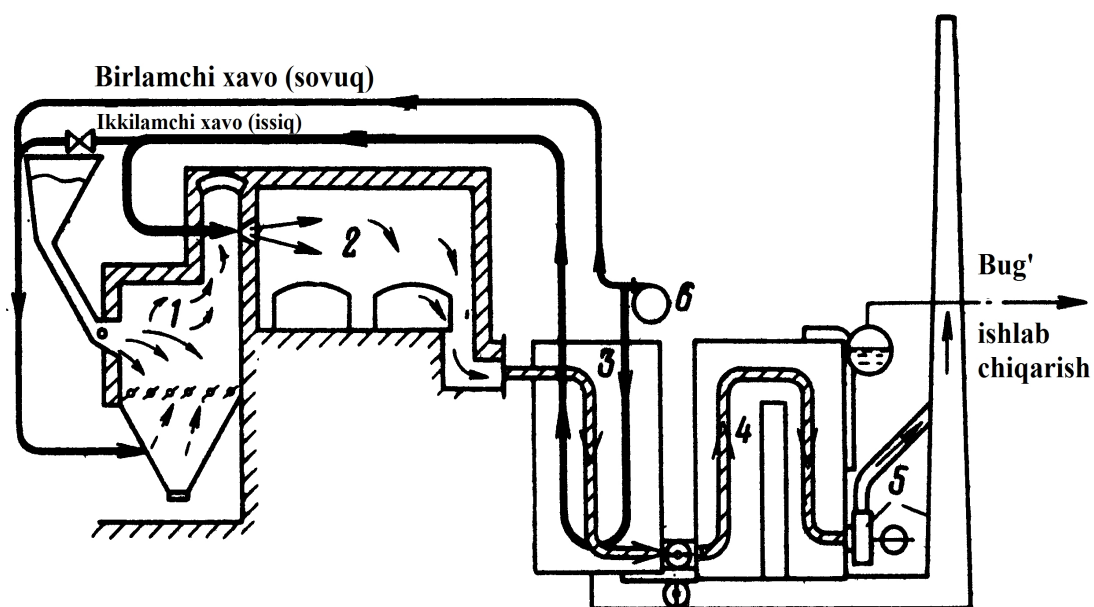


**G'.N.UZOQOV, K.S.SHAMSIEV,  
I.N.QODIROV, E.S.ABBASOV,  
T.YA.HAMRAYEV**

# **YUQORI HARORATLI JARAYONLARI VA QURILMALAR**

## **DARSLIK**



Toshkent – 2020 yil

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA**

**MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**G'.N.UZOQOV, K.S.SHAMSIEV,**

**I.N.QODIROV, E.S.ABBASOV,**

**T.YA.HAMRAYEV**

**YUQORI HARORATLI JARAYONLARI**

**VAQURILMALAR**

**DARSLIK**

**5310100 - Energetika (issiqlik energetikasi) bakalavr yo'nalishi  
talabalari uchun**

**Toshkent – 2020 yil**

UO'K:621.1.620.9

KBK 84(50') 6267

Taqrizchilar

QarDU«Kasb ta'lim» kafedrasining mudiri

dots.Af.A.Vardiyashvili

QarMII «Issiqlik energetikasi» kafedrasining

dotsenti I.Muradov

Ushbu darslik Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti ilmiy Kengashining

№ 7 "25" 02.2020 yilgi qarori bilan ma'qullangan va o'quv jarayonida foydalanishga tavsiya etilgan.

© Qarshi muxandislik iqtisodiyot instituti

## **Annotasiya**

Darslikdayuqoriharoratliqurilmalarningguruhlanishi, tuzilishivaishlash prinsipini,ularningtarkibiyqismlarivayordamchiqurilmalari, sanoatpechlarining konstruksiyasi, energetikxarakteristikalari,issiqlik almashuvi vaissiqlik hisobi keltirilgan. Yuqori haroratli jarayonlarni matematik modellash, shu jarayonlar amalga oshiriladigan qurilmalarni avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlari to‘g‘risida ham ma’lumotlar bayon qilingan.

## **Аннотация**

В учебнике приведены и рассмотрены конструкции высокотемпературных установок, принцип работы установок, их конструктивные и вспомогательные элементы, энергетические характеристики, а также тепломассообменный и тепловой расчеты. В учебнике освещены методы математического моделирования процессов в высокотемпературных установках, практикуемые системы автоматизации установок.

**Kitobxonlikni keng yoyish va yoshlarimizning  
kitobga bo'lgan muhabbatini, ularning ma'naviy  
immunitetini yanada oshirish zarur.**

***SHAVKATMIRZIYOYEV***

## **KIRISH**

Mamlakatimizda 2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishi bo'yicha Harakatlar strategiyasi asosida barcha soha va tarmoqlarda ulkan o'zgarishlar amalga oshirilmoqda.

Bu borada O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Kitob maxsulotlarini nashr etish va tarqatish tizimini rivojlantirish, kitob mutolasi va kitobxonlik madaniyatini oshirish hamda targ'ib qilish bo'yicha kompleks chora – tadbirlar dasturi" to'g'risidagi 2017 yil 13-sentyabrdagi qarorida quyidagilar keltirilgan:

-lotin yozuviga asoslangan yangi o'zbek alifbosidagi ilmiy-texnik, adabiy-badiiy va ensiklopedik adabiyotlarni yanada ko'paytirish bo'yicha aniq chora tadbirlar ishlab chiqish;

- oliy o'quv yurtlari uchun darsliklar, o'quv qo'llanmalari, o'quv – uslubiy, ilmiy nazariy manbalarni joylashtirish, bunday maxsulotlarni arzon narxlarda sotib olish mexanizmlarini yo'lga qo'yish bo'yicha takliflar tayyorlash kabi bir qancha muhim topshiriqlar belgilab berilgandir.

Demak, zamonaviy etuk bilimli, yuqori malakali kadrlarni tayyorlash, yani komil insonni shakllantirishda yaratilayotgan o'quv adabiyotlarni o'rni beqiyosdir. Shuningdek, «Yuqori haroratli jarayonlar va qurilmalar» fanini **o'qitishdan maqsad** - talabalar ishlab chiqarishdagi texnologiyani, yuqori haroratli jarayonlar va qurilmalarning guruhlanishi va qanday nomlanishini, ularning tuzilishi va ishlash prinsipini, ularning tarkibiy qismlari va yordamchi qurilmalarini, yuqori haroratli jarayonlar va qurilmalarda energiyaning bir turdan boshqa turga aylanish jarayonlarini va sanoat pechlaridagi FIK va quvvati, ularning ish rejimlari va energetik xarakteristikalarini, yuqori haroratli qurilmalarning issiqlik xisobi,

izolyatsiya materiallarini tanlash uchun ko'rsatma, pechlarning konstruksiyasi, havo so'ruvchi qurilmalar, pech qurilmalari yonish kameralari kabi ma'lumotlarni to'liq o'zlashtirishi lozimdir.

**O'quv fanini o'rganishning asosiy vazifalari:** talabalar sanoatdagi yuqori haroratli qurilmalar haqida kompleks bilim olib, olgan bilimlaridan foydalangan holda qo'yilgan talablarga javob bera oladigan sifatda pech detallarini yig'a bilishi, ularning ichida kechadigan issiqlik jarayonlarni, marten pechlari, domna pechlari, qoplama devorlar orqali yo'qotishlar to'g'risidagi bilimlarni to'la o'zlashtira olishlari lozim.

Ushbu darslikda berilayotgan ma'lumotlar Respublikamizda ta'lim olayotgan talabalarning yetuk va malakali kadrlar bo'lib yetishishlariga hizmat qilib, ularda fan bo'yicha amaliy va nazariy ko'nikma larni hosil qilishda yordam beradi, hamda ulardan kelajakda unumli foydalanishlarida asos bo'lib xizmat qilishiga munosib hissa qo'shishi sho'bhasizdir.

**Ushbu kitob hurmatli ustozimiz  
dots. A.U. ALIMBOEVning yorqin  
xotirasiga bag'ishlanadi**

## **I-BOB. YUQORI HARORATLI JARAYON HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHA**

### **1.1.Sanoat pechlari haqida tushunchalar**

**Tayanch iboralar:***sanoat pechlari, elektrik pechlar ,buyumlarga issiqlik bilan ishlov berish, materialni qizdirish va eritish, g'isht va chinnini buyumlarni pishirish, bog'lovchi materiallar.*

Yuqori haroratli jarayonlar: metall, mashinaqismlari, kimyomahsulotlari, qurilish va boshqa materiallar korxonasining asosi hisoblanadi. Bu jarayonlar **sanoat pechlarida** oxirigi mahsulot olish yoki kerakligicha ishlov berish amalga oshiriladi.

Bu jarayon yuqori haroratlarda: masalan, marten pechida po'latni yoritish uchun 1800-2000<sup>0</sup>C, temirchilik pechlarida po'latniqizdirish uchun1300-1500<sup>0</sup>C; o'tga chidamli materiallarni pishirish uchun esa 1500-1800<sup>0</sup>Cva yana yuqori harorat hosil qilish uchun **elektrik pechlar** ishlatiladi.

Ma'lum texnologik jarayonni bajarish uchun, pechlar murakkab issiqlik energetika agregatlaridan tashkil topib, ulardako'p miqdorda yoqilg'i iste'mol qilinadi.

Yoqilg'i iste'mol qilinishi umumiy yoqilg'ining 60% tashkil qiladi, shuning uchun pechlarda yoqilg'idan to'g'ri foydalanish xalq ho'jaligi uchun asosiy masala hisoblanadi.

Ma'lumki, bir necha zavodlar eritish jarayonini intensivlash, korxonani yaxshi tashkil etish va issiqlik yo'qolishidan foydalanish hisobiga foydali ish koeffitsentini 40-50% oshiradi. Sanoat pechlaridan chiqayotgan gazlardan yuqori haroratli issiq havo olish, kombinatsiyalashgan energotexnologiyani qo'llash,

yoqilg'idan to'g'ri foydalanish hisobiga nisbiy yoqilg'ini sarfini pasaytirish, yuqori foydali ish koeffitsenti beradigan pechlar kurish imkoniyatiga ega.

Yuqori haroratli texnologik jarayonlar asosida metallarni va jismlarni issiqlik bilan ishlov berish yotadi.

Metallarni qizdirish va eritish, qurilish va o'tga chidamli g'ishtlarni pishirish, farfor va keramik jismlarni pishirish, farfor va keramik jismlarni pishirish, oyna olish, yoqilg'ini termik ishlov berish va boshqalar. Bu jarayonlar sanoat pechlarida amalga oshirilib, ularda material va buyumlarga yuqori haroratli sharoitda keying ishlovlar berish yoki tayyor mahsulot sifatida chiqarish uchun zarur bo'lgan xossalalar beriladi. Masalan, qizdirish pechlarida ishlov berilgandan keyin yarim mahsulotlar chig'irib yoyish va bolg'alash uchun zarur bo'lgan cho'zuvchanlik va oquvchanlikka ega bo'ladi. Chuyan quyish va grankalarida chuyan qattiq holatdan suyuq holatga o'tadi va bu holatda quymaqolip bo'shliqlarini yaxshi to'ldiradi. Ba'zi termik pechlarda po'lat buyumlar qizdiriladi, undan keyin esa, oldindan belgilangan tartibda sovitiladi, buning natijasida ma'lum mexanik xossalarga ega bo'lishga erishiladi (yumshatish, bo'shatish, normallashtirish, toblash). Po'lat buyumlarga kimyoviy-termik ishlov beriladigan pechlarda metal yuzasini karbon yoki azot bilan to'yinishi (tegishli: sementlash va azotlash)ni osonlashtirish uchun ular qizdiriladi va hokazo. Pechlarda qator murakkab jarayonlar sodir bo'ladi—gazga aylanish va yoqilg'ining yonishi, ishchi bo'shliqda tutun gazlarining harakatlanishi, ishlov berilayotgan materialga alanga va tutun gazlaridan issiqlikning uzatilishi, issiqlikning buyum yuzasidan ichkari qatlamlariga o'tishi va hokazo. Bu jarayonlarning barchasi o'zaro bog'langan. Ular ichida **eng muhimlari issiqlik uzatish jarayonlari** hisoblanadi.

**1822 yili Fransuz olimi Fure** qattiq jismlar ichida issiqlikning tarqalish nazariyasini bayon qildi va "Issiqlikning analitik nazariyasi" nomli asarida jismlar qizdirilishining xususiy hollarini echishni ko'rsatib berdi.

**1905-1909 yillarda V.E. Grum-Grjimaylo** "Pechlarning gidravlik nazariyasi" ni e'lon qildi, unda gazlarning tabiiy harakatlanishiga asoslagan pechlarni qurishning asosiy tamoyillari ishlab chiqilgan edi. I. G. Esman (1910y.)



gidravlik nazariyaning matematik asosini yaratdi. Pechlarning keng ko‘lamli issiqlik hisobi birinchi marta N.E. Skaredov tomonidan bajarildi. (1912-1915 y.). Akademik M.V.Kirpichev va uning safdoshlari (A. A. Guxman, M. A. Mixeev, G. P. Ivansov va boshqalar) tomonidan fizik jarayonlarning o‘xshashlik nazariyasi bo‘yicha bajarilgan ishlari issiqlik texnikasi fanining rivojlanishiga bebaho hissa bo‘lib qo‘shildi. Shundan keyin pechlardagi issiqlik almashinuviga oid murakkab masalalarni laboratoriya sharoitida urganish imkoniyati tug‘ildi.

Hozirgi paytda issiqlik almashinuvi, issiqlik muvozanati, gaz mexanikasi va yoqilg‘i yonishining qonun-qoidalariga asoslangan pechlar nazariyasi xalq xo‘jaligining turli sohalari uchun yuqori umumli va yuqori samarali pechlarni qurish imkonini beradi.

## **1.2.Sanoat pechlariningtasnifi**

**Tayanch iboralar:** *metallurgiya pechlari, mashinasozlik korxonasining pechlar,aylanma barabanli texnologik q‘urilmalar, elektr energiyasida ishlovchi energetik qurilmalar, sement tayyorlash pechlari ,metallurgiyada ishlatiluvchi erituvchi pechlar.*

Pechlarning turlari juda ko‘p bo‘lishiga qaramay, ularni birlashtiruvchi umumiy tomonlari mavjud. Bu umumiylik tasniflash uchun asos qilib olinadi. Masalan, pechlarni quyidagi xususiyatlar asosida sinflarga bo‘lish mumkin:

### **1. Ishlab chiqarish turi va texnologik vazifasi bo‘yicha pechlar quyidagi turlarga bo‘linadi:**

- a) Metallurgiya pechlari - domna pechlari (cho‘yan eritish), marten pechlari (po‘lat eritish), qizdirish pechlari, termik pechlar;*
- b) Mashinasozlik korxonasining pechlari - quyish vagrankalari;*
- v) Sement tayyorlash pechlari;*
- g) Silikat buyumlarni toblash (pishirish) pechlari.*

### **2. Issiqlik sxemasi, konstruktiv va ish holatlarining belgilari bo‘yicha pechlar quyidagi turlarga bo‘linadi:**

- a) Ishchi bo‘shliqning shakli bo‘yicha-kamerali, tunelli, shaxtali,aylanuvchi*

*barabanli va hokazo.*

*b) Ishlash holatlari bo'yicha - uzluksiz ishlaydigan pechlar, davriy ishlaydigan pechlar;*

*v) Mexanizatsiya darajasi bo'yicha - mexanizatsiyalanmagan va mexanizatsiyalangan pechlar.*

### **3. Energetik va aerodinamik belgilari bo'yicha quyidagi turlarga bo'linadi:**

*a) Issiqlik almashuvi usuli bo'yicha - yuqori haroratli radiatsion pechlar, past haroratli konvektiv pechlar, harakatsiz qatlamli, mavhum qaynovchi qatlamli, muallaq qatlamli pechlar;*

*b) Siklonli pechlar;*

*v) Issiqlikni regeneratsiyalash usuli bo'yicha - regenerativ va rekuperativ pechlar;*

*g) Energiya manbai bo'yicha - alangali (yoqilg'ili) va elektr pechlari;*

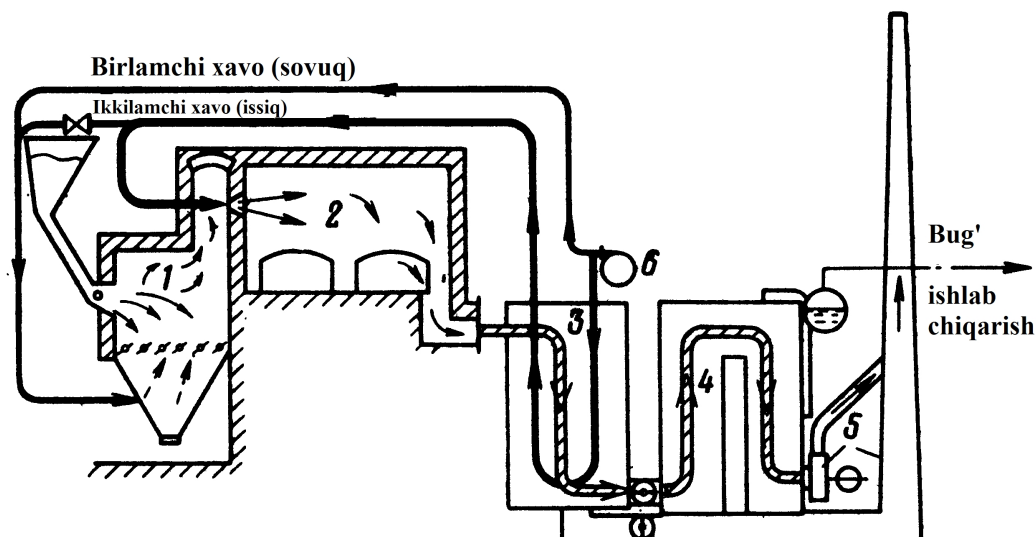
*d) Yoqilg'i turi va uni yoqish usuli bo'yicha - mazut pechlari, gaz pechlari va hokazo;*

*e) Qizdirish usuli bo'yicha - **bevosita** qizdirish pechlari (tutun gazlari buyumlar bilan to'qnashadi) va **bilvosita** qizdirish pechlari (tutun gazlari buyumlardan devor bilan ajralgan).*

Pechlarda bir vaqtning o'zida turli yonish, issiqlik almashuvi, diffuziya va gaz dinamikasi jarayonlari yuz beradi, ammo bularning ichida eng ahamiyatlisi issiqlik almashuvi bo'yicha to'g'ri tasniflash juda muhimdir.

### 1.3. Sanoat pechlarining prinsipl sxemalari

Sanoat pechlarining umumiy sxemasi 1.1-rasmda ko'rsatilgan.



1.1- rasm. Pechning umumiy sxemasi.

1- yoqish qurilmasi; 2 - ishchi bo'shliq; 3 - regenerativ qurilma; 4 - qozon utilizator; 5- tutun so'rg'ich; 6-havo haydagich.

Yoqish qurilmasida yoqilg'ining kimyoviy energiyasi fizik issiq gazga aylanadi, uning bir qismi metalga ishlov berish uchun beriladi. O'txonada har xil yoqilg'i yoqilishi mumkin: gazsimon (tabiiy gaz, kokslı, generatorlı va boshqalar), suyuq (mazut) va qattiq (tosh ko'mir, koks, antratsit, yog'och va torf).

Pechning ishchi bo'shlig'ida kerakli texnologik jarayon amalga oshiriladi: (eritish, har xil jismlarni qizdirish va boshqalar). Ishchi bo'shlig'ining ko'rinishi har-xil bo'ladi: kameralı, shaxtali, tunelli va boshqalar. Ishchi bo'shlig'ida tutun gazi to'xtovsiz harakatda bo'ladi. Gazning harakati issiqlik almashuv jarayonida katta rol o'ynaydi. Ishchi bo'shlig'ining razmeri pechning unumdorligiga va uning ishlarida issiqlik rejimiga bog'liq. Ishchi bo'shlig'ida yuqori haroratlı tutun gazini saqlash uchun pechning devorlari o'tga chidamli va issiqlik izolyasiyasi materiallardan koplanadi.

Regenerativ qurilmada pechdan ishchi bo'shlig'idan chiqayotgan tutun gazining fizik issiqligi issiqlik tashuvchiga aylanadi va yana pechning ishchi bo'shlig'iga jo'natiladi.

Pechdan chiqayotgan tutun gazini issiqligi havoni va gazsimon yoqilg'ini yoki havoni isitish yordamida regeneratsiya hosil bo'ladi.

Havo va gazsimon yoqilg'ini qizdirib berilishi yonilg'ini yonish haroratini oshiradi, bu esa pechning ishchi bo'shlig'idan haroratining oshishiga olib keladi. Masalan: marten pechida po'latni o'ritish uchun, shu pechning ishchi bo'shlig'ida alanga 1800-2000 °C haroratda bo'lish kerak, uning uchun havoni va gazni 1000-1200°C qizdirish kerak.

Havo va gazni qizdirib berish, pechning ishlash tejamligini oshiradi, ya'ni yonilg'ini nisbiy sarfini kamaytiradi va foydali ish koeffitsentini oshiradi.

Sanoat pechlarining umumiy sxemasida havoni va gazsimon yonilg'ini qizdirib beradigan qurilmaga **regenerator** va **rekuperator** deyiladi.

