$$

Metodik zonaning 2-uchastkasida metalning o'rta kesimida-gi temperaturasini aniqlaymiz, buning uchun nomogrammadan / 5 / foydalanib $F_o = 1.1$ va $Bi = 0.43$, plastina markazining tempe-ratura kriteriyasining o'lchovsiz qiymatini aniqlaymiz.

$$\Theta_s = 0.67$$

Binobarin:

$$\Theta_s = \frac{t_p - t_s^K}{t_p - t_s^H};$$

$$t_s^K = t_p - \Theta_s(t_p - t_s^N)$$

$$t_s^K = 1075 - 0.67(1075 - 300) = 555^\circ\text{C}$$

3. Metodik zonaning 3-uchastkasi uchun qizdirish vaqtini aniqlaymiz:

$$t_p = 1255^\circ\text{C} \quad t_M^N = 600^\circ\text{C} \quad t_s^N = 555^\circ\text{C}$$

$$t_M^{SR} = \frac{850 + 600}{2} = 725^\circ\text{C} \quad t_M^K = 850^\circ\text{C}$$

Avvalgi zonadagidek analogik ravishda ushbuga ega bo'lamiz:

$$\varepsilon_G = 0.12 + 0.14 \cdot 1.08 = 0.27$$

$$C_{GKM} = 2.78 \text{ } ^\circ\text{J}/\text{m}^2\text{K}^4; \quad \alpha = 232 \text{ } ^\circ\text{J}/\text{m}^2\text{K}$$

$$t_M^{SR} = \frac{850 + 600}{2} = 725^\circ\text{C} \quad \lambda = 302 \text{ } ^\circ\text{J}/\text{m}\cdot\text{K}; \quad C = 0.637 \text{ } ^\circ\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$$

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} = \frac{30,2 \cdot 3600}{0,637 \cdot 7800 \cdot 10^3} = 0,022 \text{ } \text{m}^2/\text{g}$$

$$Bi = \frac{\alpha \cdot S}{\lambda} = \frac{232 \cdot 0.1}{30.2} = 0.77 > 0.25$$

Ushbu uchastkada jism termik massiv singari qiziydi.

$$\Theta_P^3 = \frac{1255 - 850}{1255 - 600} = 0,62; \quad F_0 = 0.7$$

$$\tau_M^3 = \frac{F_0 \cdot S^2}{a} = \frac{0.7 \cdot 0.1^2}{0.022} = 0.32 \text{ } \text{g}$$

Nomogramma va $Bi=0.77$ va $F_0=0.7$ qiymatlaridan kelib chiqib temperaturani aniqlaymiz

$$t_s^3 = t_H - \Theta_s^3 (t_H - t_s^N); t_s^3 = 1255 - 0.68(1255 - 555) = 780^\circ C$$

Pechning metodik zonasidagi metallning to'la qizish vaqti:

$$\tau_M = \tau_M^I + \tau_M^2 + \tau_M^3 = 0.55 + 0.505 + 0/32 = 1.375 \text{ soat.}$$

4. Pishirish zonasida qizdirish vaqtini aniqlaymiz:

$$P_{CO_2} = 14.3 \text{ kH/m}^2; P_{H_2O} = 13.5 \text{ kH/m}^2$$

$$S_{EF} \cdot P_{CO_2} = 2.65 \cdot 14.4 = 37.9 \text{ kH/m}^2; S_{EF} \cdot P_{H_2O} = 2.65 \cdot 13.5 = 35.7 \text{ kH/m}^2$$

$$t_p = 1350^\circ C; t_M^{SR} = \frac{1200 + 850}{2} = 1025^\circ C$$

$$(t_M^H = 850^\circ C; t_M^K = 1200^\circ C; t_s^N = 780^\circ C)$$

$$\varepsilon_G = 0.12 + 0.16 \cdot 1.07 = 0.29$$

$$C_{GKM} = 3.01 \text{ Vt/m}^2 K^4; \alpha_L = 383 \text{ Vt/m}^2 K$$

$$t_M^{SR} = \frac{1200 + 850}{2} = 1025^\circ C \text{ da}; \lambda = 26.7 \text{ Vt/m}^\circ C; C = 0.69 \text{ kDj/kg}^\circ C$$

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} = 0.018 \text{ m}^2/\text{g}; Bi = 1.06 > 0.25$$

$$\Theta_p^{SR} = \frac{1350 - 1200}{1350 - 850} = 0.3 \Rightarrow F_0 = 1.1;$$

$$\tau_{s,p} = \frac{1.1 \cdot 0.1^2}{0.018} = 0.61 \text{ g}$$

Temperatura kriteriysi plastina o'rta kesimi uchun $F_0=0.7$ va $Bi=1.06$ da $\Theta_s = 0.5$.

$$\text{Bunda } t_s^{SV} = 1350 - 0.5(1350 - 780) = 1070^\circ C$$

5. Tutib turish vaqtini aniqlaymiz:

Metallning o'rta kesimi temperaturasi farqi tutib turish boshida

$$\Delta t_H = t_p - t_s = 1200 - 107 = 130^\circ C$$

Tutib turish oxirida temperatura farqi $\Delta t_K = 50^\circ\text{C}$ bo'lishi lozim.

unda qiymat $\Theta_s = \frac{\Delta t_K}{\Delta t_H} = 0.385$ ga teng.

Fure kriteriysi $F_o = 1.2$ ($Bi = 1.06$) ga teng bo'ladi.

Metalning o'rtacha temperaturasi tutib turish zonasida ushbuga teng:

$$t_{sr} = \frac{\frac{t_p + t_s^H}{2} + \frac{t_p + t_s^K}{2}}{2} = \frac{\frac{1200 + 1070}{2} + \frac{1200 + 1150}{2}}{2} = 1155^\circ\text{C}$$

Bu temperatura uchun $\lambda = 29,5 \text{ W/m}^\circ\text{C}$; $\alpha = 0,68 \text{ kDj/kg}^\circ\text{C}$

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} = \frac{25,9 \cdot 3600}{0,68 \cdot 10^3 \cdot 7800} = 0,02 \text{ m}^2/\text{g}$$

Tutib turish vaqti:

$$\tau_T = \frac{1,2 \cdot 0,1^2}{0,02} = 0,6 \text{ soat}$$

Metalning pechda bo'lish vaqti:

$$\tau = \tau_M + \tau_e + \tau_T = 1,375 + 0,61 + 0,6 = 2,58 \text{ soat}$$

Hisoblash so'nggida metalning qizishining temperatura grafigini tuzamiz (4-rasm)

PECHNING ASOSIY O'LCAMLARINI ANIQLASH

Pechning $R = 50 \text{ t/soat}$ ishlab chiqarish quvvatini ta'minlash uchun, bir vaqtda bo'lishi kerak bo'lgan metall miqdorini aniqlaymiz:

$$G = 50 \cdot 2,58 = 129 \text{ m}$$

Bitta zagotovka og'irligi:

$$g = V \cdot \rho = 0,2 \cdot 0,2 \cdot 4 \cdot 7,8 = 1,2 \text{ m}$$

Pechi ichidagi zagotovkalar soni:

$$n = G/g = 129/1.2 = 107$$

Zagotovkalarini bir qator joylashishida pech uzunligi:

$$L = 0.2 \cdot 107 = 21.5 \text{ m};$$

pech eni: $B = 4 + 2 \cdot 0.25 = 4.5 \text{ m};$

faol taglik maydon yuzasi: $F_A = 21.5 \cdot 4 = 86 \text{ m}^2;$

gabarit taglik yuza maydoni: $F_G = 21.5 \cdot 4.5 = 97 \text{ m}^2$. Pech balandligini avvalgi hisobdagichda qoldiramiz.