**Sanoat pechlarning prinsipial sxemalari va ularning tuzilishi quyidagilarga bog'liq:**

***1) Texnologik jarayonning turiga;***

***2) Materialga qizdirib ishlov berishning sifatiga qo'yiladigan talablarga;***

***3) Ishlab chiqarish ko'lamiga; foydalaniladigan energiyaning turiga va hokazo.***

Umuman olganda, yoqilg'ining (energiyaning) kichik solishtirma sarflarida yuqori solishtirma unumdorlikni ta'minlaydigan sxema shu pechning eng yaxshi texnologik sxemasi sanaladi.

Yuqori unumdorlik, birinchidan, texnologik jarayonning uzluksizligi bilan va ikkinchidan, issiqlik hamda massa almashuvining jadalligi bilan belgilanadi;

**Bularga quyidagi yo'llar bilan erishiladi:**

*1) yoqilg'ini yoqish uchun beriladigan havoni oldindan qizdirish yo'li bilan pechdagi umumiy haroratni oshirish. Bu asosan eritish pechlarida amalga oshiriladi. Masalan, po'lat, shisha va boshqa materiallar eritiladigan regenerativ pechlarda yonish uchun beriladigan havo 1000-1200°S gacha qizdiriladi, buning natijasida mazut yoki tabiiy gaz yonish alangasining harorati keskin ortadi. Agar*

*past kaloriyali domna va generator gazlaridan foydalanilsa, faqat havo emas, balki gaz ham qizdiriladi.*

*2) yoqilg'ining yuqori uyurmali oqim sharoitida yoqish (mavhum qaynovchi qatlamli pechlarda).*

*3) markazdan qochma kuch ta'siridan foydalanib havo va gaz oqimini uyurmash natijasida issiqlik va massa almashuvi jarayonlarini keskin jadallashtirish.*

*4) qizigan gazlar oqimining yuqori tezligidan foydalanish (yuqori tezlikli qizdirish pechlarida)*

*5) o'txona devorining haroratini maxsus yassi alangali yoqgichlar yordamida jadal qizdirish hisobiga oshirib, ular orqali issiqlikni buyumlarga uzatish.*

*6) domna pechlarining ishchi bo'shlig'idan bosimni oshirish.*

Yuqorida keltirilganlardan tashqari pech qurilmasi yaxshi ishlashining asosiy shartlaridan biri qizdirish jarayonining uzluksizligidir. Bunga pechning ishchi bo'shlig'ida materialning uzluksiz harakatlanishini ta'minlash natijasida erishiladi: shaxtali pechlarda gravitatsion kuchlar hisobiga; tunelli pechlarda yuklangan aravachalarni maxsus itarish moslamalari yordamida harakatlantirish; turli konveyrlarni qo'llash va hokazo.

### **Issiqlikni ishlatish qurilmasi**

Issiqlikni ishlatish qurilmasi pechdan chiqayotgan gaz issiqligini ishlatish uchun xizmat qiladi. Ko'p hollarda pechning ishchi bo'shlig'idan chiqayotgan gazning harorati, gazsimon yonilg'ini va havoni keraklicha isitish haroratdan katta bo'ladi. Bu hollarda issiq suv va bug' olish uchun qozon-utilizator o'rnatiladi, bu korxonaning texnologik maqsadi, isitish qurilmalari va ventilyasiya uchun ishlatiladi. **Qozon-utilizatorning ishlashi pechning umumiy issiqlik tejamligini bir muncha oshiradi.**

So'rish qurilmasi pechdan materialga ishlov berish natijasida hosil bo'ladigan gazsimon mahsulotlarni va tutun gazini havo chiqarish uchun xizmat qiladi. Ko'p hollarda pechning ishchi bo'shlig'idagi tutun gazi bir muncha nisbiy bosim ostida bo'ladi va uning shu bo'shliqdagi harakati so'rish qurilmasining

ta'sirsiz amalga oshadi. So'rish sun'iy yoki so'rish qurilmasi yordamida amalga oshiriladi. Haydash qurilmasi haydash ventilyatoridan tashkil topgan bo'lib, yonilg'ini yonish uchun kerak bo'ladigan havoni etkazib beradi. Mexanik jihozlar, pechning ishchi bo'shlig'idagi qizdirilayotgan jismlarni xarakatlantirishni jihatni tushirishni mexanizatsiyalash uchun xizmat qiladi. Pechni mexanizatsiyalanishi pechning unumdorligini oshishiga, ishchilarning ish kuchining minimumigacha kamayishiga va ishchilarni ish sharoitini yaxshilanishiga xizmat qiladi.

Pechda bo'ladigan jarayonlar juda murakkab bo'lganligi sababli, uning to'g'ri ishlashini amalga oshirish uchun issiqlik harorati asbobi bilan ta'minlanadi. Bundan tashqari pechda bo'ladigan jarayonlarni boshqarish uchun pech avtomatik rostdash asbobi bilan jihozlanadi.

**“Yuqori haroratli jarayonlar va qurilmalar” fanini o'rganish**

## **klaster**

**Nazorat savollar**

1. Sanoatpechlarohaqidatushunchabering.
2. Yuqoriharoratlijarayonlarqandayguruhlanadi?
3. Pechlarprinsipigako‘raqandayguruhlanadi?
4. Issiqlikjarayonixarakterigako‘rapechlarqandayguruhlanadi?
5. Sanoatpechlariningprinsipialsxemasinitushuntiribbering.

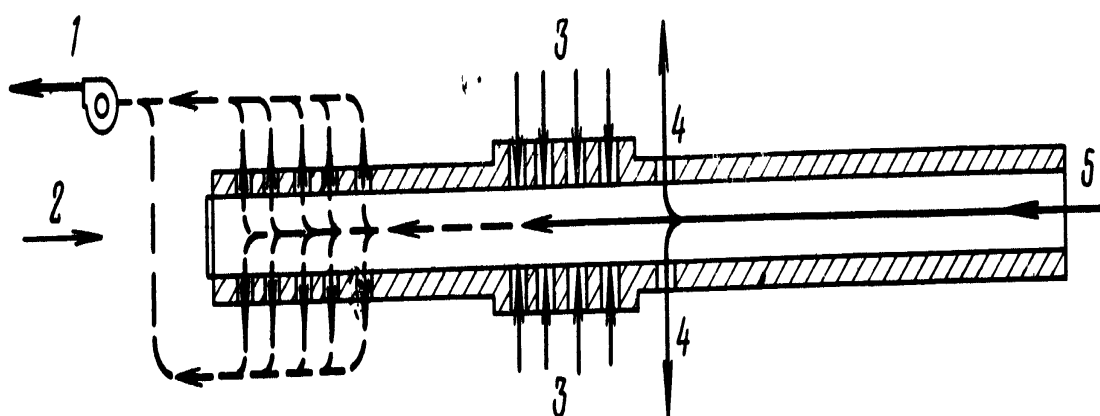
## **II - BOB. YOQILG’I BILAN ISHLAYDIGAN PECHLAR**

## 2.1. Tunelli va shaxtali pechlar

**Tayanch iboralar:** *Tunelli pech, Shaxtali pech, dolomitli g'isht, Material va yoqilg'i, Konveksiya usulida issiqlik almashinuvi, jiltan (kojuk), vaterjaketlar, Tashqi va ichki issiqlik almashinuvi.*

Turli qurilish materiallari; sement, ohak, g'isht, utga chidamli materiallar (shamot, magnezit), sopol, chinni va boshqa buyumlarni toblash (pishirish) jarayonlarida material yuqori haroratlargacha qizdiriladi, undan keyin havo bilan sovitiladi. Qizdirish va sovitish ishlari materialning turiga qarab ma'lum tartibida olib boriladi.

Tunelli pech uzluksiz ishlaydigan qurilma bo'lib, uning uchun regenerator yoki rekuperator ko'rinishidagi alohida regenerativ moslama talab qilinmaydi. Tunelli pechning sxemasi 2.1- rasmda keltirilgan.



2.1- rasm. Tunelli pechning sxemasi.

1 - yonish mahsulotlari; 2 - yuklash; 3 - yoqilg'i; 4 - ortiqcha havo; 5 - sovitish uchun beriladigan havo.

Bu pechning asosini uzun (80-120m) tunnel (yo'lak) tashkil qiladi, uning ichida ishlov beriladigan material ortilgan aravachalar harakat qiladi. Ular turtgich yordamida davriy ravishda ma'lum masofaga siljitib turiladi. Pech uzunligi bo'yicha uch bo'limdan iborat: isitish bo'limi, yuqori haroratlar bo'limi va sovitish bo'limi.

Yoqilg'i o'txonada yoqiladi; bu erga havo sovitish bo'limidan keladi, u



sovitilayotgan buyumlar issiqligi hisobiga qisman isitiladi.

Yonish mahsulotlari o'txonadan chiqib, tunnelning ishchi bo'shlig'iga o'tadi va sekin siljiyotgan buyumlar tomon harakatlanib, ularga o'z issiqligini beradi. Tutun gazlarining issiqligidan foydalanish darajasi isitish bo'limining uzunligiga va gazlardan buyumlarga issiqlik berilishining jadalligiga bog'liq.

Pechdan chiqib ketuvchi gazlarning harorati nisbatan past bo'lib, 150-250°C ga teng. Qizigan buyumlarning fizik issiqligi yonishga beriladigan havoni isitish uchun foydalaniladi. Pechning sovitish bo'limidan chiqqan havo uning o'txonasiga o'tadi va yoqilg'ini yoqish uchun ishlatiladi. Havoning qolgan qismi esa, tunnel bo'ylab harakatlanishda davom etib, yonmay qolgan tutun gazlarining to'la yonishi uchun foydalaniladi.



**Tunnelli pechning umumiy ko'rinishi**

Tunnelli pechlarning prinsipial sxemasi eng yaxshi issiqlik sxemalariga qo'yiladigan talablarning ko'pchiligiga javob beradi (toblangan buyumlarning issiqligini yuqori darajada regeneratsiya qilish, tutun gazlarini nisbatan past haroratlargacha sovitish) va ularda davriy ishlaydigan kamerali pechlarga nisbatan yoqilg'i sarfi 1,5-2,0 marta kam bo'ladi. Silikat sanoatida qo'llaniladigan halqasimon va ko'p kamerali pechlar shu tunnelli pechlar kabi prinsipda ishlaydi.

## Shaxtali pechlar

**Tayanch iboralar:***shaxtali pech, dolomitli g'isht, material va yoqilg'i, Konvektsiya usulida issiqlik almashinuvi, vaterjaketlar.*

Shaxtali pechning ishchi bo'shlig'i to'g'ri burchakli, dumaloq, chuziq doira shaklidagi kesimga ega bo'lgan shaxtadan iborat. Temir rudasidan cho'yan erituvchi vagrankalar va boshqalar **shaxtali pechlar** turkumiga kiradi.

**Isitish (issiqlikni hosil qilish) bo'yicha shaxtali pechlar quyidagi turlarga bo'linadi:**

**1).ag'darma pechlar;**

**2) tashqi o'txonali pechlar.**

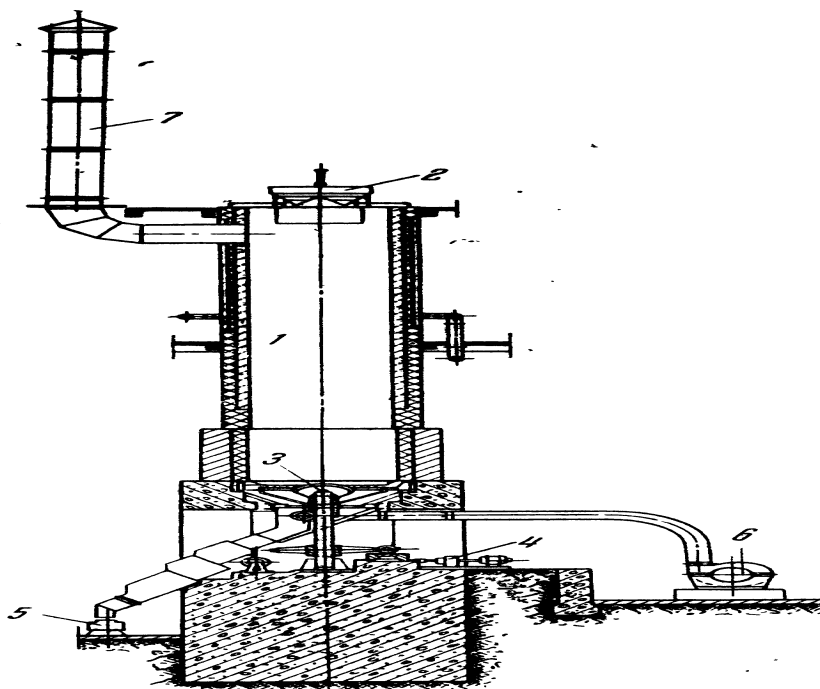
*Domna pechi* **ag'darma** pechlarga yorqin misoli bo'la oladi. Ag'darma pechlarda yoqilg'i sifatida koks (domna pechlari) yoki antratsit-boshqa shaxtali pechlarda ishlatiladi. Xom-ashyo va yoqilg'i qatlam ko'rinishida navbatma-navbat yuklanadi. Pechning kesimi bo'yicha yoqilg'i va xom-ashyoning bir tekisda taqsimlangan bo'lishi juda muhimdir.

Material va yoqilg'ini pechga yuklash uchun yagona mexanizmdan foydalaniladi. Ag'darma turdagi pechlarning ishchi bo'shlig'ida materialni isitish bilan birga yoqilg'ini gazlashtirish jarayoni ham yuz beradi. Oksidlardan birlamchi moddalarni tiklash ishlari amalga oshiriladigan pechlarda (masalan, rudadan temir tiklanadigan domna pechlarida) bu jarayon zarurdir. Domna gazi changlardan tozalangandan so'ng, qozon va pechlar uchun yoqilg'i sifatida foydalaniladi. Cho'yan eritish vagrankalari va boshqa ag'darma pechlarining gazlari juda past yonish issiqligiga ega bulib, ulardan foydalanish ancha murakkabdir.

Odatda bog'lovchi va o'tga chidamli materiallarni toblash (pishirish) uchun qo'llaniladigan pechlar **tashqi o'txonalar** bilan jihozlanadi; bunday o'txonalarda uchuvchan moddalarni ko'p miqdorda hosil qiluvchi yoqilg'ilar (torf, qo'ng'ir ko'mir va boshqalar) yoqiladi. 2.2-rasmda dolomitni toblash (pishirish) uchun ishlatiladigan shaxtali pech ko'rsatilgan. U ag'darma turdagi pech bo'lib, unda koks bilan antratsitning aralashmasi yoqiladi. Shaxta qalin temir qobig'iga ega, u ichki tomondan o'tga chidamli shamot va magnezit g'ishtlari bilan futerovka

qilingan. Material bilan yoqilg'ini maxsus yuk ko'tarish mexanizmi yordamida yuklash apparatiga va undan keyin pechning ishchi bo'shlig'iga uzatiladi.

Gazlar shaxtadan atmosferaga chiqariladi. Bo'lakli xom dolomite va yoqilg'ini bir tekis qatlamlar holida yuklanadi, bunda uch hajm xomashyo va bir hajm yoqilg'ini sarflanadi. Dolomitni toblash (pishirish) harorati  $1600-1700^{\circ}\text{C}$  ga va chiqib ketuvchi gazlarning harorati  $250-300^{\circ}\text{C}$  ga teng. Yoqilg'ining yonishi uchun zarur bo'lgan havo ventilyator yordamida pechning pastki qismida joylashgan panjara ostiga beriladi, bu erda u soviyotgan materialning issiqligi hisobiga  $350-400^{\circ}\text{C}$  gacha isiydi va undan keyin yuqori haroratli bo'limiga o'tadi.



## 2.2- rasm. Dolomitni pishirishga mo'ljallangan shaxtali pech.

1- ishchi bo'shlig'i; 2-yuklash moslamasi; 3-mahsulotni chiqarish; 4-yuritgich;  
5-transporter; 6-havoni haydash qurilmasi; 7-tutun quvuri (mo'ri).

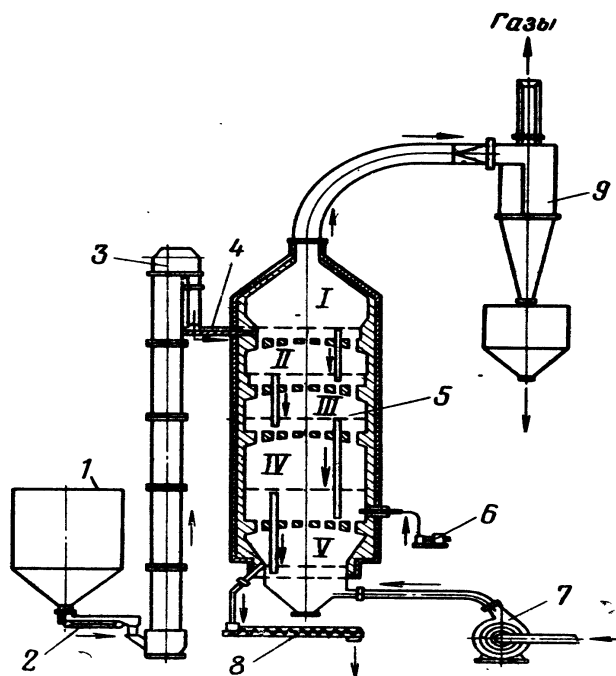
Yuqoriga yo'nalgan tutun gazlari pastga tushayotgan materialga uzining fizik issiqligini beradi. Pechning kamchiligi yoqilg'ining qisman gazga aylanishi (gazifikatsiya) natijasida hosil bo'ladigan va yonib ulgurmaydigan gazlar (asosan, karbon oksidi) bilan issiqlikning yo'qotilishidan iborat.

## 2.2.Mavhum qaynovchi qatlamli pechlar.Aylanuvchi barabanli pechlar

### Mavhum qaynovchi qatlamli pechlar

**Tayanch iboralar:** mayda donador (sochiluvchan) materiallarni, kolchedan, superfosfat, dolomitli g'isht, tushirish shneki, siklon, tayyorlash zonasi.

Mayda donador (sochiluvchan) materiallarni toblash (pishirish) uchun foydalaniladigan pechlar metallurgiyada (konsentratlarni toblash uchun); kimyo sanoatida (kolchedan, superfosfat va boshqalarni toblash uchun) qullaniladi. 2.3-rasmda maydalangan ohaktoshdan mavhum qaynovchi qatlamda  $\text{CaSO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{SO}_2$  reaksiya asosida ohak olish uchun ishlatiladigan pech kursatilgan. U balandligi bo'yicha besh qismga qubbasimon panjaralar bilan bulingan. Sovitish bulimiga berilgan havo ta'siridan va undan keyingi qismda mazutning yonishi natijasida hosil bo'lgan tutun gazlarining



**2.3 - rasm. Qaynovchi qatlamda ohakni pishirish uchun mo'ljallangan pech.**  
1- bunker (hampa); 2,4-shnek; 3-elevator; 5-pech; 6-mazut nasosi; 7-ventilyator;  
8-tushirish shneki; 9-siklon; I-III-tayyorlash zonasi; IV-kalsiylashtirish zonasi;  
V-sovitish zonasi.

Yuqoriga harakati ta'siridan har bir qubbasimon panjara ustida mavhum qaynovchi qatlam hosil bo'ladi. Bu holatga keltirilgan donador material yuqorigi qismdan pastkisiga maxsus quvurlar orqali oqib o'tadi. Jadal aralashish va oqimning yuqori darajada uyurmalanishi natijasida issiqlik almashuvi tezlashadi. Bu pechning kamchiligi material zarrachalarining ishqalanib maydalanishidan va gazlarning changlanishidan iborat. Shu sababli gazlarni tozalash uchun qushimcha mablag' talab qilinadi.

### **Aylanuvchi barabanli pechlar**

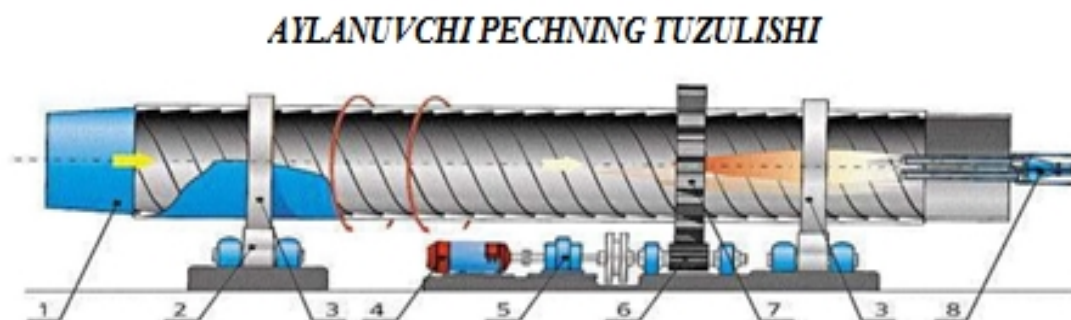
**Tayanch iboralar:** *tayanch stansiya, tayanch bandaj, dvigatel, reduktor, sement klinkeri, aylanuvchi baraban.*

Sement klinkeri (toshqoli)ni toblab pishirish uchun mo'ljallangan aylanuvchi pechning tuzilishi 2.4-rasmda keltirilgan. U ichki tomondan o'tga chidamli material bilan futerovka qilingan (qoplangan, himoya qilingan) va gorizontga nisbatan biroz qiya (taxminan 4%) joylashgan po'lat silindrdan iborat. Xom-ashyo pechning balandroq joylashgan tomonidan beriladi va u past tomonga, ya'ni tutun gazlari bilan uchrashadigan tomonga siljib boradi. Silindrning pastki uchida uzun yoqgich o'rnatilgan, unga klinkerni sovitish bo'limidan isib chiqqan havo beriladi. Sovitish bo'limi sovuq havo beriladigan qator barabanlardan iborat bo'lib, ularga pech aylanganda qizigan kliner kelib tushadi.

Pechga berilgan material o'z harakatining boshida quritish bo'limidan o'tadi. Bu bo'limda material 200<sup>0</sup>C gacha qizdiriladi, tutun gazlar esa 200<sup>0</sup>C dan 300<sup>0</sup>C gacha soviydi. Keyin material isitish bulimiga utadi, bu erda materialda kimyoviy o'zgarishlar yuz bermaydi. Yuqori haroratlar ( $t_g = 1500 \div 1200^0\text{C}$ ) bo'limida material 1000<sup>0</sup>C gacha qiziydi va unda silikatlarining yuqori darajada qurishi, karbonatlar dissotsiatsiyasi va boshqa kimyoviy reaksiyalar sodir buladi. Keyin  $t_g = 1600 \div 1700^0\text{C}$  bo'lgan sharoitda qisman erib yopishish (yaxlitlanish) yuz beradi va nihoyat, sovitish bo'limida material sovitiladi. Ishlab chiqarilgan mahsulotning yuqori sifatli va qurilmaning katta quvvatga ega bo'lishi

aylanuvchi pechlarning keng qoʻllanilishiga sabab boʻlgan.

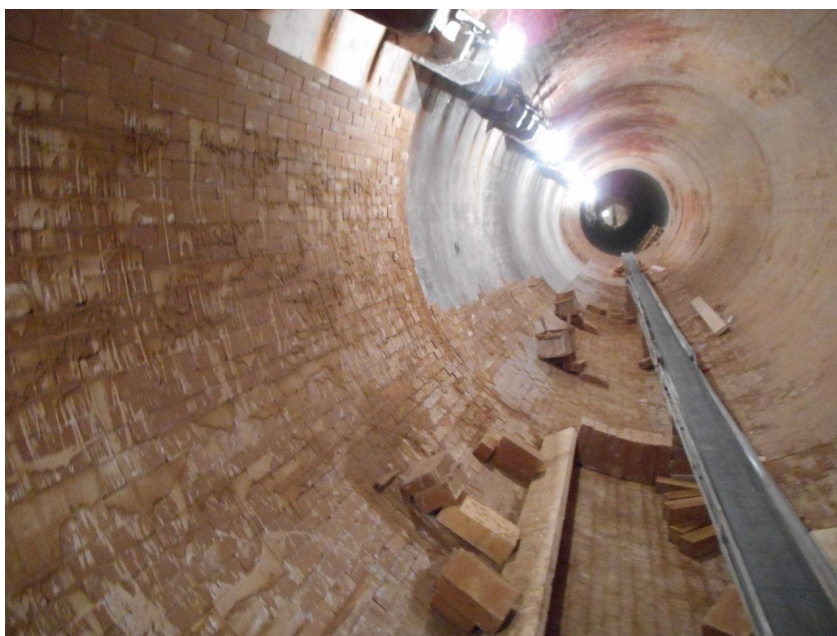
Kichik oʻlchamli va unumdorligi unchalik katta boʻlmagan aylanuvchi pechlar keramzit, gips, ohak va boshqa materiallarni pishirish uchun qoʻllaniladi.



**2.4- rasm. Aylanuvchi barabanli pechning tuzilishi.**

*1-korpus; 2-tayanch stansiya; 3-tayanch bandaj; 4-dvigatel; 5-reduktor;  
6-tishli ulama (shestrna); 7-tishli tayanch; 8-yoqish qurilmasi.*

Aylanuvchi barabanli pechning ichki qismi qoplamasi oʻtga chidamli gʻishtlardan tayyorlanadi va uning koʻrinishi 2.5-rasmda keltirilgan.



**2.5-rasm. Ichki qismi qoplamasi o'tga chidamli g'ishtlardan tayyorlangan aylanuvchi barabanli pechning ko'rinishi.**

### **2.3.Rejali (metodik) va kamerali qizdirish eritish pechlari**

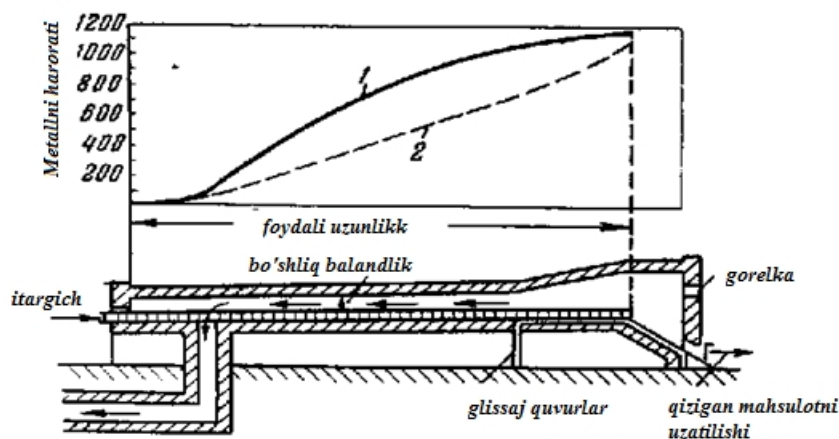
#### **Rejali (metodik)qizdirish eritish pechlari**

**Tayanch iboralar:** *metodik qizdirish, buyumlar yo'naltiruvchi tayanchlar,dolomitli g'isht, metall buyumlarni yuklash, qizdirilgan buyumlarni chiqarish.*

Metodik qizdirish pechlari qora metallurgiya zavodlarida, mashinasozlik va boshqa zavodlarda metall quymalarni va yarim mahsulotlarni chig'irlash (prokatka) hamda bolg'lash (kovka) dan oldin qizdirish uchun keng qo'llaniladi. Bunday pechlar standart buyumlarni qizdirish uchun mo'ljallangan va shuning uchun ularni uzluksiz va ko'p miqdorda mahsulot ishlab chiqarishda qo'llash qulay.2.6- rasmda metall quymalarni chig'irlab yoyishdan oldin qizdirish uchun mo'ljallangan metodik pech ko'rsatilgan. U ikki bo'limdan - yuqori haroratlar bo'limi va isitish bo'limidan iborat. Isitish bo'limida yarim mahsulot yuqori haroratlar bo'limidan chiqadigan tutun gazlarining issiqligi hisobiga isitiladi. Yonish kamerasida forsunka

yoki yoqgichlar oʻrnatiladi; isitish boʻlimi yoqish moslamalariga ega emas.

Qizdiriladigan buyumlar pechning tubi boʻyicha oʻrnatiladigan maxsus yoʻnaltiruvchi tayanchlarda harakatlanadi. Tutun gazlari qarama-qarshi yoʻnalgan boʻlib, buyumlarni bir tomondan qizdiradi.



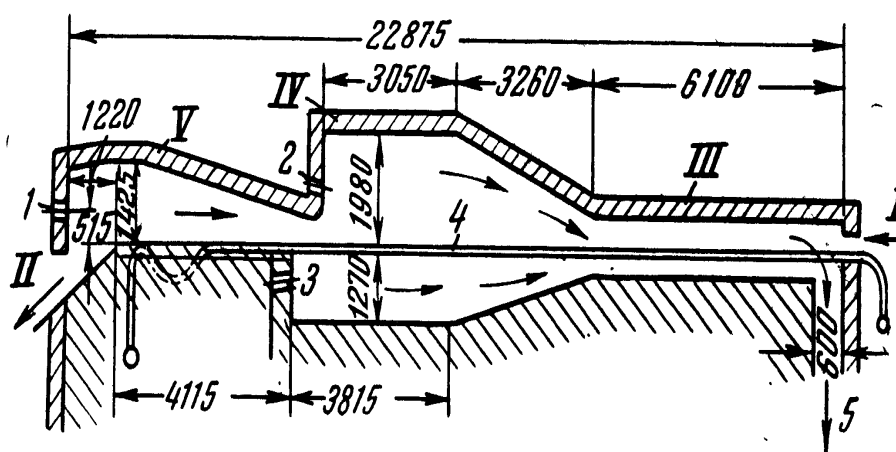
**2.6- rasm. Yupqa metall buyumlarni bir tomonlama qizdirish uchun moʻljallangan metodik pechning sxemasi.**

*1-metall yuqori yuzasining harorati; 2-metall pastki yuzasining harorati.*

Buyumlar yoʻnaltiruvchi tayanchlar ustida tutgichlar yordamida harakatlanib, pechning qarama-qarshi tomonidan 1200-1250°C gacha qizdirilgan holda chiqadi. Yirik yarim mahsulotlar (kesimi 200 mmdan ortiq) ikki tomondan qizdirilishi lozim, buning uchun tutun gazlarini buyumning ham ustidan, ham tagidan yoʻnaltiriladi.(2.6-rasm). Bu holda pastki forsunkalar ham oʻrnatiladi. Ikki yoqlama qizdirish usulini qoʻllash metallni qizdirish jarayonini keskin tezlashtiradi va xizmatchilarni buyumni agʻdarib turish vazifasidan ozod qiladi.8- rasmda koʻrsatilgan pech yuqori haroratli va isitish boʻlimlaridan tashqari buyumlarni maʼlum holatda tutib turish boʻlimiga ega. Bu boʻlimda buyumlar metal yuzasining oʻzgarmas haroratida qoʻshimcha qizdiriladi, natijada buyum ichidagi va yuzasidagi haroratlar tenglashadi. Ikki yoqlama qizdirish paytida yarim mahsulot glissaj (sirgʻanish) quvurlari deb ataluvchi va suv bilan sovutiluvchi shinalar ustida harakatlanadi; shinalar oʻz navbatida koʻndalang joylashgan quvurli konstruksiyalarga tayanadi. Hozirgi paytda bunday pechlarning metall qismlari uchun bugʻlanishli sovitish usuli ham qoʻllaniladi.



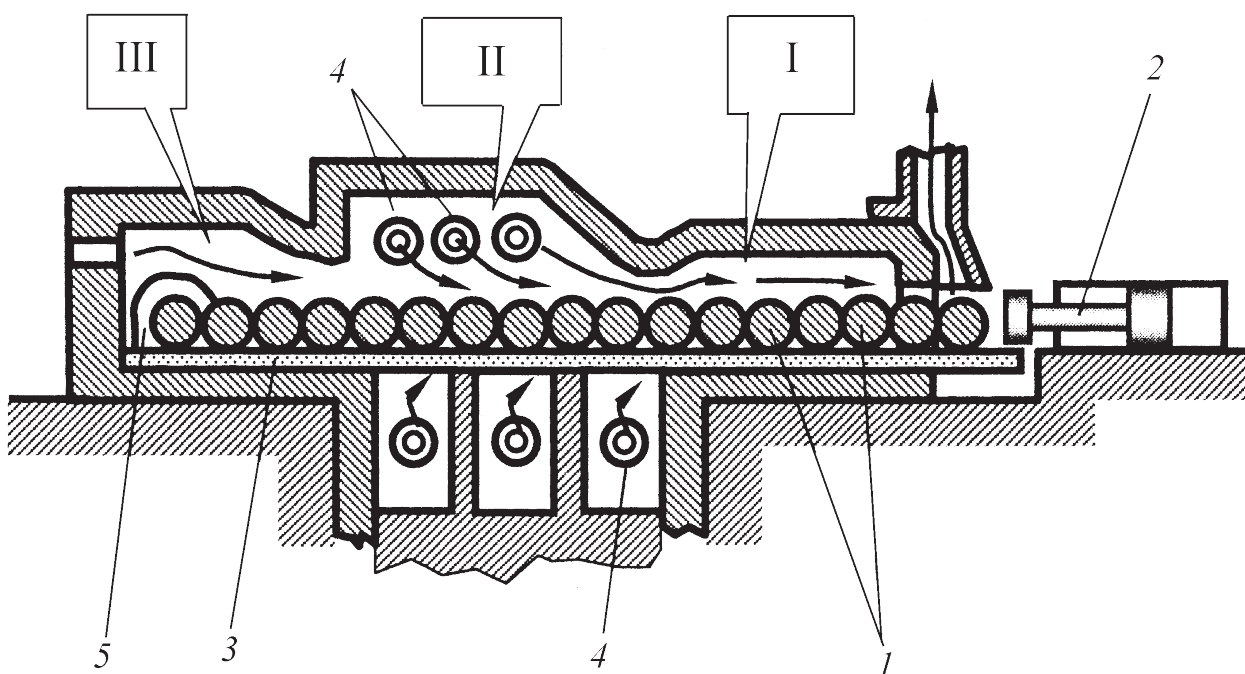
Shunday qilib, metodik pech yonish kamerasidan chiquvchi tutun gazlarining issiqligi yarim mahsulotlarni oldindan isitish uchun qoʻllaniladigan pechlarga misol boʻla oladi. Pechdagi gazlar entalpiyasining farqi katta qiymatga ega. Rekuperatorida havoni yoki gazsimon yoqilgʻini qizdirish yuli bilan tutun gazlarining boshlangʻich entalpiyasini sezilarli darajada kutarish mumkin. Pechning texnologik foydali ish koʻeffitsenti 60-65% gacha etish mumkin.



**2.6-rasm. Metall buyumlarni ikki tomondan qizdirish uchun moʻljallangan metodik pechning sxemasi.**

*1,2,3- yoqilgʻini yoqish moslamalari; 4-suv bilan sovutiladigan glissaj (sirpanish) quvurlari; 5- issiqlikdan foydalanuvchi qurilmalarga gazlarni berish; I-metall buyumlarni yuklash; II-qizdirilgan buyumlarni chiqarish; III-birlamchi qizdirish zonasi; IV-payvandlash zonasi; V-mahsulot sifatini meʼyoriga etkazish zonasi.*

Yonish kamerasidagi harorat odatda 1400-1500<sup>0</sup>C ga teng boʻladi, isitish boʻlimida esa 1300-1450<sup>0</sup>C dan to 1000-800<sup>0</sup>C gacha pasayadi. Shuningdek, materiallarni uch boʻlimli (zonali) ikki tomonlama qizdirish rejali pechining qurilmasi mavjud boʻlib, uning sxemasi 2.7-rasmda keltirilgan.



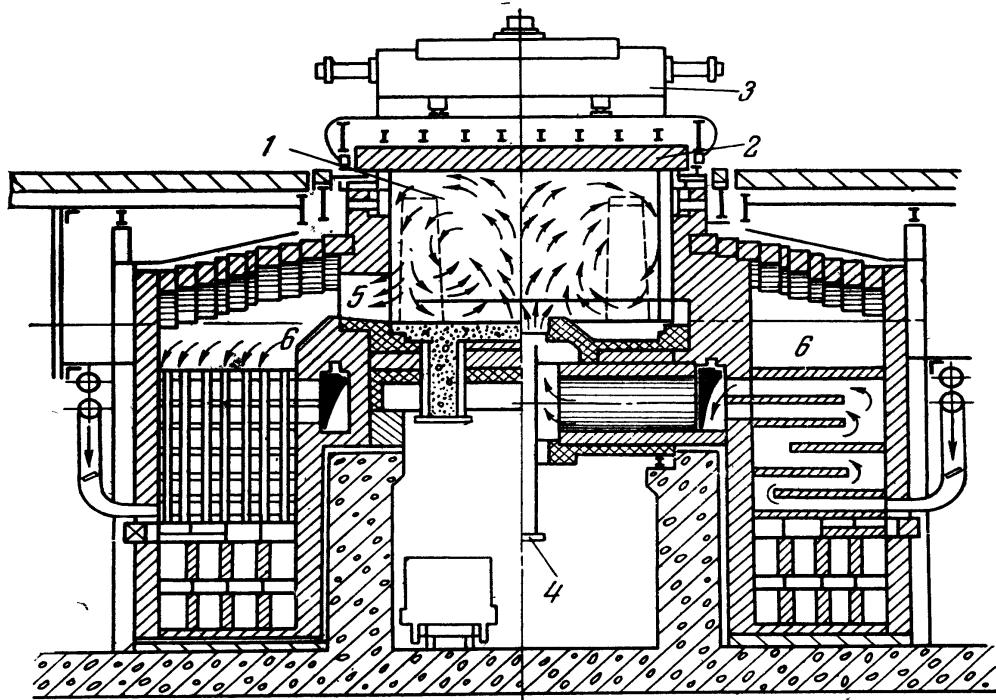
**2.7-rasm .Materiallarni uch bo'limli (zonal) ikki tomonlama qizdirish rejali pechining sxemasi.**

*1-mahsulot; 2-surgich; 3-pechning tag qismi; 4-gorelkalar; 5-qizdirilgan mahsulotlarni chiqarish oynasi.*

### **Kameraliqizdirishvaeritishpechlari**

**Tayanch iboralar:** kamerali qizdirish, ishchi kamera, qopqoq, yuk krani, gazni yoqish moslama, tutun yo'llari, sopol (keramik) rekuperatorlar.

Material yoki yarim mahsulot pech orqali uzluksiz oqim ko'inishida o'tishi mumkin bo'lmagan hollarda kamerali pechlar qo'llaniladi. Nazariy jihatdan kamerali pechlar o'z hajmi bo'yicha haroratning bir tekisda taqsimlanishi bilan harakatlanadi, shuning uchun bu pechla ryirik quymalarni qizdirish va shuningdek, eritish uchun qo'llaniladi. Bunga rekuperativ quduqsimon pechlar misol bo'la oladi (2.8- rasm).

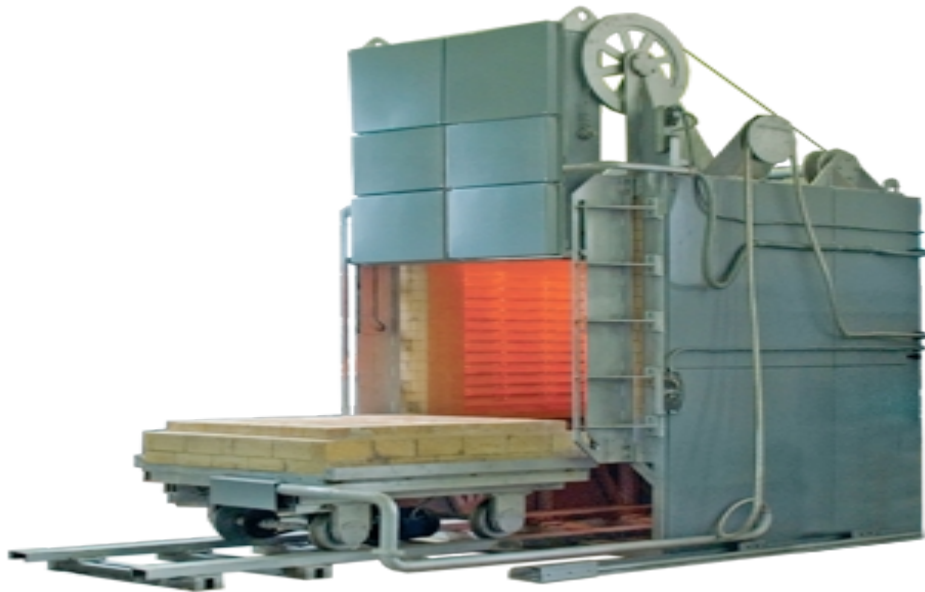


**2.8- rasm. Yoqilg'ini yoqish moslamasi markaziy qismida joylashgan rekuperativ quduqsimon pechning tuzilishi.**

*1- ishchi kamera; 2- qopqoq; 3- yuk krani; 4- gazni yoqish moslamasi; 5- tutun yo'llari; 6- sopol (keramik) rekuperatorlar.*

Bunday pechlar og'ir po'lat quymalarni chig'irlashdan oldin qizdirishga mo'ljallangan. Quymalar qisqich kranlar yordamida kameraning tubida joylashtiriladi va har tomonlama qizdiriladi. Quduqsimon pechning ishchi kamerasi 1 utga chidamli qopqoq 2 ga ega, u maxsus kran 3 yordamida ko'tarilib, chetga olinishi mumkin. Pech ishlagan paytda qopqoq qumli tusqich bilan zichlanadi. Pechning yon tomonlarida joylashgan 6-sopol rekuperatorlari 1-8 rasmda ko'rsatilgan tuzilishga ega. Yoqgich 4 ga gaz isitilmasdan beriladi, havo esa 600-800<sup>0</sup>C gacha qizdirib beriladi.

Yoqgichdan chiqadigan gaz-havo oqimi ishchi bo'shliqning butun hajmi bo'yicha gazlarning sirkulyasiyasini keltirib chiqaradi, bu esa quymalarning bir tekisda qizdirilishiga yordam beradi. Qarsilikli kamerali elektr pechlar ham mavjud bo'lib, uning umumiy ko'rinishi 2.9-rasmda keltirilgan.