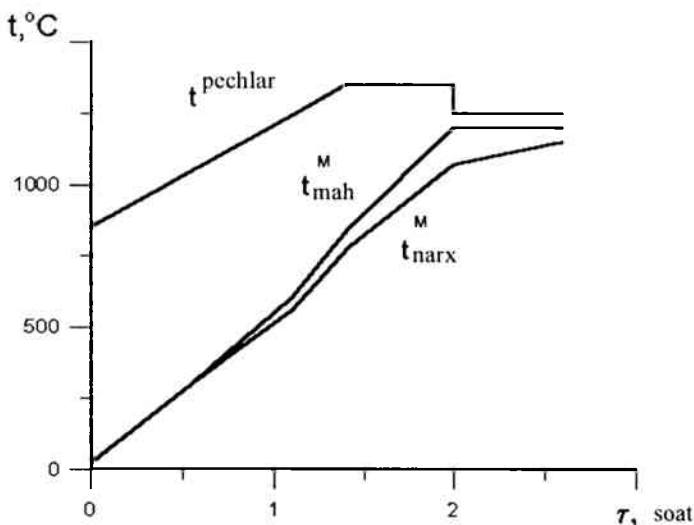
Pechning butun uzunligini zonalarga qizishiga proporsional ravishda bo'lamiz:

$$\text{metodik zona uzunligi } L_M = \frac{21.5}{2.58} \cdot 1.375 = 11.4 \text{ m};$$

$$\text{pishirish zonasi uzunligi } L_{sv} = \frac{21.5}{2.58} \cdot 0.61 = 5.1 \text{ m};$$

$$\text{tutib turish zonasi uzunligi } L_T = \frac{21.5}{2.58} \cdot 0.6 = 5 \text{ m}.$$

$$\text{gabarit taglikning yuklatilganligi } H_G = \frac{50000}{97} = 515 \text{ kg/m}^2 \text{ g}.$$



4-rasm. Qizdirishning aniqlangan grafigi.

3. PECHNING ISSIQLIK BALANSI

Issiqlik balansini hisoblashdan avval hisoblanayotgan pechning eskizini chizish, devor qalinligini ko'rsatish va uni qurish uchun olovbardosh materiallarni tanlash lozim bo'ladi.

Pechlarning qalinligi bo'yicha tavsiyalar

1-jadval

Devor elementlari	Pech ichkarisi temperaturasi °C	Olovbardosh qatlam qalinligi, mm	Issiqlik izolyatsion qatlam qalinligi, mm
Devor bandligi 1 metrgacha	1000–1200 1200 yuqori	232	232
		232	348
Devor bandligi 1–2 metrgacha	1200 gacha 1200 dan yuqori	232	232
		232–348	348
Devor bandligi 3 metrgacha	1000–1200	348	232
Kamonsimon kubbaning eni 1 metrgacha va markaziy burchagi 60°C	1200 gacha 1200 dan yuqori	116	65–230
		232	65–230
Kamonsimon kubbaning eni 3.5 metrgacha va markaziy burchagi 60°C	1200 gacha 1200 dan yuqori	232	65–230
		300	65–230
Kamonsimon kubbaning eni 5 metrgacha va markaziy burchagi 60°C	1200 gacha va yuqori	300	65–230

Pech devorlarini qurilish mustahkamligi talablari va pechning ishchi bo'shliq temperaturasi inobatga olgan holda tikla-

nadi. Qurilish mustamkamligi nuqtayi nazaridan vertikal devor balandligi va pech enini, kamonsimon kubba bilan yopilganligi, hamda uning egriligini markaziy burchagi bilan tasniflanishi kerak bo'ladi. 1-jadvalda qizdirish qurilmalari uchun tavsiyalar berilgan / 4 /.

Pechning ish sharoiti va temperaturasidan kelib chiqib devor qatlamlari turli materiallardan bo'lishi mumkin. Pechning ichkari temperaturasi 1000°C gacha bo'lsa A va B sinfi shamot g'ishtidan, yuqori temperaturalarda esa A sinfi shamotg'ishti yoki dinas g'ishtidan urilgan bo'lishi lozim.

Devorlarning issiqlik izolyatsiyasini ayrim hollarda diatomit g'ishtidan, vermikulit plitalaridan, mineral kigiz, asbest kartonidan tayyorlanishi mumkin. Pech devorlarining tayyorlanishida tashqi qobiq temperaturasini 60°C dan oshirmaslik texnika xavssizligi talablari ekanligini yodda tutish kerak.

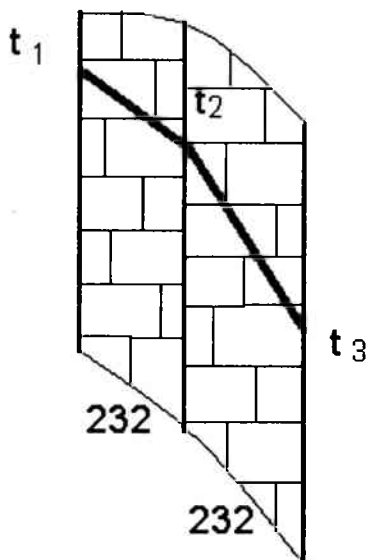
Pech devorini hisoblanishini misol tariqasida ko'rib chiqamiz:

Boshlang'ich ma'lumotlar: pech ichkarisidagi temperatura $t_v = 20^{\circ}\text{C}$, $t_p = 900^{\circ}\text{C}$ atrof-muhit temperaturasi.

/ 2 / da keltirilgan uslubda hisob ishlarini bajaramiz.

Hisoblash ikki qatlamli olovbardosh devor uchun bajariladi. Birinchi qatlam B sinfi shamotidan, qalinligi 232 mm, $\rho = 1900 \text{ kg/m}^3$, $t_{\text{rab}} = 1400^{\circ}\text{C}$, izolyatsion qatlam – diatomit g'ishtidan qalinligi 232 mm, $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$, $t_{\text{rab}} = 900^{\circ}\text{C}$ (5-rasm).

Hisoblashlarda devor qatlamlarining issiqlik o'tkazuchanligi



5-rasm. Temperaturaning qatlam bo'yicha taqsimlanishi.

koeffitsientini temperaturaga bog'liq bo'lgani uchun hisoblash qiyin masala.