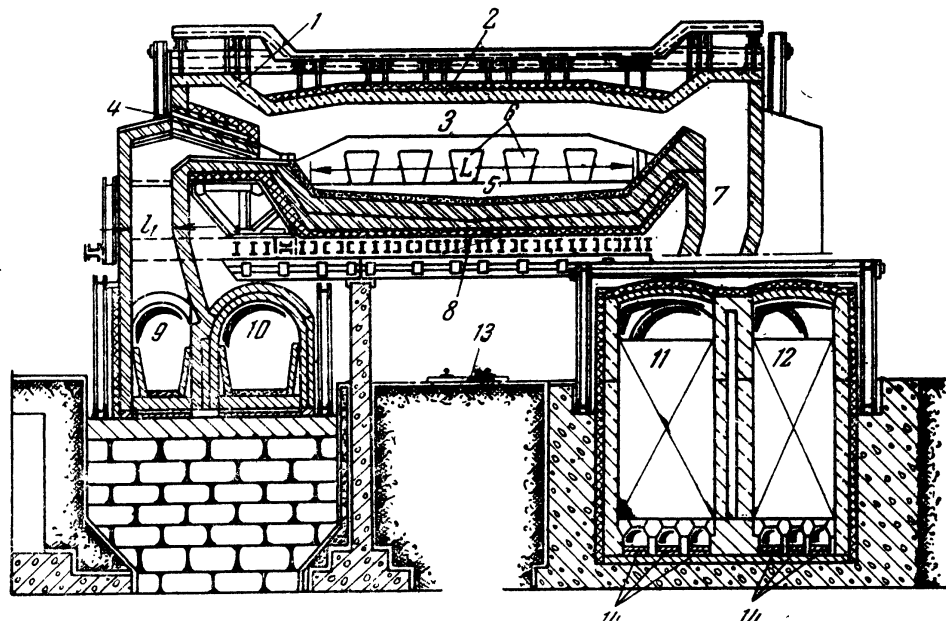


**2.9-rasm. Qarsilikli kamerali elektr pechning uning umumiy ko'rinishi.**

#### **2.4. Metall erituvch marten pechi. Yallig' pechlar**

Po'lat eritish uchun muljallangan marten pechi (2.10-rasm) kamerali eritish pechlariga misol bo'ladi. Eritiladigan shixta pechga ag'darish mashinalari yordamida yuklanadi. Eritish bo'shlig'ining shipi yuqori darajada utga chidamli: xromomagnezitli yoki dinasli g'ishtlar bilan qoplangan.

Pechning oldingi va orqa devorlari alohida shaklga ega bo'lib, u yuqori mustahkamlikni va erigan metall hamda toshqol (shlak) ni vannaga oqib tushishini ta'minlaydi.



**2.10- rasm. Koks va domna gazlarining aralashmasida ishlaydigan po‘lat eritish marten pechining sxemasi.**

*I-eritish bo‘shlig‘i; II- havo regeneratlari (bir juft); III-gaz rege-neratlari (bir juft) ; IV - pechning kallagi (2ta) ; 1-sovuq gazni regeneratorda isitish uchun berish; 2- regeneratordan isitilgan gazni pechning kallagiga berish; 3- gazlarning eritish bo‘shlig‘iga kiritilishi; 4-regeneratonga sovuq havoni berish; 5- kallakka issiq havoni berish; 6-eritish bo‘shlig‘iga issiq havoning kiritilishi; 7- havo regeneratoriga qizigan gazlarni uzatish; 8- gaz regeneratoriga qizigan tutun gazlarni uzatish; 9 - havo regeneratorda sovutilgan tutun gazlarini chiqarish ; 10 - gaz regeneratorda sovutilgan tutun gazlarini chiqarish; 11 va 12 - gazlarning yo‘nalishini o‘zgartiruvchi moslama; 13-qozon -utelizatorga tutun gazlarini uzatish.*

Bu pechlarning tag qismi vanna ko‘rinishida yasalgan, uning eng quyi nuqtasida chiqish teshigi bo‘lib, u orqali eritilgan pulat futerlangan cho‘michlarga quyiladi. Quyiladigan po‘latning harorati juda yuqori buladi ( $t_m = 1550-1650^{\circ}\text{C}$ ) va shixtaga issiqlikning jadal berilishini ta‘minlash uchun alanganing harorati undan ham yuqori ( $t_a = 1850-1900^{\circ}\text{C}$ ) bo‘lishi zarur. Uglerod va boshqa aralashmalarning oksidlanishini tezlashtirish uchun vannadagi eritmaga bosim ostida kislorod beriladi, buning natijasida eritilgan mahsulotni tayyorlash vaqti kamayadi.

Pechning shipi issiqlik nurini taratadi, u uz navbatida yonish mahsulotlari hisobiga qiziydi va nur qaytargich (reflektor) kabi eritish vannasiga issiqlik nurlarini yuboradi. Bunday paytlarda ship yuzasining harorati 1650-1680<sup>0</sup>C gacha etadi. Eritish bushlig‘idan chiqib ketayotgan tutun gazlarining harorati 1750-1850<sup>0</sup>C ga teng buladi. Pech ichidagi yuqori haroratga yonish uchun beriladigan havoni va gazsimon yoqilg‘ini faqat yuqori darajagacha qizdirish yuli bilan erishish mumkin. Odatda havo 1000-1200<sup>0</sup>C gacha, gaz esa 900 - 1000<sup>0</sup>C gacha qizdiriladi. Agar pech yuqori sifatli yoqilg‘i -mazut yoki tabiiy gazda ishlaydigan bulsa, u holda faqat havo qizdiriladi.

Havo va gaz regeneratorlarda qizdiriladi;; faqat havo qizdirilganda bir juft regenerator va havo bilan gaz qizdirilganda esa ikki juft regenerator urnatiladi. Regenerator pech ostida joylashtiriladi va eritish bushlig‘i bilan vertikal kanallar va qiya kallaklar yordamida ulanadi. Pechda gaz yoqilganda kallaklar yoqgich (gorelka) vazifasini bajaradi - ularda gaz regeneratorlaridan kelayotgan qizigan gazsimon yoqilg‘i havo regeneratorida isitilgan havo bilan aralashadi. Kallaklar yordamida alangaga ma’lum yunalish beriladi, buning natijasida alanganing yuza bag‘irlab , ya’ni bevosita vannada erigan shixtaning ustidan harakatlanishi ta’minlanadi. Ma’lumki, alanganing qoralik darajasi yuqori bulsa, uning nurlanish darajasi ham yuqori buladi. Hozirgi paytda marten pechlarida tabiiy gaz ishlatiladi, u yoqilganda alanga tarkibida qurumsimon uglerod hosil bo‘lmaydi; maxsus choralar kurilmasa, alanga shaffof bo‘uladi va o‘z nurlanish zichligining etarli qiymatini ta’minlay olmasligi mumkin:

$$E_a = C_0 \cdot 10^{-8} \cdot \epsilon_a \cdot T_a^4 ;$$

bunda  $\epsilon_a$  - alanganing qoralik darajasi ;

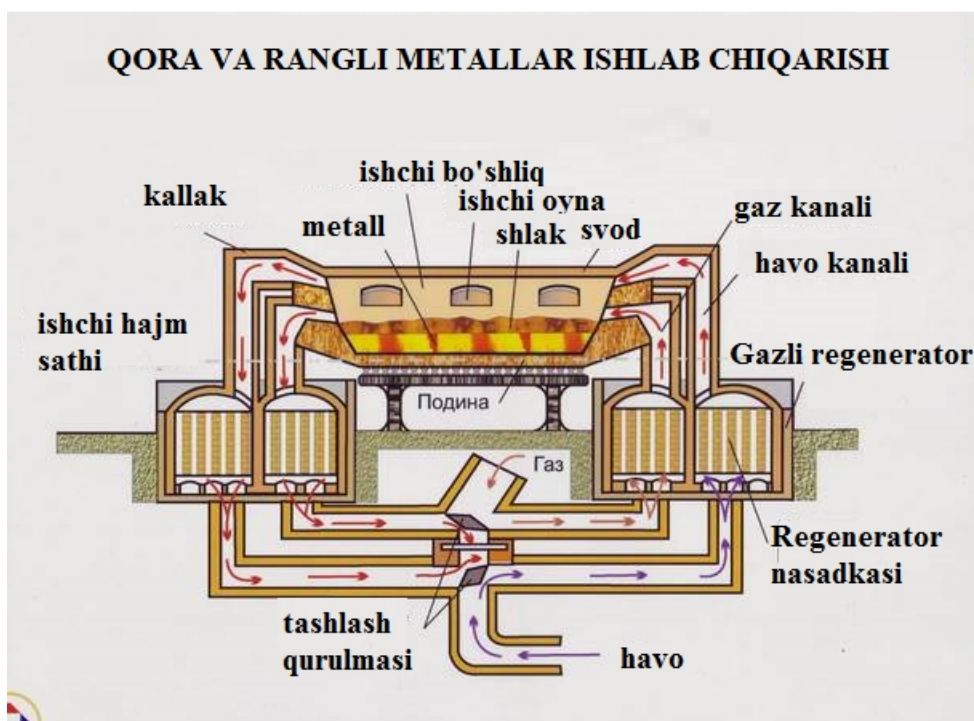
$T_a$ - alanganing mutlaq harorati .

Alanga haroratining yanada ko‘tarilishi regeneratorlarning ishlashi va o‘tga chidamli qoplamalarning mustahkamligi bilan chegaralangan bo‘lgani uchun qurum yoki mazut qo‘shish yo‘li bilan alanganing qoralik darajasini oshirishga harakat qilinadi, chunki bunday aralashmalar yonganda qurumsimon uglerod hosil bo‘ladi. Mazutning sarfi issiqlik sarfiga nisbatan 20-30 % ni tashkil qiladi va ko‘mir-mazutli

alangadagi qurumning miqdori esa mazut massasining 3-5 % iga teng. Bunga erishishning boshqa yo‘li-tabiiy gazning o‘z-o‘zidan karbyuratsiyalanishi (aralashishi) dan iborat. Bu paytda vertikal kanallarda uglevodorodli gazlarning bir qismi termik parchalanishi natijasida qurum hosil buladi. Qurum hosil bo‘lishi jarayonini maxsus apparatlarda-reformatorlarda amalga oshirish qulay buladi; ularda tabiiy gazning bir qismi havo etishmasligi sharoitida yondiriladi.

Regenerativ isitgichlardan chiqib ketuvchi gazlarning harakati ancha yuqori (500-700°C) buladi, shuning uchun ularning issiqligidan to‘laroq foydalanish maqsadida bug‘ qozon - utilizatorlari urnatiladi. Hozirgi paytda pechning metall elementlarini suv bilan sovitish o‘niga bug‘lanishli sovitish usuli qo‘llaniladi. Har bir sovitiladigan element tabiiy yoki majburiy sirkulyasiyali bug‘lanish yuzasidan iborat; hosil bo‘lgan bug‘ isitish yoki energetik maqsadlar uchun foydalaniladi. Zamonaviy marten pechlarining foydali ish koeffitsienti avvalgi 15-20% urniga 50-60% ga teng bo‘lishi mumkin.

Hozirgi paytda marten pechlaridagi asosiy jarayonlarni jadallashtirish uchun vannaga kislorod beriladi, buning natijasida eritish davomiyligi keskin qisqaradi (20-30 % ga). 2.11-rasmda Qora va rangli metallar ishlab chiqaruvchi marten pechining sxemasi keltirilgan.



2.11-rasm.Qora va rangli metallar ishlab chiqaruvchi marten pechining

**sxemasi.**

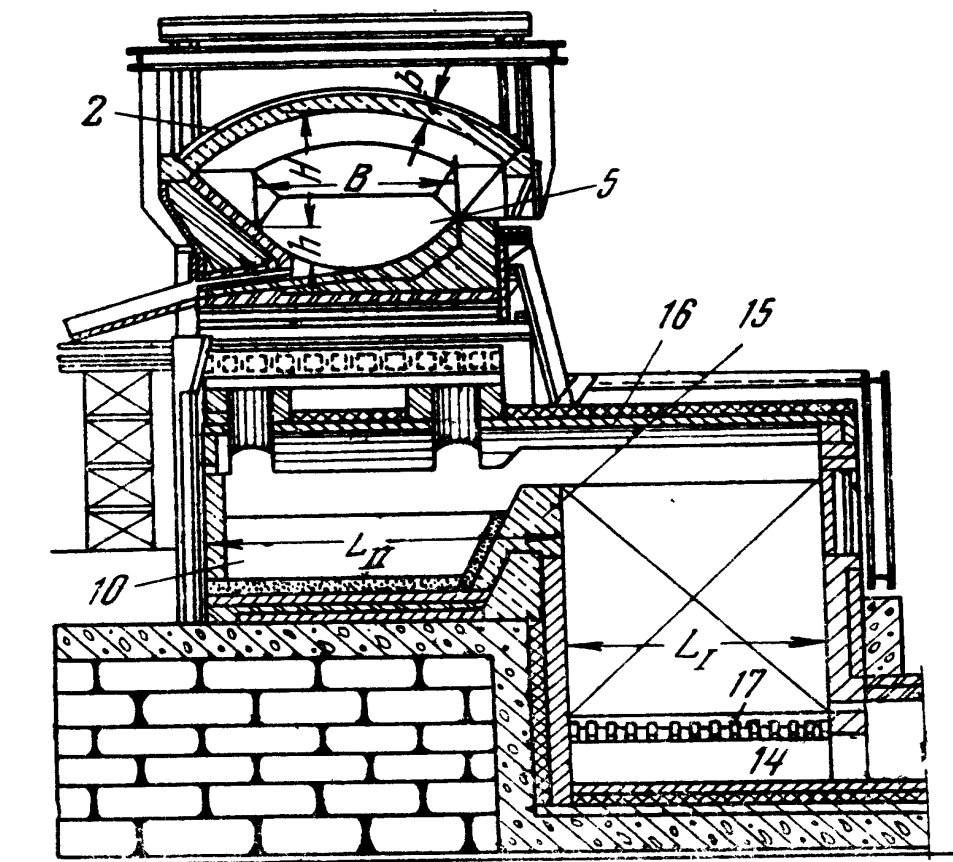
### **Yallig‘ pechlari (nur qaytarguvchi pechlar)**

**Tayanch iboralar:** *shteyn, yallig‘ pechlari, yoqilg‘ining yoqish moslamasi, shteynni chiqarish, toshqol (shlak)ni chiqarish, eritish zonasining uzunligi.*

Rangli metallurgiya korxonalarida boyitilgan mis rudasidan **shteyn** deb ataluvchi oraliq mahsulot olish uchun **yallig‘ pechlari** qo‘llaniladi. Shuningdek, chuyan, bronza, alyuminiy kabi turli metallarni qayta eritish va tozalash uchun ham yallig‘ pechlari qullaniladi.

Mis eritiladigan yallig‘ pechlari (2.12- rasm)ni eritish vannasining uzunligi 30-50 m.ga teng. Eritish bo‘shlig‘ining ship qismi alangadan vannaga issiqlik uzatilishida juda muhim rol uynaydi. Mis eritish pechlarida yuqori sifatli yoqilg‘i - tabiiy gaz, mazut va kukunsimon ko‘mir ishlatiladi. Forsunka yoki yoqgichlar pechning bosh tomonia joylashadi, tutun gazlari eritish bushlig‘i bo‘ylab harakatlanib, uning qarama-qarshi tomonidan tashqariga chiqib ketadi. SHixta pechga yuqori tomondan qator voronkalar yordamida yuklanadi; voronkalar avtomatik ishlaydigan qopqoq (zaslonka) lar bilan yopilishi mumkin.





**2.12- rasm. Mis eritish uchun mo'ljallangan yallig' (nurqaytarish)**

**P echining sxemasi.**

*1- yoqilg'ining yoqish moslamasi; 2- shteyni chiqarish; 3- toshqol (shlak)ni chiqarish; L – eritish zonasining uzunligi; L' – vannaning umumiy uzunligi.*

Pechning vannasi butun ish davomida suyuq shteyn va toshqol bilan to'lib turadi; shteyn va toshqol davriy ravishda pechdan chiqariladi. Suyuq shteyn katta cho'michlarga quyilib, konverter sexiga yuboriladi, u erda shteyn qayta ishlanadi, undan xomaki mis olinadi. Kamerali pechlardan farq qilgan holda, yallig' pechlarida harorat eritish bo'shlig'ining uzunligi bo'yicha o'zgaradi: boshida 1400-1500°C bo'lib, oxirida 1300-1250°C gacha pasayadi. Vanna ichidagi eritmaning harorati uning uzunligi bo'yicha taxminan bir xil bo'ladi. Eritish jarayoni normal o'tishi uchun pechning oxiridagi harorat 1150°C dan past bo'lmasligi kerak. Yallig' pechlarda texnologik maqsadlar uchun tutun gazlari entalpiyalarining katta farqidan foydalaniladi.

Bu farqni oshirish uchun alanganing boshlang'ich haroratini yonishga beriladigan havoni isitish yo'li bilan oshirish lozim; bu paytda yonish bo'shlig'iga tashqaridan havo surilmasligi kerak.

Pechdan taxminan 1100-1200<sup>0</sup>C harorat bilan chiqib ketayotgan gazlar texnologik chang bilan ifloslangan bo'ladi ulardagi changning miqdori 100-120 g/m<sup>3</sup> ga etadi. Changning bir qismi chala eritma holatida bo'ladi, ular issiqlik qurilmalarining qizish yuzalarini toshqol ko'rinishida qoplab, ifloslantirishi mumkin. Shuning uchun pechdan keyin ekran-granulyatori (donador holatga keltiruvchi moslamasi) bo'lgan qozon-utilezator o'rnatiladi. Bunday qozon o'rnatilishi natijasida tutun gazlarining harorati keskin kamayadi va toshqol zarrachalari qotadi (donador holatga keladi). Hozirgi paytda yallig' pechning quyidagi issiqlik sxemasi qo'llaniladi. Pechdan keyin bug' qozon-utilizatori o'rnatiladi, u gazlar haroratining 125<sup>0</sup>C dan to 500<sup>0</sup>C gacha o'zgarishiga muljallangan.

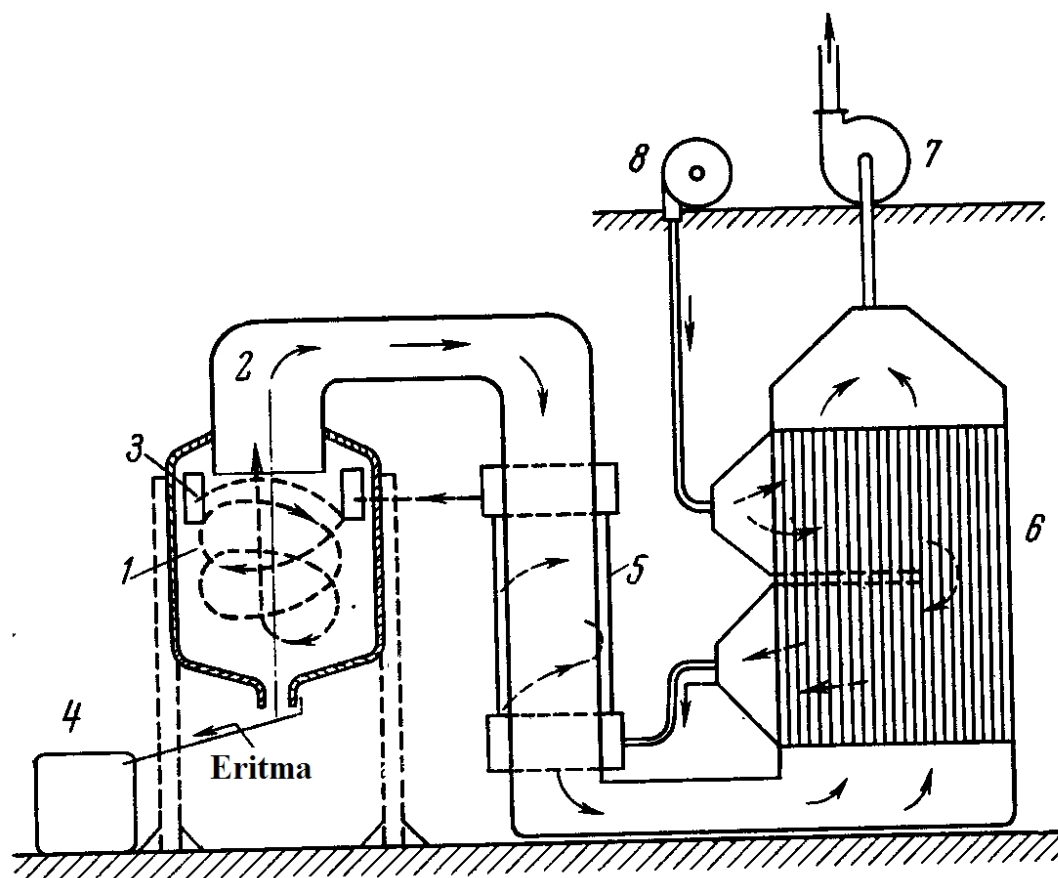
Undan keyin qarshi oqimli rekuperator o'rnatiladi, bu erda pechga beriladigan havo 350-450<sup>0</sup>C gacha isitiladi. Rekuperatordan keyin tutun gazlarining harorati 170-200<sup>0</sup>C ga tushishi mumkin. Ammo bundan afzalroq boshqa sxema-yuqori haroratli avtonom havo isitgichi bo'lgan sxema mavjud. Mis eritiladigan yallig' pechning texnologik FIKi odatda 15-20% ga va qozon-utilizatori hamda rekuperatori bo'lgan pechning energetik FIKi esa 65-75% ga teng. Afsuski, rangli metallurgiya korxonalarida chiqib ketuvchi gazlarning issiqligidan qayta foydalanilmaydigan pechlar hozirgi paytda ham uchrab turadi.

## **2.5. Siklonli pishirish va eritishpechi**

**Tayanch iboralar:** *siklonli pechlar, bo'g'doysimon jismlarni pishirish,*

*rudalarni eritish, siklonli kamera, markaziy quvur, yoqilg'i va havoni tangensial kiritishi, eritma qumoqlashtirgich.*

Yuqori quvvatli qozon qurilmalarining siklonli old o'txonalarida yoqilg'ining jadal yonishi bu usulning afzalliklaridan turli texnologik jarayonlarda mayda donador xom materiallarni qizdirib pishirish va shuningdek, rudalarni eritish uchun foydalanish imkoniyatini yaratadi. Siklonli pechning prinsipial sxemasi 2.13-rasmda keltirilgan. Mayda donador material yuqoridan beriladi, yoqilg'i bilan havo esa siklonga tangensial yo'nalishda keltiriladi, buning natijasida oqimning buramali harakatlanishiga erishiladi. Markazdan qochma kuchning yuzaga kelishi va qattiq hamda suyuq zarrachalarning ajralishi asosan 120-180 m/sek tezlik bilan siklonga kirib kelayotgan havo oqimi yordamida amalga oshiriladi. Gaz oqimidagi material zarrachalari markazdan qochma kuch ta'sirida chetga chiqarib tashlanadi.



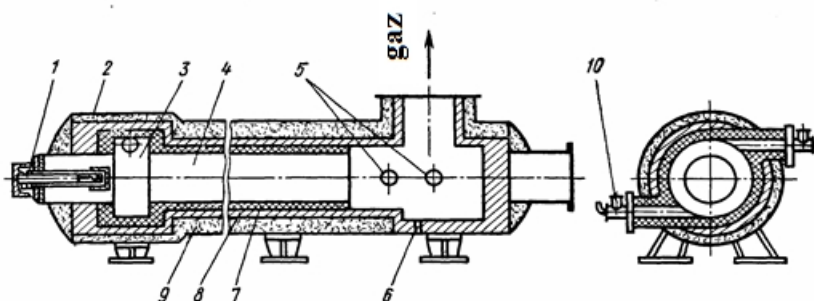
**1.13-rasm. Siklonli pechning prinsipial sxemasi.**

*1- siklonli kamera; 2- markaziy quvur; 3- yoqilg'i va havoni tangensial kiritish;  
4- eritma qumoqlashtirgich; 5- radiatsion rekuperator; 6- konvek-tiv  
rekuperator; 7- tutun tortgich; 8- ventilyator.*

Siklonning pastki qismida gaz oqimi  $180^{\circ}$  ga burilib, markaziy quvur orqali yuqori tomonga harakatlanadi, oqimning bunday burilishi qattiq va suyuq zarrachalarning ajralib chiqishini osonlashtiradi. Ammo zarrachalarning bir qismini gaz oqimi ilashtirib, tashqariga olib chiqadi, ularning miqdori 5-10% dan oshmaydi. Siklondan chiqqan gazlar radiatsion-konvektiv rekuperatorga yunaltiriladi, u erda gazlarning issiqlik hisobiga havo  $600-800^{\circ}\text{C}$  gacha qizdiriladi va yoqilg'ini yoqish uchun beriladi.

**Siklonli pechlarning kamchiligi quyidagilardan iborat:**

1. atrof-muhitga ko'p miqdorda texnologik chang chiqariladi;
2. gaz oqimi tarkibidagi qattiq zarrachalar siklonning o'tga chidamli qoplamasi tez emirilishiga sabab bo'ladi.



**1.14-rasm. Maydada nod materiallarni olish uchun ishlatiladigan siklon pechi:**

1-forsunka; 2-korpus; 3-yonish kamerasi; 4-reaksiya kamerasi; 5-suvli forsunka uchun kanallar; 6-stok; 7,8,9-futerovka; 10-gorelka.

**MASALA YECHISH NAMUNALARI**

**1-masala.** Marten pechidan chiqib ketuvchi yonish mahsulotlarining fizik issiqligidan foydalanish natijasida yoqilg'ining tejalishi aniqlansin. Pechning unumdorligi  $G=40$  t/soat; yil davomida ishlash soatlarining soni ( $= 8200$  soat; yoqilg'i - tabiiy gaz, uning hajmiy tarkibi quyidagicha:  $\text{CH}_4= 95,7\%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_4= 2,85\%$ ;  $\text{CO}_2=0,1\%$ ;  $\text{N}_2= 1,85\%$ ; gazning solishtirma sarfi  $V=115$  m<sup>3</sup>/t po'lat; yonish mahsulotlarining regeneratlardan keyingi harorati  $t_p=1073^{\circ}\text{C}$ ; utilizator (bug'

generatori) dan keyingi harorati -  $t_y=473^{\circ}\text{C}$ ; kislorodning sarfi  $V_{\text{O}_2}=40\text{M}^3/\text{T}$ .

Yonish mahsulotlarining regeneratordan keyingi va  $\alpha=1,6$  sharoitidagi tarkibi:  $V_{\text{RO}_2} = 172,8$ ;  $V_{\text{H}_2\text{O}}=264,8$ ;  $V_{\text{O}_2}=173$ ;  $V_{\text{N}_2}=1252$ .

Yonish mahsulotlarining bug' generatoridan keyingi va  $\alpha=1,8$  sharoitidagi tarkibi:  $V_{\text{RO}_2} = 172,8$ ;  $V_{\text{H}_2\text{O}}=266,0$ ;  $V_{\text{O}_2}=183$ ;  $V_{\text{N}_2}=1840$ .

**Yechish.** Yonish mahsulotlarining entalpiyasini aniqlaymiz:

$$H = (V_{\text{RO}_2} \cdot C_{\text{RO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{O}_2} \cdot C_{\text{O}_2} + V_{\text{N}_2} \cdot C_{\text{N}_2}) \cdot (T-273);$$

Yonish mahsulotlarining regeneratordan keyingi entalpiyasi:

$$H_{\text{rg}} = (172,8 \cdot 2,13 + 264,8 \cdot 1,67 + 1,73 \cdot 1,45 + 1252 \cdot 1,37) \cdot (1073 - 273) = 2,22 \text{ GJoul/t. po'lat.}$$

Yonish mahsulotlarining bug' generatori (utilizator)dan keyingi entalpiyasi:

$$H_{\text{oy}} = (172,8 \cdot 1,78 + 266,9 \cdot 1,52 + 183 \cdot 1,33 + 1840 \cdot 1,3) \cdot (473 - 273) \cdot 10^{-6} = 0,675 \text{ GJoul/t. po'lat.}$$

Chiqib ketuvchi yonish mahsulotlarining yillik issiqligi:

$$G \cdot \tau \cdot H_{\text{rg}} = 40 \cdot 8200 \cdot 2,22 = 728 \cdot 10^3 \text{ GJoul/yil.}$$

Bug' generatori (utilizatori)da yonish mahsulotlari hisobiga ishlab chiqarilishi mumkin bo'lgan issiqlik miqdori:

$$Q_i = G \cdot \tau \cdot H_{\text{rg}} (h_1 - h_2) \beta (1 - \xi) \cdot 10^3, \text{ GJoul/yil.}$$

bunda :  $\beta$  - issiqlik manbai va utilizator ish holatlari va ish soatlarining o'zaro mos kelmasligini hisobga oluvchi koeffitsient,  $\beta=0,7$ ;

$\xi$  - atrof-muhitga yo'qotilayotgan issiqlikni hisobga oluvchi koeffitsient,  $\xi=0,15$ .

$$Q_i = 728 \cdot 10^3 (2,22 - 0,675) \cdot 0,7 \cdot 0,85 = 672,5 \cdot 10^3 \text{ GJoul/yil.}$$

Tejalgan shartli yoqilg'i:

$$B_{\text{TEJ}} = \frac{0,0342}{\eta_{\text{o'b}}} \cdot Q_i$$

bunda:  $\eta_{\text{o'b}}$  - o'rni bosiladigan energetik qurilmaning yoqilg'i issiqligidan foydalanish koeffitsienti,  $\eta_{\text{o'b}} = 0,8$

$$B_{\text{TEJ}} = \frac{0,0342}{0,8} \cdot 672,5 \cdot 10^3 = 28748 \text{ t.}$$

**2-masala.** Pechdan chiqib ketuvchi gazlar issiqligidan foydalanib, qozon

qurilmasida bug' ko'rinishida ishlab chiqarilgan issiqlik hisobilga tejalgan yoqilg'i miqdori aniqlansin. Pechdan chiqayotgan gazlar harorati  $t=700^{\circ}\text{C}$ , qozon qurilmasidan chiquvchi gazlarniki  $t'=200^{\circ}\text{C}$ . Havoning ortiqlik koeffitsienti  $\alpha=1,35$ , yoqilg'i sarfi  $B=0,036 \text{ m}^3/\text{c}$ , ish holatlarining mos kelmaslik koeffitsienti  $\zeta=0,12$  va qozon qurilmasining foydali ish koeffitsienti  $\eta_{\text{h.h.}}=0,86$ . Pechda yoqilayotgan tabiiy gaz tarkibi:

**Yechish:** Havoning hisobiy kerakli hajmi:

$$V^0=0,0478(0,5(\text{CO}+\text{H}_2)+1,5\text{H}_2\text{S}+2\text{CH}_4+$$

$$\sum(m+\frac{n}{4})C_mH_n-O_2)=0,0478(2\cdot$$

$$94,1+3,5\cdot 3,1+0,6+6,5\cdot 0,2+8\cdot 0,8)=9,98 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

Uch atomli gazlarning hajmi:

$$V^{H_2O}=0,01(\text{CO}_2+\text{CO}+\text{H}_2\text{S}+\sum mC_mH_n)=0,01(94,1+2\cdot 3,1+3\cdot 0,6+$$

$$+4\cdot 0,2+5\cdot 0,8)=1,07 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

Azotning hisobiy hajmi:

$$V_{N_2}^0=0,79V^0+N_2/100=0,79\cdot 9,98+1,2/100=7,9 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

Suv bug'larining hisobiy hajmi:

$$V_{H_2O}^0=0,01(\text{H}_2\text{S}+\text{H}_2+\sum \frac{n}{2}C_mH_n+0,124\alpha_2)+0,0161V^0=$$

$$=0,01(2\cdot 94,1+3\cdot 3,1+4\cdot 0,6+5\cdot 0,2+6\cdot 0,8)+0,0161\cdot 9,98=2,22 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

Pechdan chiquvchi gazlar entalpiyasi:

$$I_2=I_2^0+(\alpha-1)I_2^0=V_{NO_2}(Ct)_{CO_2}+V_{N_2}^0(Ct)_{N_2}+V_{H_2O}(Ct)_{H_2O}+(\alpha-1)V^0(Ct)_F=$$

$$=1,07\cdot 357+7,9\cdot 260+2,22\cdot 304+(1,35-1)\cdot 9,98\cdot 979=6130 \text{ kJ}/\text{m}^3.$$

$(Ct)_{CO_2}$  va boshqalar birinchi ilovadan olindi.

Qozon qurilmasidan chiquvchi gazlar entalpiyasi:

$$\begin{aligned} I_2' &= I_2^0 + (\alpha - 1)I_2^0 = V_{H_2O}(Ct')_{CO_2} + V_{N_2}^o(Ct')_{N_2} + \\ &+ V_{H_2O}^o(Ct')_{H_2O} + (\alpha - 1)V^0(Ct')_2 = \\ &= 1,07 \cdot 357 + 7,9 \cdot 260 + 2,22 \cdot 304 + (1,35 - 1)9,98 \cdot 266 = 6130 \text{ kJ} / \text{m}^3 \end{aligned}$$

Pechdan chiqib ketuvchi qizigan gazlardan foydalanib, qozon qurilmasida bug' ko'rinishida ishlab chiqarilgan issiqlik miqdori:

$$Q = B(I_r - I_2')\beta(1 - \zeta) = 0,036 \cdot (15017 - 6130) \cdot 1(1 - 0,12) = 282 \text{ kJ/c.}$$

Tejalgan yoqilg'i miqdori:

$$B_{tej} = \frac{Q}{29300 \cdot \eta_{x.x}} = \frac{282}{29300 \cdot 0,86} = 0,011 \text{ kg/s}$$

## MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

**1- masala.** Pechning ustidagi qoplam shamot g'ishtidan tayyorlangan. Uning issiqlik o'tkazuvchanligi  $\lambda = 0,84 (1 + 0,695 \cdot 10^{-3}t)$  Vt / (m · °C), qoplaning qalinligi  $\delta = 250$  mm  $1\text{m}^2$  yuzadagi issiqlik yo'qolishini  $q \cdot \text{Vt/m}^2$  va ichki yuzadagi devor haroratini aniqlang.

Pechdagi gazning harorati  $t_{j1} = 1200^\circ\text{C}$ . Muhitdagi havoning harorati  $t_{j2} = 30^\circ\text{C}$ . Gazdan devorga berilayotgan issiqlik koeffitsienti  $\alpha_1 = 30$  Vt / (m<sup>2</sup> · °C); qatlamdan havo muhitiga berilayotgan issiqlik koeffitsienti  $\alpha_2 = 10$  Vt / (m<sup>2</sup> · °C).

**Javob:**  $q = 3530$  Vt/m<sup>2</sup>.

**2-masala.** Marten pechidan chiqib ketuvchi yonish mahsulotlarining fizik issiqligidan foydalanish natijasida yoqilg'ining tejalishi aniqlansin. Pechning unumdorligi  $G = 80$  t/soat; yil davomida ishlash soatlarining soni 16400 soat; yoqilg'i - tabiiy gaz, uning hajmiy tarkibi quyidagicha:  $\text{CH}_4 = 191,4\%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_4 = 5,7\%$ ;  $\text{CO}_2 = 0,2\%$ ;  $\text{N}_2 = 3,7\%$ ; gazning solishtirma sarfi  $V = 230$  m<sup>3</sup>/t po'lat; yonish

mahsulotlarining regeneratlardan keyingi harorati  $t_p=2146^{\circ}\text{C}$ ; utilizator (bug' generatori) dan keyingi harorati -  $t_y=946^{\circ}\text{C}$ ; kislorodning sarfi  $V_{O_2}=80\text{M}^3/\text{T}$ .

Yonish mahsulotlarining regeneratlardan keyingi va  $\alpha=3,2$  sharoitidagi tarkibi:  $V_{ro_2} = 345,6$ ;  $V_{H_2O}=529,6$ ;  $V_{O_2}=346$ ;  $V_{N_2}=2504$ .

Yonish mahsulotlarining bug' generatoridan keyingi va  $\alpha=1,8$  sharoitidagi tarkibi:  $V_{ro_2} = 345,6$ ;  $V_{H_2O}=532,0$ ;  $V_{O_2}=366$ ;  $V_{N_2}=3680$ .

**Javob:**  $B_{tej} = 57496\text{t}$ .

**3- masala.** Diametri  $d = 400$  mm bo'lgan uzun po'lat valni pechga qo'ygandan keyin  $\tau = 2,5$  soat o'tganda haroratlar taqsimlanishini aniqlang.

Po'lat uchun issiqlik o'tkazuvchanlik va harorat o'tkazuvchanlik koeffitsienti quyidagicha:  $\lambda = 42 \text{ Vt}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$ ,  $a = 1,18 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ . valdan pechga issiqlik berish koeffitsienti  $\alpha = 116 \text{ Vt} / \text{m}^2 / ^{\circ}\text{C}$ .

Tadqiqotni katta bo'lmagan pechda po'latdan yasalgan geometrik valda olib boriladi. Model uchun  $\lambda = 16 \text{ Vt}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$ ,  $a_M = 0,53 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ;  $\alpha_M = 150 \text{ Vt}/(\text{m}^2 / ^{\circ}\text{C})$   $D_M$  – val modelini, oraliq vaqtini aniqlang.

**Javob:**  $d_M = 117,5 \text{ mm}$ ,  $\tau_M = 1735^{\circ}\text{C}$ .

**4- masala.** Pechning ustidagi qoplam shamot g'ishtidan tayyorlangan. Uning issiqlik o'tkazuvchanligi  $\lambda = 1,68 (2+1,39 \cdot 10^{-3}t) \text{ Vt} / (\text{m}^{\circ}\text{C})$ , qoplaning qalinligi  $\delta = 500$  mm  $1\text{m}^2$  yuzadagi issiqlik yo'qolishini  $q \cdot \text{Vt}/\text{m}^2$  va ichki yuzadagi devor haroratini aniqlang.

Pechdagi gazning harorati  $t_{j1} = 2400^{\circ}\text{C}$ . Muhitdagi havoning harorati  $t_{j2} = 60^{\circ}\text{C}$ . Gazdan devorga berilayotgan issiqlik koeffitsienti  $\alpha_1 = 60 \text{ Vt} / (\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ; qatlamdan havo muhitiga berilayotgan issiqlik koeffitsienti  $\alpha_2 = 20 \text{ Vt} / (\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ .

**Javob:**  $q = 7060 \text{ Vt}/\text{m}^2$ .

### Nazorat savollar

1. Tunelli va shaxtali pechlar deb nimaga aytiladi?
2. Mavhum qaynovchi qatlamli pechlar to'g'risida ma'lumot bering.



3. Aylanuvchi barabanli pechlar debnimaga aytiladi?
4. Rejali (metodik) qizdirish va eritish pechlarini ishlashi haqida gapiring.
5. Kamerali qizdirish va eritish pechlari nimaga kerak?
6. Metall erituvchi Marten pechi qayerlarda ishlatiladi?
7. Yallig' pechlar to'g'risida ma'lumot bering.
8. Siklonli qizdirish va eritish pechlari boshqa pechlardan nimasi bilan farqlanadi?

### **III-BOB.YOQILG'IDAN FOYDALANISH USULLARI**

#### **3.1.Yuqori haroratli qurilmalarda yoqilg'idan foydalanish va ularni tejash**

**Tayanch iboralar:** *yoqilg'i, rektifikasiya, distsillyasiya, sublimasiya, bug'latish, tiklanmas manbalar, tiklanuvchi manbalar, organik yoqilg'i, energetik yoqilg'i, issiqlik va elektr energiyasi, sanoat yoqilg'isi.*

Materiallarning issiqlik holatlarini o'zgartirishga asoslangan texnologik jarayonlar sanoat ishlab chiqarishlarida muhim ahamiyatga ega. Bular qatoriga turli qattiq, suyuq, gazsimon materiallarni isitish, eritish, qaynatish va sovitish uchun qo'llaniladigan ko'p texnologik jarayonlar kiradi. Bunday jarayonlarga quyidagilar misol bo'la oladi: bug' va issiq suvni hosil qilish, quritish va bug'latish jarayonlari, po'lat buyumlarni mexanik ishlov berishdan oldin qizdirish, cho'yan, po'lat, sement, shisha va sopol buyumlarni ishlab chiqarish.

**Texnologik jarayonlarni haroratlari darajasi va foydalanilgan energiya manbai bo'yicha ikki guruhga bo'lish mumkin:**

- *yuqori haroratli jarayonlar;*
- *past haroratli jarayonlar.*

Yuqori haroratli jarayonlar organik yoqilg'i ishlaydigan turli qozon agregatlarida, sanoat pechlari va konverterlarida amalga oshiriladi. Yuqori haroratli

texnologik qurilma va tizimlarning boshqalardan farq qiluvchi belgisi shundan iboratki, ularda energiya manbai sifatida organik yoqilg'i, elektr energiyasi va past haroratli plazmadan foydalaniladi.

Past haroratli jarayonlar quritish, rektifikasion, distsillyasion, sublimasion qurilmalarda, bug'latish va chuchuk suv olish stansiyalarida amalga oshiriladi.

Bu qurilmalarning xususiyatlaridan biri shuki, ularda issiqlik manbai sifatida suv bug'i, qizitilgan gaz, issiq suv va shunga o'xshash oraliq issiqlik tashuvchilaridan foydalaniladi.

Yoqilg'i - energetik manbalarning asosiy iste'molchilaridan biri sanoat hisoblanadi. Masalan, MDH mamlakatlarining sanoati tomonidan ishlab chiqarilgan elektr energiyasining 60 %i va organik yoqilg'ining 30 %i iste'mol qilinadi. Sanoatdagi yoqilg'i - energetik manbalarning eng yirik iste'molchilari qora va rangli metallurgiya, kimyo va neftni qayta ishlash va boshqa sohalar hisoblanadi. 3.1-jadvalda ba'zi texnologik ishlab chiqarishlardagi energiyaning solishtirma iste'moli keltirilgan.

Yuqori haroratli texnologik qurilmalar tomonidan organik yoqilg'ining iste'mol qilinishini issiqlik elektr stansiyalari (IES) ning iste'moli bilan tenglashtirish mumkin. Ammo 3.2-jadvaldan ko'rinadiki, yuqori haroratli tizimlarning asosiy texnologik bo'g'ini bo'lgan sanoat pechlarining yoqilg'i bo'yicha FIK i IES qozon qurilmalarining FIK idan 2,5-6,0 barobar kamdir.

Texnologik qurilmalarning FIK ini oshirish yoqilg'i - energetik manbalardan foydalanish samaradorligini oshirish muammosini hal qilishning asosiy yo'llaridan biri hisoblanadi.

### **Ba'zi turdagi mahsulotni ishlab chiqarish uchun yoqilg'ining solishtirma sarfi**

3.1 - jadval

Mahsulot turi	Shartli yoqilg'ining solishtirma sarfi kg/t
Ammiak ishlab chiqarish	1420
Cho'yan	623

Sement klinkeri (toshqol)ni pishirish	219
Yassi shisha	513
Metallarga issiqlik bilan ishlov berish	111
Neftni qayta ishlash	55

Energiyani tejash uchun amalga oshirilgan chora-tadbirlarga ketadigan xarajatlar ekvivalent miqdordagi energiyani olish uchun yoqilg'i - energetik bazasini rivojlantirishga ketadigan xarajatlardan 2-3 marta kam bo'ladi.

### **Issiqlik iste'mol qiluvchi moslamalarning energetik ko'rsatkichlari**

3.2 - jadval

Issiqlik moslamalari	FIK, %
Yuqori haroratli bug' ishlab chiqaradigan energetik qozonlar	90
Qizdirish pechlari	20-25
Kulolchilik buyumlarini ishlab chiqarishga mo'ljallangan eritish pechlari	10-15
Domna pechlari	45-55
Marten pechlari	38-40
Sopol va o'tga chidamli materiallarni pishirishga mo'ljallangan pechlar	35-40
Shisha eritish pechlari	35-40

Energetik xarajatlarning kamayishi ishlab chiqaradigan mahsuloti tannarxidagi energiyaning ulushi katta bo'lgan texnologik jarayonlarning rentabelligini oshiradi.