Shuning uchun uni, qatlam o'rtacha temperaturasi bo'yicha hisoblaymiz, qatlam chegarasidagi temperaturani aniqlaymiz:

$$t_2 = (t_p + t_v) / 2 = 460^\circ\text{C}$$

Bu yerda:

t_p – ichki qatlam temperaturasi, $^\circ\text{C}$;

t_v – atrof-muhit temperaturasi, $^\circ\text{C}$.

$$t_2 = (900 + 20) / 2 = 460^\circ\text{C}$$

Shamot qatlamining o'rtacha temperaturasi

$$t_{sh} = (t_1 + t_2) / 2, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad t_{sh} = (900 + 460) / 2 = 680^\circ\text{C}$$

Diatomit qatlamining o'rtacha temperaturasi:

$$t_d = (t_1 + t_2) / 2, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad t_d = (460 + 20) / 2 = 240^\circ\text{C}$$

Shamot va diatomitning issiqliko'tkazuvchanlik koeffitsientini quyidagi ko'rinish orqali aniqlanadi (3-ildova):

$$\lambda_{sh} = 1.041 + 1.512 \cdot 10^{-4} \cdot t, \text{ } \text{Vt/m}^\circ\text{C};$$

$$\lambda_d = 0.1046 + 2.33 \cdot 10^{-4} \cdot t, \text{ } \text{Vt/m}^\circ\text{C};$$

$$\lambda_{sh} = 1.041 + 0.0001512 \cdot 680 = 1.144 \text{ } \text{Vt/m}^\circ\text{C};$$

$$\lambda_d = 0.1046 + 0.000233 \cdot 240 = 0.160 \text{ } \text{Vt/m}^\circ\text{C}$$

1 m² devor qatlamidan issiqliko'tkazuvchanlik orqali o'tadigan issiqlik oqimini ushbu formula bilan aniqlaymiz:

$$Q = \frac{t_{KL} - t_v}{S_{sh} / \lambda_{sh} + S_d / \lambda_d + 1/\alpha}, \text{ } \text{Vt/m}^2$$

Bu yerda:

t_{KL} – pech devori temperaturasi, $^\circ\text{C}$;

t_v – atrof-muhit temperaturasi, $^\circ\text{C}$;

$S_{sh} S_d$ – shamot va diatomit qatlami qalinligi, m;

λ_{sh}, λ_d – Shamot va diatomit issiqlik o'tkazuvchanligi koeffitsienti, $\text{Vt/m}^\circ\text{C}$;

α – devorning havoga issiqlik uzatish koeffitsienti, $19.8 \text{ Vt/m}^{\circ}\text{C}$,
 Unda, $1/\alpha = 0.052 \text{ m}^{\circ}\text{C/Vt}$

$$Q = \frac{900 - 20}{\frac{0.232}{1.144} + \frac{0.232}{0.160} + 0.052} = 516 \text{ Vt/m}^2$$

Boshqa tarafdin (1-turdagi chegaraviy shartlar uchun) Fure qonuni:

$$Q = \lambda / S (T_1 - T_2), \text{ Vt/m}^2$$

bundan

$$t_2 = t_1 - Q \frac{S}{\lambda}, \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Ushbu tenglamadan foydalanib olovbardosh va izolyatsion qatlamlar orasidagi temperaturani aniqlaymiz

$$t_2 = t_1 - Q \frac{S_{so}}{\lambda_{so}}, \text{ }^{\circ}\text{C} \quad t_2 = 900 - 516 \frac{0.232}{1.144} = 795^{\circ}\text{C}$$

Devorning tashqi temperaturasi:

$$t_3 = 795 - 516 \frac{0.232}{0.160} \approx 47^{\circ}\text{C}$$

Chegaraviy temperaturaning (795°C) diatomitning (900°C) ishchi temperaturasi doirasida ekanligi, pech qobig'i temperaturasi bundan ham past bo'lishi, olovbardosh va izolyatsion qatlam qalinqi to'g'ri tanlanganligini anglatadi.

Agar pechning tashqi temperaturasi 60°C dan baland chiqsa, hisoblarni boshqa qalinlik uchun qaytadan bajariladi.

Pechning issiqlik balansi

Issiqlik kirim va sarf qismlaridan iborat bo'lib, issiqlik miqdorini yetkazib berish uchun qancha yonilg'i (elektr energiyasi) kerakligini aniqlash zarur.

Issiqlik balansining kirim moddalari:

■ Yonilg'ining kimyoviy issiqligi (elektr pechlar uchun — qizdirish elementlarida ajraladigan issiqlik miqdori);

- Qizdirilgan havo issiqligi;
- Qizdirilgan yonilg'i issiqligi;
- ekzotermik reaksiyalar issiqligi.

Sarf qismi moddalar:

■ Foydali sarflangan issiqlik metall yoki mahsulotni qizdirish uchun issiqlik sarfi;

■ Chiqib ketayotgan gazlarning issiqlik yo'qotishi;

■ Pech devorlari orqali issiqlik o'tkazuvchanlikdan yo'qotilayotgan issiqlik miqdori;

■ moslama va transport vositalarini qizishi orqali yo'qotilayotgan issiqlik miqdori;

■ «issiqlik qisqa tutashuvlari» orqali issiqlik yo'qotishlari;

■ Sovitish suvlariga ketgan issiqlik sarfi;

■ Devorning issiqlik akkumulyatsiyasi.

Issiqlik balansining ayrim moddalarini hisoblab bo'lingandan so'ng ularni jadvalga kiritiladi keyin shartli yonilg'ining (elektroenergiya) solishtirma sarfi aniqlanib, issiqlikdan foydalanish koeffitsienti hisoblanadi, pech foydali ish koeffitsienti aniqlanadi.

Pech foydali ish koeffitsienti (η_{KPT}) quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\eta_{KPT} = \frac{Q_x - \sum Q_{Pol}}{Q_x}, \%$$

Bu yerda:

Q_x – issiqlik tashuvchining issiqligi, Vt

Q_{pol} – issiqlik yo'qotishlari, Vt

Zamonaviy pechlar F.I.K $\eta_{kpt} = 20 \div 50\%$,

elektrik pechlar uchun $\eta_{kpt} \geq 70\%$.

Pech F.I.K i. quyidagi tenglama orqali aniqlanadi

$$\eta = \frac{Q_{Pol}}{Q_x} \cdot 100, \%$$

Bu yerda:

Q_{pol} – Foydali sarflangan issiqlik – metalni qizdirish uchun sarf, Vt quvvat (issiqlik yoki elektrik) ushbu formula orqali aniqlanadi:

$$N = K \frac{Q}{\tau}, kVt / g$$

Bu yerda:

K – zaxira koeffitsienti, pech ishini jadallashtirishni, tarmoqdagi kuchlanishning tushib ketishini, issiqlik izolyatsiyasining yomonlashuvini ko'zda tutgan holda, kamerali pechlar uchun $K=1,3\div5,0$; o'tkazish pechlari uchun $K=1, 2\div1,3$.

τ – qizdirish davomiyligi soat.

Shuni e'tiborga olish kerak-ki qarshilik elektrik pechlari uchun, hisoblangan quvvat 25–50% ga oshirilgan bo'lishi lozim, shu oshirilgan quvvat bo'yicha qizdirish elementlarini ham oshirish lozim.