Issiqlik texnologiyalarida yoqilg'i xarajatlarning tejalishi o'z navbatida atrof-muhitga chiqarib tashlanayotgan yonish mahsulotlarining kamayishiga olib keladi.

Zamonaviy texnologik qurilmalarga qo'yiladigan asosiy talablardan biri

ulardan chiqadigan yonish mahsulotlari va sanoat chiqindilari tarkibidagi zararli moddalar bilan atrof-muhitni ifloslantirishni kamaytirishdan iborat.

Texnologik jarayonlarning energiya manbalarini har tomonlama taxlil qilish issiqlik texnologiyalari energetikasining muammolariga kompleks ravishda yondoshishning eng muhim elementlardan biri hisoblanadi. Bu tahlil energiya manbalarning tasnifini, ularning texnologik, texnik, iqtisodiy va ekologik jihatidan baholanishini, ayrim energiya manbalardan berilgan texnologik jarayonda samarali foydalanishning chegara va shartlarini aniqlashni o'z ichiga oladi.

### **3.2. Energiya manbalarining umumiy tasnifi**

**Tayanch iboralar:***tiklanmas energiya manbalari, termoyadro yoqilg'isi,yadroviy yoqilg'i,organik yoqilg'i,yonuvchi gazlar, domna gazi, koks gazi*

Hosil bo'lish belgisi bo'yicha energiya manbalari tiklanmas va tiklanuvchan turlarga bo'linadi. Energiyaning tiklanmas manbalari hosil qilinishi bo'yicha o'z navbatida birlamchi va ikkilamchi turlarga bo'linadi.

Energiyaning tiklanmas birlamchi manbalarining zahiralarilari qator yirik xalqaro tashkilotlar tomonidan baholanadi.

Energetik manbalarning dunyo miq'yosida ishlab chiqarilishining umumiy hajmi 2020 yili DEK (Dunyo energetiklari konferensiyasi) ma'lumotiga ko'ra 20-27 mlrd.t. shartli yoqilg'ini yoki 163-204 mlrd. MVt soatni tashkil qiladi.

Hozirgi paytda organik yoqilg'ining dunyoda ishlab chiqarilayotgan umumiy energiyaning tarkibidagi ulushi 87 % dan omaydi. Dunyoda energiya ishlab chiqarilishining umumiy o'sishi organik yoqilg'i ulushining 70% gacha kamayishi bilan sodir bo'ladi. Shu bilan birga organik yoqilg'ilarning absolyut birliklardagi hissasi 1,6-2,0 marta ortadi va 2022 yili 18-20 mlrd. t ni tashkil qiladi (1980 yili-9 mlrd. t. bo'lgan).

### **Energiya manbalarining umumiy tasnifi.**

3.3 – jadval

Tiklanmas manbalar	Tiklanuvchi manbalar
--------------------	----------------------

Birlamchi	Ikkilamchi	
Organik yoqilg'i: - ko'mir - neft - tabiiy gaz - yonuvchan slanes  Yadro yoqilg'isi: - uran-235 - toriy  Termoyadro yoqilg'isi: - deyeriy	Organik yoqilg'ini qayta ishlash mahsulotlari: - koks, yarimkoks - suyuq yoqilg'i - generator gazi  - sun'iy suyuq yoqilg'i  Yonuvchi gazlar: - domna gazi - koks gazi -neftni qayta ishlash gazlari  Yadroviy yoqilg'i: - plutoniy-239 - elektr energiyasi	Biomassa: - o'tin - torf  Quyosh energiyasi.  Mexanik energiya: - daryo oqimi - dengiz to'lqinlari - shamol  Issiqlik energiyasi: - er osti suvlari - okeanning issiqlik energiyasi

3.3.-jadvaldan ko'rinadiki, termoyadro energiyasi amalda energiya ta'mnotining bitmas-tuganmas manbai bo'lib qolishi mumkin. Hulosalar shuni ko'rsatadiki, XXI asrning birinchi o'n yilliklarida yangi texnologiyalar endigina qo'llanila boshlaydi va ishlab chiqarish tuzilishida tubdan texnologik qayta qurish yuz bermaydi.

XXI asrning boshlarida Quyoshning nurlanish energiyasi faqat isitish va issiq suv ta'minoti maqsadlari uchun keng qo'llaniladi. Quyosh energiyasining to'plagichlarini bug' turbinali sikl bilan birgalikda qo'llashga yoki quyoshning nurlanish energiyasini to'g'ridan-to'g'ri elektrga aylantiruvchi texnologiyalardan foydalanishga asoslangan ishlar keng ko'lamda olib borilmoqda.

### **Yer yuzidagi energiya manbalarini baholash.**

3.4 – jadval

Manbalarning nomi	Energiya miqdori, Mvt.soat

Tiklanmas energiya manbalari:	100000·10 <sup>12</sup>
- Termoyadro yoqilg'isi	547 ·10 <sup>12</sup>
- Yadroviy yoqilg'i	55 ·10 <sup>12</sup>
- Organik yoqilg'i	
Tiklanuvchan yoqilg'i manbalari:	
tiklanish davrining 1 yili uchun:	
-Yer yuziga tushayotgan quyosh nurlarining energiyasi	580 ·10 <sup>12</sup>
- dengiz to'lqinlarining ko'tarilish va qaytish energiyasi	70 ·10 <sup>12</sup>
- shamol energiyasi	1,7 ·10 <sup>12</sup>
- daryolar oqimining energiyasi	0,018 ·10 <sup>12</sup>

Shamol energiyasining potensial manbalaridan cheklangan energiya ta'minotili tumanlarda samarali foydalanish mumkin.

Yer yuzasidan 10 km.gacha bo'lgan chuqurliklarda joylashgan geotermal energiyaning umumiy miqdori barcha turdagi organik yoqilg'i zahiralardan taxminan o'n barobar ko'pdir. Fan va texnika rivojining hozirgi paytdagi darajasida er ostidagi issiq suv va bug'da mujassamlangan energiya manbalarining juda oz qismidan amalda foydalanish mumkin. Bu manbalarning asosiy qismi past potensialga ega bo'lib, ular faqat issiqlik ta'minoti ehtiyojlarini qoplash uchun yaroqli hisoblanadi. Yuqorida keltirilganlar asosida xulosa qilish mumkinki, organik yoqilg'i XXI asrning birinchi choragi davomida ham issiqlik texnologik jarayonlarda eng keng qo'llaniladigan energiyaning birlamchi manbai bo'lib qolaveradi.

### 3.3. Organik yoqilg'i va uning tasnifi

Yoqilg'i tushunchasi o'zida u yoki bu o'zgarishlar natijasida energiyani ajratib chiqaruvchi moddalarni biriktiradi. Hozirgi paytda energiyani chiqarish tamoyili bo'yicha yoqilg'ilarning ikkita yirik guruhi ma'lum: yadroviy o'zgarishlar natijasida energiya chiqaruvchi va tarkibidagi yonuvchi elementlarning oksidlanish natijasida

energiya chiqaruvchi organik yoqilg'i. Organik yoqilg'i energiyasining issiqlikka aylanishi yonish natijasida amalga oshadi. Yonish- nurlanishli va issiqlik energiyalari jadal ajralib chiqishi va yoqilg'ining oksidlovchilar bilan o'zaro ta'sirlanishi natijasida kuzatiladigan murakkab fizik-kimyoviy jarayondir.

Issiqlik texnologik jarayonlarda oksidlovchi sifatida havodan foydalaniladi, ayrim hollarda u kislorod bilan boyitiladi.

Har-xil turdagi organik yoqilg'ilarning o'ziga xos tomoni ularning tasnifida aks ettiriladi. Umumiy tasnif yoqilg'ini agregat holati, qazib chiqarish va hosil qilish usuli bilan farqlaydi.

Yoqilg'ining barcha turlari (o'tindan boshqa) amalda tiklanmas qazilma yoqilg'ilar hisoblanadi. Ular bir-biridan asosan hosil bo'lish sharoitlar va geologik yoshi bilan farq qiladi.

Qattiq qazilma yoqilg'ilarning genetik asosi turli o'simliklar va million yillar avval yashagan mikro organizmlardan iborat. Ularning organik massalari havoning kelib qo'shilishi cheklangan sharoitda yuqori harorat va bosimda parchalanib, yangi moddalar hosil bo'lgan. Bu o'zgarishlar natijasida organik massadagi uglerod miqdori ortib kislorod, vodorod va azot miqdorlari kamayib borgan. Tashqi muhit ta'sirida turli jadallik bilan kechgan bu jarayon organik massaning qo'mirga aylanish jarayoni deb atalgan. Ko'mirga aylanish paytida qazilma yoqilg'ilarning zich uglerodli birikmalari hosil bo'lgan. Qattiq yoqilg'ilarning shakllanishida o'simlik va mikroorganizmlar tarkibiga kiruvchi karbon suvlar, lignin, mum, qatron, oqsil modda va boshqalar ishtirok etgan. Lignin - biokimyoviy jarayonlar paytida o'simliklarning hujayralararo bo'shlig'ini to'ldiruvchi moda – lignin kislotasiga, keyin esa gumus kislotasiga aylanadi: bunday birikmalarni gumusli birikmalar deyiladi va ular organik massalaridagi vodorodning kamligi bilan ajralib turadi. Qazilma yoqilg'ilarning boshqa turi suv qatlami ostida chiriyotgan cho'kindiga aylangan bir hujayrali organizmlarning parchalanish mahsuloti bo'lgan va ko'mirga aylanish jarayonining birinchi bosqichi hisoblangan spropeldir.

Shu tarzda hosil bo'lgan ko'mirlar sapropel ko'mirlari deyiladi va ular yoqilg'i organik massasi tarkibidagi vodorodning miqdori yuqori bo'lishi bilan boshqalardan

farq qiladi.

Yoqilg'i hosil bo'lishining har qanday turi bo'yicha ko'mirga aylanishning birinchi bosqichi organik massaning torfga aylanishi hisoblanadi. Torf geologik eng yosh qazilma yoqilg'i bo'lib, ko'mirlardan kislorod, vodorod va azot miqdorlarining yuqori bo'lishi bilan farq qiladi.

Torf massasining o'zgarishda davom etishi ketma-ket qo'ng'ir ko'mir, tosh ko'mir va antrasitning hosil bo'lishiga olib keladi. Antrasit birlamchi organik massaning ko'mirga aylanish jarayonining eng chuqur bosqichi hisoblanadi.

Yonuvchi slaneslar ham qattiq qazilma yoqilg'ilar qatoriga kiradi. Ular kelib chiqishi bo'yicha sopropel turdagi neftga o'xshash organik moddalar bilan shimilgan ohakli yoki moyli jinlardan iborat.

Neft va yonuvchi tabiiy gazlar ham o'simlik va hayvonot qoldiqlarining alohida geologik sharoitlarda uzoq vaqt davomida o'zgarib turli suyuq va gazsimon uglevodorodli birikmalarga aylanishi natijasida hosil bo'lgan.

Su'niy yoqilg'ilar ham turli xil bo'ladi (3.3-jadval). Ular tabiiy yoqilg'ilarning sifatini yaxshilash yoki yoqilg'ining yangi turlarini olish maqsadida maxsus ishlov berish natijasida yoki turli ishlab chiqarish jarayonlarining yonuvchan texnologik chiqindilari ko'rinishida hosil qilinadi.

Su'niy qattiq yoqilg'ining eng muhim turi koks hisoblanadi. Koks yoqilg'isi toshko'mirning ayrim turlarini maxsus pechlarda havo kiritmasdan 900-1100 0S gacha qizdirib, pirogen parchalanishini amalga oshirish natijasida hosil qilinadi.

Domna pechlarida cho'yan olish jarayonida ishlatiladigan asosiy texnologik yoqilg'i koks hisoblanadi. Ko'mirni kokslash paytida undan qatron (smola) va koks gazi olinadi; koks gazi tozalanib, qimmatli kimyoviy mahsulotlari ajratib olingandan so'ng sun'iy gaz yoqilg'isi sifatida keng qo'llaniladi.

Kokslash jarayoni kabi, ammo 500-700 0C da, ko'mirni yarim kokslash amalga oshiriladi. Bu jarayon davomida qatron va yarim koks gazi olinadi, ular kimyoviy qayta ishlash uchun xom-ashyo sifatida va, qisman, yoqilg'i sifatida qo'llaniladi.

Neftni qayta ishlash paytida juda ko'p miqdorda turli sun'iy yoqilg'ilar:



benzin, kerosin, ligroin va boshqalar hosil qilinadi va ular keyinchalik transport yoki motor yoqilg'isi sifatida foydalaniladi. Neftni qayta ishlash zavodlarida olinadigan og'ir qoldiqlar-mazutlar turli sanoat pechlari va issiqlik elektr stansiyalari uchun asosiy yonilg'i hisoblanadi. Neftni issiqlik va kimyoviy qayta ishlash paytida dissilyasion yoqilg'ilar bilan bir qatorda ko'p miqdorda turli yuqori sifatli yonuvchi gazlar (neft zavodi gazlari) olinadi.

Domna gazi domna pechlarida cho'yan eritish jarayonida hosil bo'ladigan yonuvchan chiqindi gazdir. Bu gaz metallurgiya zavodlari yoqilg'i balansining asosiy tashkil qiluvchisi hisoblanadi. Domna gazining asosiy iste'molchilari havo qizdirgichlari, energetik qozonlar, koks batareyalari va qizdirish pechlari sanaladi.

Generator gazlari ham turli bo'ladi. Ular havo, suv bug'i, bug'-havo yoki bug'-kislrod aralashmalari kabi oksidlovchilar yordamida turli tabiiy va su'niy qattiq yoqilg'ilarni gaz generatorlarida gazga aylantirish (gazifikasiyalash) yo'li bilan olinadi. Generator gazlaridan yoqilg'i sifatida yoki kimyoviy qayta ishlash uchun xom ashyo sifatida foydalaniladi.

Organik yoqilg'ilarni foydalanish bo'yicha ikki guruhga bo'lish mumkin:

1. Energetik yoqilg'i -issiqlik va elektr energiyasini olish uchun foydalaniladi.
2. Sanoat yoqilg'isi - yuqori haroratli texnologik qurilma va tizimlar uchun energiyaning asosiy manbai.

### **3.4.Tabiiy va sun'iy qattiq yoqilg'i**

**Tayanch iboralar:***tabiiy qattiq yoqilg'i, tabiy va sun'iy yoqilg'ilar, toshko'mir, chala antrasit, atrasit ko'mirlari bo'laklarining yirikligi.*

#### **Tabiiy qattiq yoqilg'i**

Ma'lumki, asosiy tarkibiy qismi uglerodan iborat yonuvchan moddalarga **yoqilg'i** deyiladi. Yoqilg'lar asosan ikki turga bo'linadi: **Tabiy** va **sun'iy** yoqilg'ilarga.

Tabiiy qattiq yoqilg'ilarga torf, qo'ng'ir ko'mir, tosh ko'mir, chala antrasit va

antrasitlar, yonuvchi slaneslar kiradi. Sun'iy qattiq yoqilg'ilarga asosan tabiiy yoqilg'ilarni termokimyoviy qayta ishlash natijasida olinadigan mahsulotlar; koks, chala koks, yog'och ko'miri kiradi. Ba'zan sun'iy qattiq yoqilg'iga tabiiy yoqilg'ini mexanik qayta ishlash mahsulotlari, ko'mir changi, torf, qo'ng'ir ko'mir va tosh ko'mir briketlari ham kiritiladi.

Tabiiy qattiq yoqilg'ilarning ba'zi o'rtalashtirilgan ko'rsatkichlari 6.1 jadvalda keltirilgan. Qazib olinadigan yoqilg'ining eng yoshi torf bo'lib, uning tarkibi boshlang'ich tabiiy moddaning tarkibiga yaqindir.

### Tabiiy qattiq yoqilg'ining asosiy turlarining ko'rsatkichlari.

3.4- jadval.

Yoqilg'i turi	Yonuvchi massa tarkibi					namligi va kulliligi	o'zgaruvchan moddalar chiqishi	V <sub>g</sub> %	Q <sub>k</sub> <sup>ishchi</sup> Mjoul/kg
	S <sup>g</sup>	N <sup>g</sup>	O <sup>g</sup>	N <sup>g</sup>	S <sup>g</sup> <sub>or+k</sub>				
Torf	57,8	6,0	33,4	2,5	0,3	5,0÷12,5	40-50	70gacha	8,38-10,47
qo'ng'ir ko'mir	55-78	4,5-6,5	15-30	0,6-1,6	0,3-6,0	15-25	15-60	60gacha	7,33-20,31
toshko'mir	75-90	4-6	3-13	1,0-2,7	0,5-6,0	5-45	3-13	9-50	23,0-27,23
Antrasit	90-96	2-3	1-3	0,5-1	0,5-3,0	16-30	5-11	9,0	23,02-27,2
yonuvchi slanes	58-74	7,5-9,5	10,1-16,5	0,3-1,5	4,9-14,5	48-64	11,5-17	80-90	5,53-10,34

Parchalanish darajasiga qarab torf tolali, yer sifat va qatlamli bo'ladi. Qatlamli torf eng yaxshi yoqilg'i hisoblanadi, chunki unda o'simlik qoldiqlari deyarli uchramaydi. Qazib olish sathiga qarab torf pastlikda (past qatlamli) va

balandlikda joylashgan bo'ladi.

Qazib olish usuliga qarab torf bo'lakli va frezerlangan bo'ladi. MDH mamlakatlarida frezerlash usuli bilan torf qazib olish keng tarqalgan. Bu usulda torfning yuqorigi, qurigan qatlami maxsus frezer mashinalari yordamida maydalanadi, torf maydasi joyida quritiladi va keyin iste'molchiga jo'natiladi. Bo'lak qilib qazib olish usuli ko'p mehnat talab qiladi va shu bilan birga unumdorligi kam.

Olinadigan torfning asosiy qismi elektr stansiyalarida yoqiladi. Bir qismi gaz olish uchun va maishiy ehtiyojlarga, yana bir qismi o'g'it sifatida ishlatiladi. Tabiiy holatdagi torfning namligi juda yuqori 90% gacha bo'ladi. Quruq torfning namligi 30-40 % bo'ladi. Tarkibi va olishi usuliga qarab torfning yonish issiqligi katta oraliqda o'zgaradi. Torf oson oksidlanadi va o'z-o'zidan yonib ketadi. Torfning katta zaxiralari Rossiya, Belarus va Boltiqbo'yi mamlakatlarida joylashgan.

Qo'ng'ir ko'mir kimyoviy tarkibi va fizik kimyoviy xossalari bo'yicha torf va toshko'mir orasida o'rin tutgan.

Qo'ng'ir ko'mirlarga yonish issiqligining yuqori qiymati:

$$Q_{yu}^i = \frac{100}{100 - A_i} < 24000 \frac{kJ}{kg}$$

bo'lgan ko'mirlar kiradi.

Qo'ng'ir ko'mirning o'ziga xosligi tarkibida torfga nisbatan uglerodning ko'pligi, kislorodning kamligi va uchuvchan moddalarning kamligi, koksining yomonligi, namlanish darajasining yuqoriligi, oson oksidlanish va o'z-o'zidan yonishi mumkinligi, namligi va kul miqdori yuqori bo'lgani uchun yonish issiqligining pastligi, mexanik mustahkamligining pastligidadir.

Turli joylardagi qo'ng'ir ko'mirning tashqi balasti (ya'ni kulliligi va namligi) juda keng oraliqlarda o'zgaradi, shuning uchun ularning ishchi massasiga nisbatan hisoblangan yonish issiqligi katta farq qiladi.

W<sup>i</sup>qiymatiga qarab qo'ng'ir ko'mirlar uch turga bo'linadi:

$$B_1 = W^i > 40 \% ; B_2 = W^i = 30-40 \% ; B_3 = W^i < 30 \%$$

Qo'ng'ir ko'mirlar bo'laklarining o'lchami bo'yicha uch sinfga bo'linadi: K - katta, bo'laklarining o'lchami 50-100 mm; M - mayda, o'lchamlari 0-50 mm va

oddiy O (R) – o'lchamlari 0–100 mm.

Ko'mirlarni belgilashda tegishli chabelgi qo'yiladi, maslan: (BK)-qo'ng'ir ko'mir kattabo'lakli.

Qo'ng'ir ko'mir konlari butun MDH hududida joylashgan bo'lib, ularning asosiylari Rossiya va Ukrainada. Kansk-Achinsk qo'ng'ir ko'mir xavzasining zahirasi 140 mlrdt. bo'lib, u eng katta havza hisoblanadi. Mamlakatimizda Angren ko'mir konidan BPK markali qo'ng'ir ko'miri qazib olinadi. Tosh ko'mirlar sinfiga kulsiz, nam massasi yonish issiqligining yuqori qiymati  $Q_{yu}^i = 100 / (100 - A^i) > 2400$  kJ/kg va uchuvchan modular miqdori 9 % dan ko'proq bo'lgan ko'mirlar kiradi.

Toshko'mirning zichligi va mustahkamligi qo'ng'ir ko'mirga nisbatan ancha yuqori, uchuvchan moddalarning chiqishi kam hamda kuli va namligi past bo'ladi. Toshko'mirning yonuvchi massasida uglerod miqdori ko'proq, kislorod kamroq bo'ladi. Toshko'mirning asosiy ahamiyatli xosalaridan biri koks qoldig'ining erib yopishib qolishga moyilligi hisoblanadi.

Koks qoldig'ining erib yopishuvchanligi va uchuvchan moddalarning chiqishiga qarab toshko'mir qator turlarga bo'linadi. Turli ko'mir havzalari uchun o'zining GOST lari mavjud. 3.5-jadvalda Donesk havzasida olinadigan ko'mirlar tasnifi keltirilgan:

### Toshko'mir tasnifi

3.5 - jadval

Ko'mir turi	belgilanish i	uchuvchan moddalar chiqishi	koks qoldig'ining tavsifi
Uzun alangali	D (U)	36 va ortiq	kukunsimon-chala yopishgan
Gazli	G	35 va ortiq	yopishqoq
gazli-moyli	GJ (GM)	27-37	yopishqoq
moyli	J (M)	27-37	yopishqoq
koksli-moyli	KJ (KM)	25-31	yopishqoq
koksli-ikkinchi	K2	17-25	yopishqoq
Koksli	K	18-27	yopishqoq

sust yopishqoqli	OS (SYo)	14-22	yopishqoq
Kam yopishqoq	SS (KYo)	25-37	kukunsimon-chala yopishqoq
Kuchsiz	T (K)	8-17	kukunsimon-chala yopishqoq

Bir turdagi toshko'mirlarda  $V^g$  qiymatini o'zgarib turishi turli xavzalardagi ko'mirlarning o'ziga xos xususiyatlaridan kelib chiqadi. Ko'mir turining aniqlovchi ko'rsatkichi bo'lib, koks qoldig'idagi plastik qatlam qalinligi (y), hisoblanadi.

Maslan: G6 - gazli ko'mir, plastik qatlamining kichik qiymati 6 mm;

Ko'mirlarning G, GJ, J, OS turlari metallurgik koks olishda ishlatiladi. Ko'rsatilgan ko'mirlarning bir qismi kokslashdan oldin boyitiladi. Buning natijasida kam kulli ko'mir konsentrati ajralgandan keyin, kulliligi yuqori ( $A^i > 40\%$ ) bo'lgan oraliq (sanoat) mahsuloti va boyitish chiqindilari qoladi. Bu sanoat mahsuloti metallurgiya zavodlarining IEMlarida energetik yoqilg'i bo'lib ishlatiladi. T, D va qisman SS turdagi ko'mirlar xom energetik yoqilg'i hisoblandi.

Antrasitlar (A) tarkibida ugdlarodning maksimal miqdori va uchuvchan moddalarning chiqishi kamligi bilan (91 % dan ko'p emas), yuqori darajada zich va mustaxkam bo'lishi bilan tavsiflanadi.

«A» turdagi ko'mirlarga yarim antrasitlar yaqin turadi. Uchuvchan moddalarning nisbatan ko'proq (yonuvchan massasining 1 gramiga nisbatan 220-330  $\text{sm}^3/\text{g}$ , antrasitlarda - 220  $\text{sm}^3/\text{g}$  dan kamroq) chiqishi ularni boshqa ko'mirlardan ajratib turadi. Antrasit va yarim antrasitlar asosan energetik yoqilg'i sifatida ishlatiladi. Toshko'mir, antrasit va yarim antrasitlar o'lchamlariga qarab saralanadi, ya'ni yiriklik sinflari (3.6 -jadval) ga bo'linadi.

**Toshko'mir, chala antrasit va antrasit ko'mirlari bo'laklarining yirikligiga qarab tavsiflanishi.**

### 3.6 - jadval

Ko'mir sinfi	Belgilanishi	Bo'laklari o'lchami mm
Plitali	P	> 100
Yirik	K	50 ÷ 100
YOng'oq	O	25 - 50
Mayda	M	13 - 25
Pista	S	6 - 13
SHTib	SH	< 6
Mayda va shtibli pista	MSSH	< 25
SHTibli pista	SSH	< 13
Oddiy	R	200 shaxtada olingan 300 karerda olingan

M: ASH - antrasit, JR- moyli oddiy toshko'mir.

Yonuvchi slaneslar sopropelning chirishi mahsulotlaridan va mineral jinslar aralashmasidan iborat bo'ladi.

Slaneslar tarkibida yonmaydigan mineral moddalarining ko'p bo'lishi, bu yoqilg'ining ishchi massasida kulning ko'p bo'lishiga yonish issiqligining past bo'lishiga sabab bo'ladi. Slaneslarning yana bir xosiyati, ularda uchuvchan moddalar chiqishi juda yuqori (90 %) bo'lishidir.

Yonuvchi slaneslar mahalliy yoqilg'i bo'lib, IESda ishlatiladi. Slaneslarning aksariyat qismiga termokimyoviy qayta ishlov (chala kokslanish) beriladi. Slaneslar moyidan benzin, kerosin, motor yonilg'isi, moylar, katta miqdorda kimyoviy moddalar olinadi. Slanes gazi  $Q^i_q=15,69-17,6$  MJ/m<sup>3</sup> issiqlik berish qobiliyatiga ega va tozalashdan so'ng maishiy ehtiyojlarga ishlatiladi. Yonuvchi slaneslar asosan Estoniya va Rossiyada qazib olinadi.

### Sun'iy qattiq yoqilg'i

Yog'och ko'miri – bargli daraxtlarning yog'ochini 600-800 °C haroratda,

havosiz yoki juda kam miqdordagi havoli muhitda qizdirish natijasida olinadi. Kuruq yog'och massasidan 30-40 % yog'och ko'miri olish mumkin. Yog'och ko'mirning yonish issiqligi jarayonning so'ngidagi haroratga bog'liq va  $27 \div 31$  MJ/kg atrofida bo'ladi.

Yog'och ko'miri namni juda yaxshi tortadi. Odatda uning tarkibida 10 % gacha namlik bo'ladi. Agar ochiq havoda yog'och ko'miri saqlansa, namligi 40 % gacha ko'payadi. Bu ko'mir tarkibida kul miqdori kam va oltingugurt yo'qligi bilan farq qilinadi. Bu ko'mirning asosiy iste'molchilari kimyo sanoati va metallurgiya bo'lib, u asosan texnologik yoqilg'i sifatida ishlatiladi.

Chala koks – su'niy qattiq yoqilg'i bo'lib, qazib olinadigan qattiq yoqilg'ilarni chala kokslash jarayoni natijasida olinadi. 3.7 – jadvalda turli yoqilg'ilarni chala kokslash natijasida olinadigan mahsulotlarning o'rtacha chiqish miqdorlari keltirilgan.

**Qazib olinadigan yoqilg'ilarning quruq massasidan chala kokslanish mahsulotlarining chiqishi.**

3.7 – jadval

Yoqilg'i	chala koks	Birlamchi moy	Pirogenitiksuv	chala kokslashgazi
Torf	40-45	8-12	20-25	24-30
Ko'ng'ir ko'mir	72-75	5-7,5	4,5-10	6,5-8,5
Toshko'mir	70-85	10-18	2-8	6,5-8
Yonuvchi slaneslar	60-80	10-25	5-10	5-8

Chalakovks – osonyonuvchitutunsiz, uchuvchanmoddalarchiqishi  $V^{yo} = 10 \div 15$  % bo'lganyoqilg'i. Boshlang'ichmoymotoryoqilg'isi, moylar, fenollar, parafinvaboshqamahsulotlarolishbilanqaytaishlanadi.

Chala kokslash gazi ancha yuqori yonish issiqligiga ega bo'ladi. Lekin uning qiymati boshlang'ich yoqilg'i turiga qarab o'zgarib turadi (qo'ng'ir ko'mir uchun 9,4 dan 26,4 MJ/kg gacha). Chala koksning asosiy iste'molchilari kimyo sanoati va

IES lari chala koksning bir qismi maishiy ehtiyojlar uchun ishlatiladi.

Toshko'mirli koks sun'iy qattiq yoqilg'ilar orasida eng ahamiyatlisi bo'lib, metallurgiya, kimyo sanoati va xalq xo'jaligining boshqa sohalarida keng ishlatiladi. Koks olish uchun boshlang'ich xom – ashyo bo'lib, 3 mm gacha maydalangan PS, G ko'miri bilan aralashtirilgan kokslanadigan K va PJ turdagi ko'mirlar va qisman T va D turdagi ko'mirlar hisoblanadi. Kokslash uchun issiqlik sarfi o'rtacha 2,5 - 2,7 MJ/kg (shixta) qiymatga ega bo'ladi.

Ko'mirlarni kokslash natijasida olinadigan mahsulotlar miqdorining o'rtacha qiymatlari quyidagicha: koks 70-80 %, koks gazi 14 %, tosh ko'mir moyi – 3-4 %, benzol – 1÷1,2 %, ammiak 0,3–0,4 %. Tarkibida vodorod miqdori yuqori bo'lgan tozalangan koks gazi sanoat va maishiy ehtiyojlar uchun yoqilg'i hamda kimyoviy xom-ashyo sifatida ishlatiladi.

Koksning asosiy yonuvchi moddasi ugleroddir. Ugleroddan tashqari koks tarkibida kul, kam miqdorda oltingugurt, fosfor va boshqa moddalar bo'ladi. Koksning namligi odatda  $W^i=2\div5\%$ . Koksning kulliligi qo'llanilgan ko'mir turiga qarab  $A^i=9\div7\%$  atrofida, oltingugurt miqdori 0,4-2,4 % atrofida bo'ladi. Koksning yonish issiqligi  $W^i$ ,  $A^i$  larga bog'liq va  $A^i = 9\div10\%$ ,  $W^i = 2\div3\%$  bo'lganda  $Q^i_q = 29,3$  MJ/kg ni tashkil qiladi.

Koksni tavsiflovchi xususiyatlari uning yuqori darajada mustahkamligi va tuzilishida bo'shliqlar borligi, hamda deyarli uchuvchan moddalarning yo'qligi ( $V^{yo} = 0,8 \div 1\%$ ) dan iborat. Uchuvchan moddalarning deyarli yo'qligi koks yondirilishi va yoqilishini qiyinlashtiradi. Koksning yondirilish harorati  $700 \div 800$  °C.

Toshko'mir koksidan tashqari neft, termoantrasit, toshko'mir peki kabi koks turlari olinadi.

Neft koksi, sun'iy qattiq yoqilg'i bo'lib neft va neft mahsulotlarini qayta ishlash (kreking, piroliz) qoldiqlari va neft pekini kokslash natijasida olinadi. Neft koksining kulliligi kichik ( $0,3\div0,8\%$ ), oltingugurt miqdori kam ( $<1\%$ ), uchuvchan moddalarning chiqishi  $V^u = 6,5-7\%$  namigi 3 % dan ko'p emas, yonish issiqligi 31,4-33,5 MJ/kg ga teng. Neft koksi turli elektrodarni ishlab chiqarishda va



texnologik yoqilg'i sifatida ishlatiladi.

Toshko'mir pekidan olinadigan koks yuqori darajadagi mexanik mustaxkamlikga, kul va oltingugurt miqdori kichik, uchuvchan moddalar chiqishi  $V^u < 0,8 \%$  bo'lgan yoqilg'i. Odatda bunday koksda  $A^i = 0,5 \%$ ,  $W^i = 3 \%$ ;  $S^i = 0,5 \%$  bo'ladi.

Toshko'mir pekidan olinadigan koks elektrod ishlab chiqarish va elektr ko'mirchilikda xom ashyo sifatida ishlatiladi.

Kam kulli, kam oltingugurtli va issiqqa chidamli antrasitni 1000-1300 °S haroratda havosiz muhitda qizdirish natijasida termoantrasit olinadi. Bunda antrasit tarkibida oltingugurt kamayadi, bo'shliqlar ko'payadi ( $S^i=2 \%$ ,  $E=5 \%$ ). Termoantrasitning namligi 5 %, kuliligi  $A^i = 6,5 \%$  uchuvchan moddalar chiqishi  $V^u=0,5+0,7 \%$ , yonish issiqligi  $Q=33,9 \text{ MJ/kg}$ .

Termoantrasit yuqori sifatli texnologik yoqilg'i bo'lib eritish jarayonlarida toshko'mir koksi o'rniga ishlatiladi. Asosiy iste'molchilar rangli va qora metallurgiya hisoblanadi.

### 3.5.Suyuq va gaz yonilg'isi

**Tayanch iboralar:***suyuq va gaz yonilg'isi , uglerod,oltingugurt,kislrod, katta miqdorda benzin fraksiyasi , og'ir neftlar,k am oltingugurtli.*

#### Suyuq yonilg'i

Tabiiy suyuq yonilg'i – neft, turli uglevodorodlar, asosan metan (umumiy ko'rinishdagi formulasi  $C_nH_{2n} + z$ ) va neft (umumiy ko'rinishda  $C_nH_{2n}$  ) qatorlarining katta miqdordagi aralashmasidan tashkil topgan tabiiy organik birikma ko'rinishda bo'ladi. Bundan tashqari neftning tarkibiga biroz miqdorda – qisman kolloid–dispers holatdagi benzollar qatoriga ( $C_nH_{6n-6}$ ) kiruvchi xushbo'y uglevodorodlar, suyuq birikmalar, asfalt-moy moddalari va boshqalar kiradi. Neftning kimyoviy tarkibi juda murakkab va hozirgacha yaxshi o'rganilmagan.

Neftning elementar tarkibi uning olinayotgan joyiga va ma'lum darajada qazib olinish, uzatilish va saqlanish sharoitiga qarab farqlanadi. Neftning organik

massasining o'rtacha tarkibi quyidagi ko'rsatkichlar bilan tavsiflanadi:

Uglerod – 84-86%,

Vodorod– 12-14%,

Oltinugurt – 0,01-5 %,

Kislorod va azot – 1 % ga yaqin.

Odatda neft tarkibida 1 % ga yaqin suv va 0,2 - 0,4 % mineral qo'shimchalar bo'ladi.

Tarkibi va xossalariga qarab neft quyidagi guruhlariga bo'linadi:

1) Katta miqdorda benzin fraksiyasi bo'lgan engil neft ( $\rho < 850 \text{ kg/m}^3$ ) va og'ir ( $\rho > 850 \text{ kg/m}^3$ ) neftlar;

2) Kam oltinugurtli ( $S=0,65\%$ ), oltinugurtli ( $S=0,5\div 1,9 \%$ ) va ko'p oltinugurtli ( $S>1,9 \%$ ) neftlar;

3) Kam moyli (moylar miqdori 8% dan ko'p bo'lmagan), moyli (moylar miqdori 8-25 %) va ko'p moyli (moylar miqdori 25 % dan ko'p) neftlar;

4) Parafinsiz (parafin miqdori 1% gacha) va parafinli (parafin miqdori 2 % dan ko'p) neftlar.

Neftga termik ishlov berilib, karbyurator, dizel va qozon-o'choq guruhlariga tasniflanadigan turli sun'iy yoqilg'ilar olinadi.

Qattiq yoqilg'iga nisbatan, sun'iy suyuq yonilg'ilar bir qator afzalliklarga ega. Bularga kam kullilik va past namlilik, yuqori yonish issiqligi, uzatilish qulayligi (shu jumladan quvurlarda uzatilish imkoniyati), yoqishga oson tayyorlanish va yonishining osonligi, bir qator suyuq yonilg'ilarning ichki yonuv dvigatellarida qo'llanilishi mumkinligi kiradi.

Suyuq yonilg'ilarning asosiy issiqlik va texnik ko'rsatkichlari (tasnifi) 6.5-jadvalda keltirilgan. Suyuq yonilg'ilar qo'shimcha ravishda qovushqoqligi hamda alanganish va o't olish haroratlari bilan tavsiflanadi.

Suyuq yonilg'ining qovushqoqligi odatda shartli birliklarda o'lchanadi va Engler viskozimetridan andoza haroratli 200 ml tekshirilayotgan yonilg'ining oqib chiqish vaqtini xuddi shu miqdordagi 20 °C haroratli distillangan suvning oqib chiqish vaqtiga nisbati bilan aniqlanadi.

Qovushqoq suyuq yonilg'ilar (dizel yonilg'isi, mazut, kreking mazuti) uchun andoza harorati qilib 50, 75, 80 va 100 °C lar qabul qilingan.

*Suyuq yonilg'ining alangalanish harorati deb suyuq holatdagi yonilg'i sirti ustida, shu yonilg'i bug'lari va havo hosil qilgan aralashmaga yondiruvchi manba keltirilganda alangalanish kuzatiladigan yonilg'i haroratiga aytiladi.*

*O't olish harorati deb yonilg'iga yondirish manbasi yaqinlashtiril-ganda yonilg'i yona boshlaydigan va yonish jarayoni kamida 5 sek davom etadigan yonilg'i haroratiga aytiladi.*

Karbyurator yonilg'ilarga yaxshi bug'lanadigan distillangan yonilg'ilar (avtomobil va aviasiya dvigatellariga mo'ljallangan turli benzinlar, traktor kerosinlari kiradi. Ular asosan yonilg'ining flotasion turg'unligini aniqlaydigan **oktan soni** bilan farqlanadi.

3.8 – jadval

Ishchi massasi tarkibi %							
YOnilg'i	C <sup>a</sup>	H <sup>i</sup>	O <sup>i</sup> + N <sup>i</sup>	S <sup>i</sup> <sub>uch</sub>	A <sup>0</sup>	W <sup>i</sup>	Q <sup>i</sup> <sub>pastMD</sub>
Benzin	85	14,9	0,05	0,05	-	-	43,75
Kerosin	86	13,7	0,1	0,2	-	-	42,96
Dizelyoqilg'i	86,3	13,3	0,1	0,1	-	-	42,62
Solyarmoyi	86,5	12,8	0,4	0,3			42,33
Mazut:							
kam	84,6	11,7	0,3	0,3	0,1	3,0	40,27
oltingugurtli	83,8	11,2	0,5	1,4	0,1	3,0	39,73
Ko'p							
oltingugurtli	83	10,4	0,7	2,8	0,1	3,0	38,77

Dizel yonilg'ilarga yaxshi bug'lanadigan va dizel silindirida havoning siqilishi natijasida hosil bo'ladigan haroratlar (taxminan 550-600<sup>0</sup>C)da o'z-o'zidan alangalanishga qobiliyatli yonilg'ilar kiradi. Dizel yonilg'isining alangalanish ko'rsatkichi qilib tsetan soni qabul qilingan. Tsetan soni qancha katta bo'lsa,

yonilg'ining o'z-o'zidan alanganishi harorati shuncha (past) bo'ladi, ya'ni dizel yonilg'isining sifati shuncha yuqori bo'ladi. Dizel yonilg'isi avtotraktorlar uchun, tezyurar dizellar uchun, transport (teplovoz va gazli yonilg'isi) dizellar uchun, sekin yurar dizellar uchun (motor yonilg'isi), solyarka moyi turlariga bo'linadi.

Kemalarning va qisman stasionar qozon qurilmalari o'txonalarida hamda sanoat pechlarini isitish uchun, suyuq o'txona yonilg'isi, neft mazuti va toshko'mirli va slanesli moylar ishlatiladi. **Mazut – neftni to'g'ridan-to'g'ri haydash va krekinglash jarayonlarining og'ir qoldiqlari va neftning ba'zi bir distellangan fraksiyalari bilan aralashmasidan iborat.** Toshko'mir va slanes moylari qattiq yoqilg'ilarni termik qayta ishlash jarayonida olinadi.

Sanoatda qo'llaniladigan asosiy sun'iy yonilg'i mazutdir. Odatdagi haroratlar sharoitida mazut yuqori qovushqoqli suyuqlikdir. Sisternalardan quyib olish, nasoslar bilan uzatish quvurlar orqali uzatish, yondirish jarayonida purgakichlardan yaxshi purkalishi uchun mazutning qovushqoqligi ma'lum chegaralardan oshmasligi kerak. Mazutni ishlatilishida katta ahamiyatga ega bo'lganligi uchun, mazutning qovushqoqligi uni (mazutni) belgilashga asos qilib olingan.

F5 va F12 turdagi dengiz kemalarida ishlatiladigan mazutlar, bo'lib F5 va F12 mazutlari kema qozonxona qurilmalari uchun yonilg'i hisoblanadi. 40, 40V, 100 va 100V turdagi o'txona mazuti. 40V va 100V mazutlari asosan og'ir kreking qoldiqlari yoki ularning to'g'ridan – to'g'ri haydalgan mazut bilan aralashmasidan iborat. 40 va 40V mazutlari qisman kema qozonlarida, asosan esa sanoat pechlarini isitish va qozonxonalarda yoqishga mo'ljallangan.

100 va 100V turdagi mazutlar sanoat va energetika yonilg'isi hisoblanadi. Mazut turi uning shartli qovushqoqligini 50 °C haroratda SHQ (BY град) graduslaridagi maksimal qiymatini tavsiflaydi. Masalan mazut 5-SHQ 50 birlikda qovushqoqligi 5 ga teng. Mazut 40- SHQ 50 da 40 shartli qovushqoqlik birligiga ega.

Purkalishi yaxshi bo'lishi uchun mazutning purkagich oldidagi qovushqoqligi 3-6 grad SHQ ga teng bo'lishi kerak. SHuning uchun mazutlar saqlashda, nasoslar yordamida uzatishda, yoqishdan oldin kerakli qovushkoqlikga

ega bo'lishi uchun qizdiriladi. Odatda purkalish yaxshi bo'lishi uchun mazut 90-120 °C gacha qizdirilsa yetarli. Yuqoriroq qovushqoqlikga ega kreking-qoldiqlar 140-150 °C gacha qizdiriladi.