Qayta ishlashga keltirilgan rudalar tarkibi

Komponent	Komponent konsentratsiyasi %	Komponent konsentratsiyasi, g/1000 g H ₂ O	Umumiy xarajat, kg/ch
KCl	27,34	195 286	98 424
NaCl	68,34	488 143	246 024
MgCl ₂	0,12	857	432
CaSO ₄	2,12	15 143	7 632
n.o.	1,94	13 857	6 984
H ₂ O	0,14	1 000	504
Jami:	100,00	714 286	360 000

Eruvchi ishqorlar tarkibi

Komponent	Komponent konsentratsiyasi, %	Komponent konsentratsiyasi, g/1000 g H ₂ O
KCl	11,30	164
NaCl	18,84	274
MgCl ₂	0,58	8
CaSO ₄	0,53	8
N ₂ O	68,75	1 000
Jami:	100,00	1 455

4. YONILG'INI YONDIRISH MOSLAMALARI

(ELEKTRIK QIZDIRISH ELEMENTLARI)

Yonilg'ini yondirish moslamalari yonilg'ining kimyoviy energiyasini yonish orqali issqlik energiyasiga o'tkazish uchun mo'ljallangan. Gazsimon yonilg'ini yondirish moslamalari gorelkalar, suyuq yonilg'ini (mazut) esa forsunkalar deb nomlanadi. Gorelka va forsunkalarni hisoblash havo va gaz (mazut) gorelkalarining soplosining diametrini aniqlashga olib keladi, standart analoglaridan tanlab olinadi. Gorelkalarni ikkita variant bilan hisoblash mumkin.

1 variant.

1. Standartgorelka tanlanadi, ya'ni (d_{NG}) hisoblagan diametriga teng bo'lgan gorelka olinadi.
2. Gorelka orqali ketayotgan gaz sarfi aniqlanadi (B_G).
3. Gorelkalar soni aniqlanadi (n).

$$n = B / B_G, \text{ sht}$$

Bu yerda: B — yonilg'i sarfi, m^3/g

2 variant.

1. Gorelkalar soni beriladi (n).
2. Bitta gorelka orqali gaz sarfini aniqlanadi (B_G).
3. Bitta gorelkadan bo'ladigan sarf bo'yicha, gorelka uchining diametri aniqlanadi. (d_{NG}).

Aniqlangan d_{NG} bo'yicha gorelkaning boshqa konstruktiv o'lchamlarini ma'lumotnomalardan olinadi.

Elektrik qizdirish elementlarini hisoblash

Elektrik qarshilik qizdirish elementlari sanoatdagi qizdirish qurilmalari uchun metall va nometall materiallardan tayyorlanadi. Ishchi temperaturasi $1000^{\circ}C$ gacha qurilmalar uchun metall qizdiruvchi elementlar, yuqori temperaturali qurilmalar uchun (ishchi temperaturasi $1100^{\circ}C$ dan yuqori) keramik qizdirish elementlari, odatda kremniy karbidi SiC , sirkoniy karbidi

ZrC , gafniy karbidi HfC va metall W , Mo vakuumda ishlaganda qo'llaniladi. Qizdirish elementi materialiga talab yuqoriligining sababi olovbardoshliligi, yuqori temperaturalarda mustahkamligi, chiziqli kengayishining koeffitsientining pastligi, katta solishtirma elektr qarshiligi, faza o'zgarishlarining yo'qligi, materialning arzonligi va tayyorlanilishining soddaligi hisoblanadi. Odatda metall qizdirish elementlari sifatida «mixrom», ferritli yuqori xromli alyuminiy qo'shimchali po'latlar ($Cr \approx 25\%$) ishlatiladi.

Eng yaxshi materiallar nikel-xrom kompozitsiyalari – mixromlar, lekin ular haddan tashqari qimmat.

Elektrik qizdirish elementlarini hisoblashda, temperaturasini aniqligini oshirishda katta elektropechlarni mustaqil boshqariladigan issiqlik zonalariga ajratish lozim, zonalarining soni L pech uzunligini uning V eniga nisbati bilan yoki D diametriga nisbat bilan belgilab olish mumkin.

Eng yaxshi temperatura taqsimlanishi ushbu ko'rishga ega.

$$L_{zona} = (1.0 \div 1.5)B \text{ va } L = (1.0 \div 1.5)D$$

Quvvatning taqsimlanishi:

1) 3 zonali pechlar: $0.5 N_{Urn}$; $0.3 N_{rur}$; $0.2 N_{Urn}$;

2) 2 zonali pechlar: $(0.65 \div 0.75)N_{UT}$; $(0.25 \div 0.35)N_{UST}$

3) Shaxtali pechlarda ustki zona quvvati boshqa zonalar quvvatidan 20–40% ga ko'proq.

Har bir zonadagi elektrik qizdirish elementining quvvati 25 kVt dan oshmasligi kerak. Qizdirish elementining ishchi temperaturasi 50–200°C pech temperaturasidan yuqori bo'lishi kerak, majburiy sirkulyatsiyaga ega bo'lgan pechlar uchun bu ko'rsatkich yanada yuqori bo'lishi mumkin.

Qizdirish elementlarini hisoblashda uning diametri, uzunligi, massasi va kesimini aniqlanadi; elementlar simli va lentali bo'ladi.

simli	lentali
$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^5 \cdot P^2 \rho_l}{\pi^2 U^2 \nu}}$	$a = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^4 \cdot P^2 \rho_l}{m(m+1) U \nu}}$
$l = \sqrt{\frac{10 P U^2}{4 \pi \rho_l \nu^2}}$	$l = \sqrt{\frac{2.5 P U^2 m}{(m+1)^2 \rho_l \nu^2}}$
$g = \gamma \sqrt{\frac{0.63 \cdot 4 \rho_l \cdot P^5}{U \nu^4}}$	$g = \gamma \sqrt{\frac{0.625 \cdot m^2 \rho_l \cdot P^5}{(m+1)^4 U \nu^4}}$

1-jadval

Qotishmalarning tasniflanishi

NOMI	Qotishma markasi	Qizdirish elementining ruxsat etilgan maksimal temperaturasi °C	Solishtirma elektrik qarshiligi $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	Solishtirma og'irligi g/sm^3	Ishlab chiqariladigan tip o'lchamlari (yoki kesimi), mm
Xromonikel-qotishmalari (nixromlar)	X20H80	1100°C	1.15	8.4	sim Ø1÷10mm
	X20H80T	1150°C	1.10	8.4	yoki lenta
	X15H60	1000°C	1.10	8.4	a×b;
	XH70Ю	1200°C	1.10	8.2	a=1÷3mm,
	XH60Ю3	1150°C	1.10	8.2	b=8÷40
Xrom-aluminiy qotishmalari (fexrallar)	X27Ю5T	1300°C	1.40	7.5	sim
	X23Ю5	1300°C	1.35	7.3	Ø1÷
	X23Ю5T	1400°C	1.35	7.2	yoki lenta
	X37Ю3TЛ	1400°C	1.40	7.3	a×b; a=1÷3mm b=8÷40

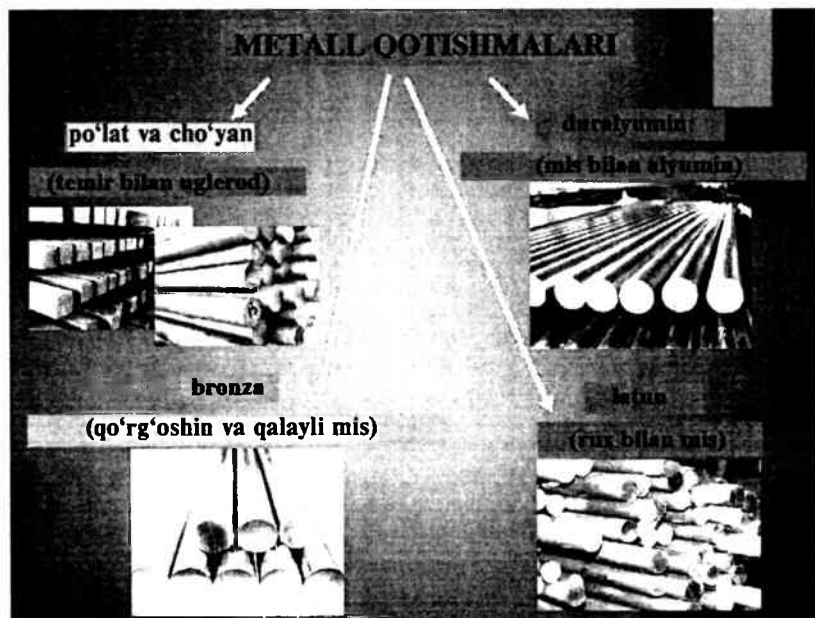
Bu yerda: d – diametr, mm; a – qalinlik, mm; l – uzunlik, m; g – massa, kg; V – qizdirish elementining sirt kuchlanganligi, Vt/sm^2 ; γ – zichligi, kg/m^3 ; R – quvvati, kVt; U – elementdagi kuchlanish, V; ρ_t – solishtirma elektr qarshilik, $Om \cdot mm^2/m$

Nixrom uchun $\rho_t = \rho_0(1 + \beta t) = (1.0 \div 1.2)(1 + 0.0001t)$;

m – lentaning tomonlari nisbati (odatda $m=10$);

Qizdirish elementining sirt kuchlanganligi V temperaturaga bog‘liq, masalan nixrom uchun p $t=600^{\circ}C$ da $V=2.6 \div 3.2 Vt/sm^2$; $t=900^{\circ}C$ da $V=1.1 \div 1.5 Vt/sm^2$; $t=1100^{\circ}C$ da $V=0.5 \div 0.7 Vt/sm^2$.

Element uzunligini l va kesimini hisoblashda konstruktiv xususiyatlari inobatga olinadi.



5. HAVONI QIZDIRUYCHI QURILMALARNI HISOBLASH

Termik pechlarning F.I.K oshirish, yonilg'i tejashda pechdan chiqib ketayotgan tutun gazlarining issiqligini rekuperatorlarda havoni qizdirish uchun hamda yonilg'i gazini qizdirib yondirish moslamasiga uzatish bilan qaytariladi. Sanoatda keramik va metall rekuperatorlar qo'llaniladi, ayniqsa metall rekuperatorlar ko'plab joriy etilgan. Rekuperatorlarni hisoblashda trubalar, seksiyalar va gaz hamda havo yurish kanallari soni aniqlanadi. Rekuperatorni hisoblash masalasini ko'rib chiqamiz / 2 /.

NAMUNA

Ikki zonali metodik pech **rekuperatorini hisoblaymiz, pech koks va domna** gazlari aralashmasida qizdiriladi, $Q^R_N=8380$ kDj/m³, yonilg'i sarfi (rekuperator ishiashida) 2160 m³/g; havoning qizish temperaturasi 300⁰C; $t^N_D=850^0$ C; $t^N_V=0^0$ C; tutun gazlarining tarkibi 15% CO₂, 15% H₂O, 70% N₂;

Yonilg'i yonishidagi havo sarf $V_{havo}=4300$ m³/s; $V_{yonil}=6050$ m³/s

Yechim:

1. Truba ustki tomonida uzunligi 880 mm ignalariga ega. Havo harakatining tezligi $v_D=6$ m/s, tutunning – $v_D=3$ m/s.

2. Rekuperatorning issiqlik balansini tuzamiz.

Tutun gazlarining issiqlik sig'imi $t=600^0$ C da

$$t^K_D=600^0\text{C}$$

$$t^N_D=850^0\text{C}$$

$$C_{N_2}=1.34 \cdot 0.7=0.938 \text{ kDj/m}^{30}\text{C}$$

$$C_{N_2}=1.37 \cdot 0.7=0.96 \text{ kDj/m}^{30}\text{C}$$

$$C_{CO_2}=2.06 \cdot 0.15=0.309 \text{ kDj/m}^{30}\text{C}$$

$$C_{CO_2}=2.17 \cdot 0.15=0.325 \text{ kDj/m}^{30}\text{C}$$

$$C_{H_2O}=1.61 \cdot 0.15=0.241 \text{ kDj/m}^{30}\text{C}$$

$$C_{H_2O}=1.67 \cdot 0.15=0.25 \text{ kDj/m}^{30}\text{C}$$

$$C_{\Sigma}=1.488 \text{ kDj/m}^{30}\text{C}$$

$$C_{\Sigma}=1.535 \text{ kDj/m}^{30}\text{C}$$

Issiqlikni atrof-muhitga tarqalishi 10%.

Issiqlik balansi tenglamasi:

$$0.9 \cdot V \cdot (C_{\Sigma} t_D^H - C_{\Sigma} t_D^K) = C_V \cdot t_V^K \cdot V_{havo};$$

$$0.9 \cdot 6050 \cdot (1.535 \cdot 850 - 1.488 \cdot t_D^K) = 1.32 \cdot 3004300 \approx 1720000 \text{ kDj/g}$$

Bundan $\Delta t_D^K \approx 660^\circ\text{C}$

3. t o'rt aniqalaymiz (gazning harakati qarama-qarshi oqim sxemasi bo'yicha).

$$\Delta t_{SR} = f \Delta t_{iptm.SemTmj} \Delta t_{SR} \text{ aniqalaymiz}$$

temperaturaning o'zgarish qonunini aniqalaymiz:

$$\Delta t_K / \Delta t_H = (850 - 300) / (660 - 0) = 0.833, \text{ u holda } \Delta t_K / \Delta t_H > 0.5$$

$$\Delta t_{SR} = \frac{(850 - 300) + (660 - 0)}{2} = 605^\circ\text{C}$$

4. /9/grafikni qo'llab K ni aniqalaymiz:

$$V_D = 3.0 \text{ m/s va } V_V = 6 \text{ m/s da } K = 36 \text{ Vt/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

5. Qiziyotgan umumiy sirt maydonini va rekuperator o'lchamlarini aniqalaymiz:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{SR}}, \text{ m}^2$$

$$F = \frac{1720000 \cdot 10^3}{36 \cdot 605 \cdot 3600} = 22 \text{ m}^2$$

uzunligi 880 mm bo'lgan trubaning shartli sirt maydoni tashqi ignalarsiz (jadvaldan aniqlanadi) 0.25 m^2 bo'ladi, unda rekuperator trubalarning soni

$$n = 22 / 0.25 = 87.5 = 88 \text{ truba}$$

Havo o'tishi uchun kerak bo'lgan kesim:

$$f_V = 4300 / 3600 \cdot 6 = 0.199 = 0.2 \text{ m}^2$$

Tutun o'tishi uchun kerak bo'lgan kesim.:

$$f_D = 6050 / 3600 \cdot 3.5 = 0.48 \text{ m}^2$$

Havo yo'lidagi trubalarning taxmimiy soni:

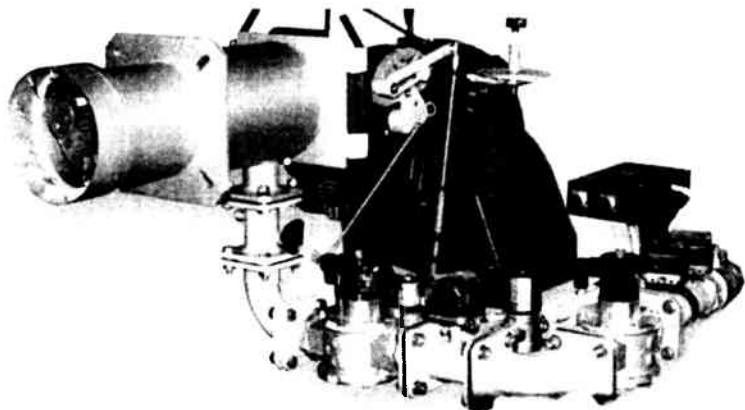
$$m = 0.2 / 0.008 = 25$$

Tutun yo'lidagi trubalar soni:

$$m=0.48/0.06=8$$

Havoning o'tishidagi kesim yuzasi 0.008 m va tutun uchun 0.060 m jadvaldan olinadi /9/. Ya'ni, 88 ta truba seksiyalardagi taqsimlanishi, havo uchun har bir seksiya uchun 25 tadan truba to'g'ri keladi.

Shunday qilib hisoblanayotgan rekuperatorda $88/25 = 3.6$ seksiya (yo'nalish kanali) har birida 25 tadan truba bo'lishi kerak. Havo 4 seksiyadan har birida 24-trubadan o'tishini qabul qilamiz. Seksiyada 24 truba 3 qatorda, 8 ta truba bo'ladi.



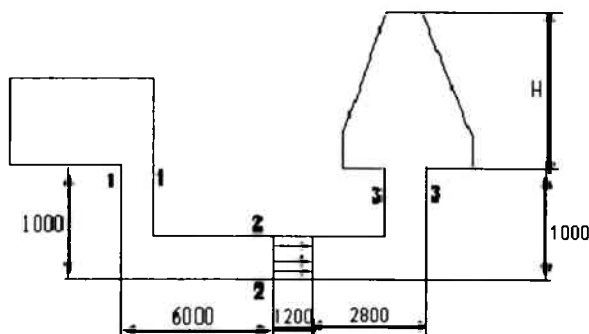
Qizidirish qurilmasi.

6. TUTUN CHIQARISH QURILMALARINING HISOBLANISHI

Tutun chiqarish tizimini hisoblashda (tutun kanallari, truba asoslari) pechdan chiqayotgan yonish mahsulotlarini chiqarish uchun kerakli darajadagi bosim, mo'ri trubasining va pech karkasi o'lchamlarini aniqlash lozim.

NAMUNA

Hisoblashlarni / 4 / berilgan usulda bajaramiz.



6-rasm. Tutun yo'li trakti.

Havo sarfi koeffitsienti va belgilangan nuqtalardagi temperatura ko'rsatkichi.

1-jadval

nuqtalar	1	2	3
α	1.2	1.3	1.6
$t, ^\circ\text{C}$	800	730	649

Ma'lum kesimlarda yonish mahsulotlari miqdori:

$$V_d = \frac{B \cdot V_\alpha}{3600}, m^3/c; \quad V_d = \frac{23.12 \cdot V_\alpha}{3600} = 0.0064 \cdot V_\alpha m^3/c;$$

Tutun kanali, truba asosining ko'ndalang kesimi yuza maydoni:

$$F_1 = 0.97 m^2; \quad F_2 = 1 m^2.$$

Tutun gazlarining belgilangan nuqtalardagi parametrlari

2-jadval

Kattaliklar	Nuqtalar			Hisoblash uchun formula
	1	2	3	
α	1.2	1.3	1.6	
$L_0, \text{ m}^3/\text{m}^3$	1.38	1.38	1.38	
$L\alpha, \text{ m}^3/\text{m}^3$	1.656	1.794	2.208	$L_{\alpha} = L_0\alpha$
$V\alpha, \text{ m}^3/\text{m}^3$	2.61	2.61	2.61	
$VD, \text{ m}^3/\text{m}^3$	0.159	0.159	0.159	$V_D = 0.0061V_{\alpha}$
$F, \text{ m}^2$	0.97	1	1	
$v_0, \text{ m/s}$	2	2.07	2.48	$v_0 = \frac{V_D}{\omega}$

Mahalliy qarshiliklarda bosim yo'qotishlari formulaga asosan hisoblanadi [4]:

$$\Delta P = \left(\lambda_{mp} \cdot \frac{L}{d_e} \right) \cdot \left(\rho_0 \cdot \frac{\omega_0^2}{2} \right) \cdot \left(1 + \frac{T}{273} \right), \frac{H}{m};$$

$$\text{kesim 1-1 } \Delta P_1 = 0,5 \cdot \frac{2^2}{2} \cdot 1,31 \cdot \left(1 + \frac{800}{273} \right) = 5,16, \frac{H}{m^2};$$

$$\text{kesim 2-2 } \Delta P_2 = 1 \cdot \frac{2,07^2}{2} \cdot 1,31 \cdot \left(1 + \frac{730}{273} \right) = 10,33 \frac{H}{m^2};$$

$$\text{kesim 3-3 } \Delta P_3 = 1 \cdot \frac{2,48^2}{2} \cdot 1,31 \cdot \left(1 + \frac{649}{273} \right) = 6,79 \frac{H}{m^2};$$

Ishqalanish yo'qotishlari:

$$\Delta P_{\gamma} = \lambda_{\gamma p} \cdot \frac{l}{d_e} \cdot \frac{\omega_0^2}{2} \cdot \rho_0 \cdot (1 + \beta \cdot t), \frac{H}{m^2};$$

vertikal kanalda:

$$\Delta P_7 = 0,05 \cdot \frac{3,5^2}{0,92} \cdot \frac{2^2}{2} \cdot 1,31 \cdot \left(1 + \frac{730}{273}\right) = 4,6 \text{ H/m}^2;$$

truba asosida:

$$\Delta P_8 = 0,05 \cdot \frac{6}{0,64} \cdot \frac{2,48^2}{2} \cdot 1,31 \cdot \left(1 + \frac{649}{273}\right) = 10,15 \text{ H/m}^2;$$

Geometrik bosimning vertikal kanalda yo'qotishlari:

$$\Delta P_9 = N \cdot g \cdot (p_a - p_g), \text{ H/m}^2$$

$$\Delta P_9 = 9,8 \cdot 2,6 \cdot \left(\frac{1,29}{1 + \frac{20}{273}} - \frac{1,31}{1 + \frac{730}{273}} \right) = 21,55 \text{ H/m}^2;$$

Rekuperator qarshiligi: $\Delta P_{10} = 30 \text{ H/m}^2$;

Tizimning jami qarshiligi:

$$\Delta P_{summ} = 4 \cdot \Sigma \Delta P_{1-6} + \Delta P_7 + \Delta P_8 + \Delta P_9 + \Delta P_{10}, \text{ H/m}^2$$

$$\Delta P_{summ} = 4 \cdot 22,72 + 10,15 + 21,55 + 50 + 4,6 = 171,18 \text{ H/m}^2$$

Mo'ri trubasini hisoblash

Pech ekspluatatsiyasi jarayonida jamlangan qarshiliklar yoki trassa bo'ylab bosim yo'qotishlari, odatda, tutun kanallarini chang bilan to'lishi oqibatida, turli yoriqlardan havo tortish yoki jadal-lashtirilgan ish tashkil etilganda sodir bo'ladi. Shuning uchun tu-tun trubalarni hisoblangandan 15–20% ko'proq zaxira bilan ish-lashi loyihalashtiriladi.

$$\Sigma \Delta P_p = 1,25 \cdot \Delta P_{summ};$$

$$\Sigma \Delta P_p = 1,25 \cdot 177,18 = 221,475 \text{ H/m}^2$$

Tutun gazlarining trubadan chiqish tezligi

$$\omega_{0chiq} = 2,0 \text{ m/s}$$

V_D = truba o'zanining diametri 0.159 bo'lganida:

$$D_u = \sqrt{\frac{0,159}{0,785 \cdot 2,0}} = 0,318 \text{ m.}$$

Truba asosining diametri:

$$D_o = D_u \cdot 1.5 \text{ m};$$

$$D_o = 0.318 \cdot 1.5 = 0.447 \text{ m}.$$

Truba balandligini $H' = 20 \text{ m}$. deb qabul qilamiz.

Unda: tutun gazlarining temperaturasi kirishda:

$$t_u = t_k - 1.3 \cdot H', \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_u = 649 - 1.3 \cdot 20 = 623 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Trubadagi o'rtacha temperatura:

$$t_D = \frac{t_k - t_u}{2}, \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_D = \frac{649 + 623}{2} = 636 \text{ } ^\circ\text{C};$$

[4]: Formuladan trubaning haqiqiy balandligini aniqlaymiz:

$$H = \frac{\sum \Delta P_p + \zeta \cdot \frac{\omega_{oy}^2}{2} \cdot \rho_{do} \cdot (1 + \beta \cdot t_r)}{g \cdot \left(\frac{\rho_{vo}}{1 + \beta \cdot t_v} - \frac{\rho_{do}}{1 + \beta \cdot t_D} \right) - \frac{\lambda}{3 \cdot D_u} \cdot \frac{\omega_{uo}^2}{2} \cdot \rho_{uo} \cdot (1 + \beta \cdot t_D)}, \text{ m};$$

Bu yerda:

ζ – trubadan chiqib ketayotgan tutun gazlarining mahalliy qarshiligi koeffitsienti, gazlarning trubadan atmosferaga chiqishi 1,06;

λ – gazlarning truba devoriga ishqalanish koeffitsienti – 0,05;

ρ_{vo} va ρ_{do} – havo va gazlarning keltirilgan zichligi, kg/m^3 ;

Unda trubaning haqiqiy balandligi:

$$H = \frac{221.475 - 1.06 \cdot \frac{2^2}{2} \cdot 1.31 \cdot \left(1 + \frac{623}{273} \right)}{9.8 \cdot \left(\frac{1.29}{1 + \frac{20}{273}} - \frac{1.31}{1 + \frac{636}{273}} \right) - \frac{0.05}{3 \cdot 0.318} \cdot \frac{2^2}{2} \cdot 1.31 \cdot \left(1 + \frac{636}{273} \right)} = 28 \text{ m}.$$

YONUVCHI VA QIZDIRUVCHI GAZLARNING ENTALPIYALARI

$$\left(i' = C_0' \cdot t, \frac{kcal}{nm^3} \right)$$

t, C C	CO_2	SO_2	H_2S	H_2O	H_2	CO	N_2 (at- mosf.)	O_2	CH_4	C_2H_4	Quruk havo	d=1 da yon- ishmah sulotlari taqribiy ko'r- satkichlar
500	237.50	247.0	199.5	189.85	155.85	160.35	158.55	166.95	255.60	341.95	160.35	174.71
600	292.50	303.0	244.8	231.42	187.44	194.52	192.06	203.04	324.00	433.62	194.41	212.56
700	349.16	359.8	291.9	274.40	219.38	299.37	226.31	239.82	397.39	529.97	229.18	251.39
800	407.20	416.8	340.8	318.72	251.60	264.88	261.20	277.04	476.56	632.08	264.48	291.04
900	466.29	476.1	390.6	364.50	284.31	300.87	296.55	314.82	559.44	737.64	300.42	331.35
1000	526.30	534.0	442.0	411.50	317.40	337.40	332.40	352.90	644.70	847.20	336.70	372.30
1100	587.18	594.0	495.0	459.80	351.01	374.33	368.72	391.27	732.05	960.41	373.45	413.86
1200	648.84	652.8	547.2	509.28	384.96	411.60	405.36	430.08	820.56	1075.56	410.64	455.93
1300	710.97	—	—	559.78	419.51	449.15	442.52	469.04	—	—	448.11	499.64
1400	773.64	—	—	611.24	454.44	487.06	479.78	508.34	—	—	485.80	541.41
1500	836.70	—	—	663.75	489.90	525.15	517.35	547.95	—	—	523.80	584.69

1600	900.16	—	—	716.96	525.60	563.52	555.20	587.68	—	—	562.08	628.30
1700	964.07	—	—	771.29	561.68	601.97	593.30	627.81	—	—	600.44	672.28
1800	1028.16	—	—	826.02	598.32	640.62	631.44	668.16	—	—	639.18	716.36
1900	1092.50	—	—	881.41	635.17	679.44	669.75	708.70	—	—	677.92	760.67
2000	1157.00	—	—	937.60	672.40	718.40	708.20	749.60	—	—	717.00	805.20
2100	1221.78	—	—	994.35	709.80	757.47	746.97	790.44	—	—	756.00	850.05
2200	1286.56	—	—	1051.38	747.56	796.62	785.62	831.82	—	—	795.30	894.85
2300	1351.48	—	—	1109.06	785.68	835.82	824.55	873.31	—	—	834.67	939.04
2400	1416.48	—	—	1167.36	823.92	875.28	863.52	915.12	—	—	874.32	985.15
2500	1481.50	—	—	1225.75	862.75	914.75	902.50	957.00	—	—	913.75	1030.37

**OLOVBARDOSH VA ISSIQLIKIZOLYATSION
MATERIALLARNING ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK
KOEFFITSIENTI**

Materiallar	zichligi ρ , kg/m^3	Qo'llamishining chegaraviy temperaturasi t , $^{\circ}\text{C}$	Issiqlik o'tka- zuvchanlik koefit- sienti λ , $\text{Bt/m}^{\circ}\text{C}$
Shamot	1900–2150	1350–1400	$1.041+1.512 \cdot 10^{-4}$
Dinas	1900–2100	1700	$1.581+3.84 \cdot 10^{-4}$
Magnezit	2600–2800	1650–1700	$7.21-4.19 \cdot 10^{-3}$
Yengil shamot	1300	1300	$0.5+1.63 \cdot 10^{-4}$
Penoshamot	600	1300	$0.1046+1.45 \cdot 10^{-4}$
Shamot ultra yengil	300	1100	$0.0582+1.745 \cdot 10^{-4}$
Diatomit	500	900	$0.1046+2.33 \cdot 10^{-4}$
Penodiatomit	400	900	$0.0778+3.14 \cdot 10^{-4}$
Vermikulit plita- lari	350–400	700	$0.0814+1.51 \cdot 10^{-4}$

XULOSA

Qizdirish qurilmalari fanidan kurs ishini bajarish talabalarning qizdirish qurilmalarining hisoblash orqali qizdirishdagi energiya va massaning qizdirilayotgan jismga o'tishining nazariy asoslarini singdirishda – energiyaning turlari va ularning birini ikkinchisiga o'tishidagi yuz berayotgan jarayonlarning borishi haqida tushunchalarni amaliy hisoblashlar bilan birga hisoblash malakalarini egallashlariga yordam beradi.

Metalga issiqlik o'tishida issiqlik uzatilishining, issiqlik o'tkazuvchanlik, konveksiya va nurlanish oqimlaridan foydalanish va ularning qizdirish jarayonidagi roli va o'rnini o'rganib, kelgusida loyihalashlarda qizdirish qurilma turlarini, ularning vaqt va temperatura rejimlarini tanlashda zarur bo'lgan malakaviy bilimlarni mustahkamlab oladilar. «Qizdirish qurilmalari» fani bo'yicha kurs ishi bajarilishida talabalar sanoatda qo'llanayotgan metallurgiya va termik pechlar haqida amaliy tasavvurga ega bo'ladilar.

FOYDALANILADIGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Кривандин В.А. Metallургическая теплотехника. — Т. 1. Теоретические основы. — М.: Metallургия, 1986. — 424 с.
2. Кривандин В.А. Metallургическая теплотехника. — Т. 2. Конструкции и работа печей. — М.: Metallургия, 1986. — 592 с.
3. Миткалинный В.И., Кривандин В.А. Metallургические печи. Атлас. — М.: Metallургия, 1987. — 384 с.
4. Глинков М.А. Metallургические печи. — М.: Metallургия, 1978. — 482 с.
5. Алтгаузен А. П. Электротермическое оборудование. — М.: Энергия, 1980. — 488 с.
6. Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М. и др. Теплотехника. — М.: Высшая школа, 2002. — 671 с.
7. Тебеньков Б.П. Рекуператоры для промышленных печей. — М.: Metallургия, 1985. — 404 с.
8. Либенсон Г.А., Панов В.С. Оборудование цехов порошковой metallургии. — М.: Metallургия, 1983. — С. 6—27, 192—228.
9. Телегин А.С. Теплотехнические расчёты metallургических печей. — М.: Metallургия, 1987. — 528 с.

Asosiy darsliklar va o'quv qo'llanmalar ro'yxati

1. Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др. Материаловедение: Учебник для вузов. Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. — 3-е изд., — М.: Из-во МГТУ Н.Э. Баумана, 2002. — 648 с.
2. Расчет нагревательных и термических печей. Справочник. Под. Ред. Тымчака В.М. и др. — М.: Metallургия, 1983 — 480 с.
3. Ю.М. Лахтин, А.Г. Рахштад. Термическая обработка в машиностроении. Справочник — М.: Машиностроение, 1982 — 496 с.

4. Соколов К.Н. Механизация и автоматизация в термических печах. — М.: Свердловск.: Машгиз 1986. — 295 с.

5. Berdiyev D.M. «Qizdirish qurilmalari» ma'ruzalar matni. — ToshDTU, 2008 y.

6. «Qizdirish qurilmalari» fanidan amaliy va laboratoriya ishlarini mustaqil bajarish uchun uslubiy qo'lanma. Berdiyev D.M., Shokirov Sh. ToshDTU, 2008-y.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. Телегина А.С. Теплотехнические расчеты металлургических печей. — М.: Металлургия. 1982. — 380 с.

2. Соколов К.Н., Коротисч И.К. Технология термических обработки металлов и проектирование термических цехов. Учебник для вузов. — М.: Металлургия. 1988. — 384 с.

3. Кривандин В.А., Марков Б.А. Металлургические печи. — М.: Металлургия, 1967, — 604 с.

Elektron resurslar

1. [www. Ziyonet.uz](http://www.Ziyonet.uz)

2. www. Referat.uz

MUNDARIJA

KIRISH	3
I-bob. YONILG'I VA UNING YONISHI	4
1.1. Yonilg'ining turlari va tarkibi	4
1.2. Suyuq yonilg'ining tasniflanishi	7
1.3. Gazsimon yonilg'i	8
1.4. Yonilg'ining yonishini hisoblash	10
1.4.1. Yonilg'ini yonishi uchun havo sarfi	12
1.4.2. Yonish mahsulotlarining tarkibi va miqdori	16
1.4.3. Yonilg'ining yonish issiqligi	18
1.4.4. Yonilg'ining yonish temperaturasini hisoblash	19
2-bob. PECH GAZLARINING MEXANIKASI	21
2.1. Gazlar holatining asosiy qonunlari	21
2.2. Bernulli tenglamasi	23
2.3. Bosimlarni o'lchash	27
2.4. Truba va kanallarda harakat energiyasini yo'qotishlari	28
2.5. Gaz harakatining kanalda past tezligi	33
2.6. Mo'ri trubasini hisoblash	36
3-bob. ISSIQLIK UZATILISHI	39
3.1. Umumiy ma'lumotlar	39
3.2. Qattiq jismlarda issiqlik o'tkazuvchanligi	41
3.3. Issiqlikni nurlanish bilan uzatilishi	57
3.4. Konvektiv issiqlik va massa almashinuvi	77
4-bob. QIZDIRISH QURILMALARI	82
4.2. Issiqlik balansi va yonilg'i sarfi	88
4.3. Elektr pechlar va qizdirish elementlarini hisoblash	91
4.4. Rekuperatorni issiqlik almashinuvchilari	95
4.5. Yonilg'ini yondirish moslamalari	104
4.6. Temperaturani o'lchash	112
5-bob. TERMIK SEX JIHOZLARI	122
5.1. Pechlarning klassifikatsiyasi	122
5.2. Kamerali va shaxtali pechlar	123
5.3. Vakuimli pechlar	146
5.4. Pech-vannalar	149

5.5. Metodik pechlar	165
--------------------------------	-----

6-bob. ISSIQLIKDAN FOYDALANISHDA EKOLOGIK MUAMMOLAR.	189
---	------------

6.1. Yonish mahsulotlarining toksik ta'siri	189
6.2. Toksik gazlarning ta'siri	192
6.3. Pech kameralarining samarasi.	194

ILOVA	196
------------------------	------------

1. YONILG'INING YONISHINI ANALITIK HISOBLANISHI	197
--	------------

1.1. Havo sarfini aniqlash	198
1.2. Yonish mahsulotlarini hajmiy chiqishini aniqlash	199
1.3. Yarimkoks gazini past issiqlik hosil qilishini aniqlash.	

2. METALLNING QIZDIRISH VAQTI VA PECH O'LCHAMLARINI HISOBLASH	210
--	------------

3. PECHNING ISSIQLIK BALANSI.	223
--	------------

4. YONILG'INI YONDIRISH MOSLAMALARI	229
--	------------

5. HAVONI QIZDIRUVCHI QURILMALARNI HISOBLASH.	233
--	------------

6. TUTUN CHIQARISH QURILMALARINING HISOBLANISHI	236
--	------------

XULOSA	244
-------------------------	------------

FOYDALANILADIGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI	245
--	------------