Elementar tarkibi va ko'rsatkichlari bo'yicha mazutlar unchalik farqlanmaydi. Bir turdagi mazutlar orasida mazut tarkibidagi oltingugurt miqdori turlicha bo'lishi mumkin. Shu sababli ular kam oltingugurtli, oltingugurtli va ko'p oltingugurtli guruhlarga bo'linadi. Turli mazutlar uchun bir qator ko'rsatkichlar belgilangan bo'lib, ularning asosiylari 3.9- jadvalda keltirilgan.

### Mazutlarning texnik xarakteristikasi

3.9 - jadval

Mazutko'rsatkichi	Ø5	Ø12	40V	40	100V	100
VU grad.qovushqoq						
50 da	5	12	-	-	-	-
80 da	-	-	6	8	10	16
kulliligi % ortiq emas	0,05	0,1	0,04	0,12	0,05	0,14
Mexanik qo'shimchalar % ortiq emas	0,1	0,12	0,07	0,8	0,2	1,5
Suv miqdori % ortiq emas	0,3	0,3	1,5	1,5	0,3	1,5
Kul miqdori %	—	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
kam oltingugurtli	2,0	—	2,0	2,0	2,0	2,0
Oltingugurtli	—	—	—	3,5	—	3,5
Ko'p oltingugurtli						
Harorat °C	80	90	90	90	110	110
o't olish	-5	-8	+10	+10	+25	+25
qotib qolish	41,4	41,4	40,7	39,9-40,	40,5	39,9-40,
Yonish issiqligi $Q_q^0$ MJ/kg				7		5

Tabiiy neftni termik qayta ishlash natijasida qoldiq mahsulot sifatida olingan mazut tarkibida bir qator moddalar bo'ladi. Ularga asfalt-moy moddalar, kul va

mineral (ma'danli) qo'shimchalar, oltingugurtli birikmalar kiradi.

Asfalt moy moddalari asfalten, karben va karbonatli qattiq birikmalardan iborat. Mazut tarkibida ularning bo'lishi ushbu yonilg'ining noturg'un bo'lishiga olib keladi. Chunki bu qo'shimchalar, ayniqsa mazut qizdirilganda, ya'ni uning qovushqoqligi kichik bo'lganda, polimerlanishi va cho'kishi mumkin. Asfalt-moy moddalari tarkibida uglerodning ko'pligi (84-87%) bilan farqlanadi. Bu modda 300 °C gacha qizdirilganda parchalanadi va koksga aylanadi. Mazut tarkibida koksning cho'kma hosil qilishi uni uzatishni qiyinlashtiradi, purkagichlarning tiqilib qolishiga olib keladi. Mazutlarni saqlash jarayonida oksidlanish va boshqa jarayonlar natijasida asfalt-moy moddalari miqdori doimo ko'payib boradi.

Mazutlar tarkibidagi mineral (ma'danli) qo'shimchalar asosan ishqorli metallar tuzlari va temir oksidlaridan iborat. YOqish natijasida ular mazut kulining bir qismini hosil qiladi. Kulning qolgan qismi mazutning yonuvchan massasi tarkibidagi elementar organik birikmalar tarkibiga kiruvchi metallar (vanadiy, nikel va boshqalarning) oksidlanishi natijasida hosil bo'ladi. Ishqor metall tuzlari va vanadiy kulning yumshash haroratini pasaytiradi.

Kul bunday haroratda issiqlik ishlatuvchi qurilmalarning isitish sirtlarida o'tirib qoladi, issiqlik almashinishni yomonlashtiradi va yuqori harorat sharoitida po'latning korroziyalanishiga olib keladi.

Mazutlar tarkibidagi oltingugurt asosan oltingugurtli organik birikmalar va qisman oltingugurt-vodorod birikmasi  $H_2S$  va toza oltingugurt ko'rinishida bo'ladi. Mazut yoqilg'sida oltingugurt  $SO_2$  gacha oksidlanadi. U esa o'z navbatida yuqori harorat va kislorod ortiqligi sharoitida oltingugurt angdridi  $SO_3$  gacha qisman oksidlanadi. Issiqlik ishlatuvchi qurilmalarning past haroratli qismlarida  $SO_3$  – oltingugurt kislotasiga aylanadi va tutun gazlarining shudring nuqtasini ko'taradi. Suv bug'larining oltingugurt kislotasi bilan kondensasiyalanishi metall isitish yuzalari (sirtlari)ning oltingugurt kislotali korroziyasini rivojlantiradi. Yonish mahsulotlari tarkibida  $SO_2$  ning bo'lishi atrof - muhitni ifloslantiradi.

Suyuq yonilg'ini qazib olish so'ngi yillarda asta-sekin kamaytirilmoqda. Buning asosida bir qator ob'ektiv omillar bor. Ularga yangi xavzalarning tog'-kon

sharoitlarining murakkablashuvi, ularning uzoqligi va ularga etish qiyinligi kiradi. Shuning uchun neft qazib olishning absalyut ko'payishiga qaramay, qozon-o'txona xo'jaligida mazutning ulushi kamayib boradi. Shu bilan birga neftdan motor yonilg'isi va kimyo hamda neft kimyo sanoati uchun xom ashyo olishi ko'paytiriladi.

### Gaz yonilg'isi

Energetikada, sanoat issiqlik texnologiyasida, maishiy maqsadlarda katta miqdorda turli yonuvchi gazlar ishlatiladi. Ular tabiiy, ya'ni tabiiy gaz, gaz kondensati va neft - gaz konlarida olinadigan qattiq va suyuq yoqilg'ilarni qayta ishlash natijasida olingan yoki turli ishlab chiqarish jarayonlarining texnologik chiqindilari hisoblangan mahsulotlardir. Ba'zi gazlarning tarkibiy qismlari haqidagi ma'lumotlar 3.10 – jadvalda keltirilgan.

#### Ba'zi gaz yonilg'ilarining tarkibi.

3.10- jadval

Yonilg'i gaz turi	Yonilg'i tarkibi %											
	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CO	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	uzluks iz
Sun'iy gazlar:												
Domna gazi	0,3	-	8	0	2	2	0,2	55	27,	5,0	S	iz
Koks gazi	25,5	-	-	-	-	12,	3,0	3,0	0	59,	-	uglevo
Chalakoks gazi:			-	-	-	5			6,5	8	-	dorodl
yonuvchi	29,3	15,0				2,4						ar
slaneslar-dan			-	-			1,1	3,1				
olingan	28,0	3,5				36,	-	1,7	8,3	6,9	-	2,3
qo'ng'ir			-	-	-	3			7,8	9,2	-	
ko'mirdan												-
olingan						50,						
Neft zavodi	18,0	16,0				0	-	-				
gazlari:			22,0	18,3	-				-	-	-	
Mazutni	8,0	4,8					-	-				-

termik			18,6	33,4	-				-	-	-	
krekinglash	30,0	10,0				-	-	-				-
gazi			4,5	1,5	-				-	-	-	
Gazoylni	8,0	0,3				-	0,2	49,				25,7
katalitik	0,5	-	-	-	-		0,2	3	30,	13,	-	
krekinglash	0,5	-	-	-	-	-	-	5,5	2	0	0,	29,1
gazi			-	-	-			64,	37,	50,	3	
Kerosin	0,9	-				5,2	0,2	2	0	0	0,	44,0
pirolizi gazi			-	-	-	6,5			33,	1,6	4	
Generator						0,6		53,	7			
gazi:								8		18,	2,	
-Bug' havoli						14,			9,8	6	0	
-Suvli						1						
-Havoli												
Yer ostida												
gazlash-tirish												
gazlari												

Gazlarni gaz va gaz kondensat konlarida olingan va neft gaz konlaridagi yo'ldosh gazlarga ajratiladi.

Tabiiy gazlarning asosiy yonuvchi komponenti metandir. Uning gaz tarkibidagi miqdori 80-98 % ni tashkil qiladi.

Yonuvchi moddalarning qolganlarini metanlar turkumiga kiradigan og'ir uglevodorodlar tashkil etadi. Ba'zi bir toza gazli konlarda uglevodorodlar deyarli uchramaydi. Ularning maksimal miqdori 35 % gacha yo'ldosh gazlar tarkibida bo'ladi. Aksariyat tabiiy gazlar tarkibida vodorod yo'q, faqat ayrim konlarda uning miqdori 1 % dan oshmaydigan miqdorda bo'ladi. Uglerod oksidi SO va kislorod tabiiy gaz tarkibida bo'lmaydi. Oltinugurt vodorod birikmasining miqdori tabiiy gazlarda 5 % ni tashkil qilishi mumkin. Oltinugurt va vodorod birikmasi hamda uning yonish mahsulotlari juda zaxarli va yuqori korroziya aktivligiga ega birikma bo'lgani uchun, tabiiy gazlar gaz konlarida oltinugurt va vodorod birikmasidan



chuqur tozalanadi. Shu sababli gaz quvurlaridagi gaz tarkibida oltingugurt va vodorod birikmasi deyarli bo'lmaydi. Aksariyat gaz konlarida olinadigan quruq tabiiy gazning yonish issiqligi  $Q^q$  qiymati 34,75 dan 38,10 MJ/m<sup>3</sup> oralig'ida, quruq yo'ldosh gazniki esa 38,0 dan 46,9 MJ/m<sup>3</sup> gacha bo'ladi.

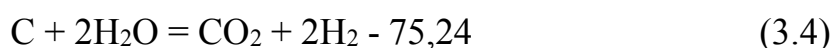
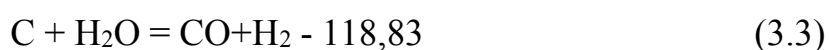
Tabiiy gazlarning yonmaydigan (ballast) qismi uglerod ikki oksidi CO<sub>2</sub> va azot N<sub>2</sub> dan iborat. Tabiiy gazlar yuqori sifatli va arzon yonilg'i bo'lib yuqori yonish issiqligiga va issiqlik chiqarishiga (2030-2050 °C) ega. Shuning uchun uni uzoq masofalarga magistral (bosh) gaz quvurlari orqali uzatish maqsadga muvofiqdir.

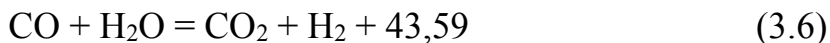
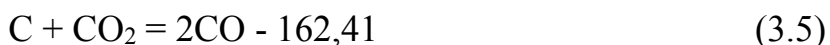
Tabiiy gazning asosiy iste'molchilari qatoriga sanoat pechlari, quritish va boshqa qurilmalar kiradi. Ushbu iste'molchilarga boshqa yoqilg'i qo'llanilishi yo juda jiddiy qiyinchiliklar bilan bog'liq yoki texnologik jarayon xususiyati bo'yicha umuman mumkin emas. Tabiiy gazlarning asosiy miqdori maishiy maqsadlarda ishlatiladi.

Maxsus qurilmalarda olinadigan su'niy gazlarning tarkibi va xossalari, ular olinadigan yonilg'i turiga qayta ishlov berish sharoiti va texnologiyasiga bog'liq. Ishlab chiqarish jarayonlarining qoldig'i sifatida olinadigan sun'iy gazning tarkibi va xossalari shu ishlab chiqarish texnologiyasiga to'la-to'kis bog'liq bo'ladi.

Sun'iy yonuvchi gazlar orasida generator gazlari deb ataladigan guruh mavjud bo'lib, ular tabiiy va sun'iy qattiq yoqilg'larni gazlashtirish usuli bilan olinadi.

Gazlashtirish jarayonining ma'nosi qattiq yoqilg'ining kimyoviy bog'liq energiyasini gazlashtirish jarayonining gazsimon mahsulotlari (asosan CO va H<sub>2</sub>) ning kimyoviy issiqligiga aylantirishdir. Bo'lakli yoqilg'i qatlamiga turli oksidlovchilar berilganda, qatlamda quyidagi reaksiyalar amalga oshadi (reaksiyalarning issiqlik effekti MJ/kmol da berilgan):.





Ko'mir changli mash'alada ham shunga o'xshash reaksiyalar sodir bo'lishi mumkin.

(3.1) va (3.2) reaksiyalar yoqilg'ini kislorod bilan gazlashtirilganda sodir bo'ladi. (3.3) va (3.4) reaksiyalari suv bug'i bilan, shularga parallel ravishda (3.5) va (3.6) reaksiyalari sodir bo'ladi. Bu reaksiyalar natijasida generator gazi uglerod oksidi va vodorod bilan boyitiladi.

(3.1), (3.2), (3.3) reaksiyalari bilan olingan gaz-havoli generator gazi deyiladi. Uning yonish issiqligi kichik (3,8 - 4,6 MJ/m<sup>3</sup>). SHuning uchun uning yonilg'i sifatida ishlatilishi chegaralangan.

(3.3), (3.4) va (6.6) reaksiyalar orqali olingan suvning generator gazi o'z tarkibida ko'p vodorodga ega, uning yonish issiqligi 10,1 – 11,3 MJ/m<sup>3</sup> oraliqda yotadi. (3.3) va (3.4) reaksiyalari endotermik bo'lgani uchun suv gazini olish jarayoni davriy jarayondir. Bu jarayon 2 bosqichdan iborat.

1. Issiq havo bilan puflash (ya'ni yoqilg'i qatlamini issiq havo bilan puflash) va gaz xosil qilish bosqichi (cho'g' bo'lib turgan yoqilg'ini suv bug'i bilan puflash).

Sanoat o'txonolari (pechlari) uchun suvli gaz cheklangan miqdorlarda ishlatiladi. Tarkibida vodorod ko'pligi uchun suvli gaz kimyo sanoatida xom ashyo sifatida ko'proq qo'llaniladi.

Aralash yoki bug' havo yoki bug' kislorodli generator gazi qattiq yoqilg'ini suv bug'i va havo yoki texnik kislorod bilan gazlashtirish natijasida olinadi. Bu jarayonning asosiy reaksiyalari (3.2) va (3.3) reaksiyalardir. Olinadigan bug' havo gazi 5,0 ÷ 6,7 MJ/m<sup>3</sup>, bug' kislorod gazi esa 10 ÷ 10,5 MJ/m<sup>3</sup> yonish issiqligiga ega.

Qarama-qarshi issiqlik effektiga ega kimyoviy reaksiyalarning bir vaqtning o'zida sodir bo'lishi uzluksiz gazlashtirish jarayonini amalga oshirishga imkon yaratadi. Aralash generator gazi sanoatda o'txona (pechni) isitishga ishlatilishi mumkin.

Qattiq yoqilg'ini gazlashtirish yoqilg'ining zich qatlamida, atmosfera va

yuqori bosim ( $2\div 2,6$  MPa) sharoitida chang ko'rinishidagi "mavhum qaynash" qatlamida amalga oshirilishi mumkin. Gazlashtirish usuli jarayon ko'rsatkichlariga va olinayotgan gaz tarkibiga ta'sir qiladi.

Ko'mir qatlamining ma'lum geologik sharoitda joylashishi ko'mir qatlamlarini er ostining o'zida gazlashtirishga imkon yaratadi. Bu usulda olingan yonuvchi gaz ko'mirni er ostida gazlashtirish gazi deyiladi.

Yoqilg'i sifatida bu gaz uncha ahamiyatga ega emas, yonish issiqligi  $3,77\div 4,61$  MJ/m<sup>3</sup>. Bu gaz IES larning bug' qozonlari o'txonasida mahalliy yonilg'i sifatida ishlatilishi mumkin. Sanoat va energetikada keng qo'llaniladigan sun'iy gazlar-texnologik jarayonlarning qoldig'i bo'lgan domna, koks va neft kimyo gazi hisoblanadi.

Domna gazi domna pechlarida cho'yanni eritish jarayonida qo'shimcha mahsulot sifatida ajralib chiqadi. Uning hosil bo'lishi murakkab kimyoviy jarayonlar koks uglerodining oksidlanishi va temir oksidlarining tiklanish natijasidir.

Domna gazining tarkibi domna pechining ishlash rejimiga bog'liq va o'rta hisobda 6.6 jadvalda keltirilgan ma'lumotlarga mos keladi. Domna gazining yonishi issiqligi  $3,94$  dan  $6,02$  MJ/m<sup>3</sup> gacha o'zgaradi. Changdan tozalangandan keyin domna gazi  $0,02-1$  g/m<sup>3</sup> quruq gaz changlanganlik va to'yinish holatiga mos keluvchi namlik ( $35$  g/m<sup>3</sup>) bilan iste'molchiga beriladi.

Domna gazi issiqlik energiyasining past potentsialli manbai deb hisoblansada, metallurgiya kombinatlarida uning chiqishi miqdori katta bo'lgani uchun (1 tonna koksdan o'rtacha  $3600-3800$  m<sup>3</sup> domna gazi olinadi) shu gazni korxonada hududida ishlatish iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqdir.

Domna gazining asosiy iste'molchilari domna pechlarining havo qizdirgichlari, koks kimyo zavodlarining pechlari, zavod qoshidagi IEMlari, prokat ishlab chiqarishning isitish pechlari va hokazolardir.

Toshko'mirni kokslash jarayonida olingan koks gazi 6.6-jadvalda keltirilgan komponentlardan tashqari o'z tarkibiga suv bug'lari, moylar, benzol uglevodorodlari, oltingugurt angidridi, ammiak va boshqalarni oladi.

Bunday gaz to'g'ri (xom) koks gazi deb ataladi. Uni quritib, tarkibidagi birikmalar chiqarib tashlangandan so'ng tozalangan yoki qaytma koks gazi deb ataladi va u sanoat va maishiy yonilg'i sifatida hamda qisman ammiakni sintez qilishda ishlatiladi.

Qaytma koks gazining chiqish miqdori ko'mir shixtasining tarkibi va kokslash rejimi (holati)ga bog'liq va o'rtacha olinayotgan koksning 1 tonnasiga 400-450 m<sup>3</sup> ni tashkil qiladi. Koks gazining yonish issiqligi 16,37-21,44 MJ/m<sup>3</sup> tashkil qiladi. Qattiq yoqilg'i (qo'ng'ir va toshko'mirlar, hamda yonuvchi slaneslar)ni chala kokslash jarayonida bir qancha miqdorda chala koks gazi olinadi. Ushbu gazni bug', moylar, gaz benzini, oltingugurt vodorod birikmasi, namlikdan tozalagandan so'ng maishiy yonilg'i sifatida ishlatiladi.

Chalakovs gazining yonish issiqligi 15,57-24,83 MJ/m<sup>3</sup> (kichik qiymatlar qo'ng'ir va toshko'mirni, katta qiymatlar yonuvchi slaneslarni chala kokslashda olinadigan gazlar uchun tegishli).

Neft mahsulotlarini termokimyoviy qayta ishlash (gidroliz va kreking) jarayonida (asorat) qoldiq mahsulot sifatida piroliz va kreking gazlari olinadi. Ular odatda neft zavodi gazlari deb ataladi. Neft zavodi gazlari katta miqdorda cheklangan va cheklanmagan uglevodorodlarni o'z ichiga oladi. Shuning uchun ular juda qimmatli hisoblanadi.

Tarkibida propan, butan va ulardan og'irroq uglevodorodlarning ahamiyatli miqdorda bo'lishi neft zavodi gazlarini suyultirilgan gaz yonilg'isini olishda qo'llashga imkon yaratadi. Neft zavodi gazlari o'zining juda katta yonish issiqligi (54-85 MJ/m<sup>3</sup> va undan yuqori) bilan boshqa gazlarda farqlanadi.

Neft zavodi gazlarining bir qismi sanoat pechlari (o'txonalari)da bevosita yonilg'i sifatida yoqiladi, qisman tabiiy gaz bilan aralashtirilib-maishiy yonilg'i sifatida, keyinchalik xom-ashyo sifatida kimyoviy qayta ishlov berishga mo'ljallangan.

Eritilgan metallni kislorod bilan puflaganda (shamollatganda) kislorod bilan metal uglerodi birikishi sodir bo'ladi va katta miqdorda uglerod oksidi CO hosil bo'ladi. Po'latning konverter usulida ishlab chiqarish davriy jarayon bo'lgani uchun

shamollatish bilan olinadigan gazlar tarkibi doimo o'zgarib turadi.

Kislorod konverter gazining taxminiy tarkibi quyidagicha:

$CO=74\%$ ,  $CO_2=11,5\%$ ,  $H_2=13\%$ ,  $H_2O=0,3\%$ .

Quyida yonish issiqligi  $10,5 \text{ MJ/m}^3$ . 1 tonna po'latni shamollatish usulida olinadigan gaz miqdori  $55 \text{ m}^3$  gazning o'rtacha changlanganligi  $64 \text{ g/m}^3$ .

Yuqorida ko'rsatilgan gazlardan tashqari, sanoatda juda ko'p tashlandiq texnologik gazlar bor. Ular o'zining tarkibida turli yonuvchi komponentlarga ega. Odatda bu texnologik gazlar tarkibidagi yonuvchi komponentlari miqdori kichik va past yonish issiqligiga ega.

Yoqilg'i sifatida bu gazlar deyarli qo'llanilmaydi, lekin ularning katta qismi atmosferaga tashlashdan oldin zararsizlantirish maqsadida (ba'zi katalizatorlar qo'llanilib) yondiriladi.

**Shartli yoqilg'i.** Issiqlik ajratish xususiyati turlicha bo'lgan yoqilg'ilarni taqqoslash uchun «shartli yoqilg'i» tushunchasidan foydalaniladi. Yonish issiqligi  $29300 \text{ kJ/kg}$  yoki  $\sim 30000 \text{ kJ/kg}$  bo'lgan yoqilg'i shartli yoqilg'i deyiladi.

Berilgan yoqilg'ini shartli yoqilg'iga aylantirib hisoblashda va aksincha shartli yoqilg'ini berilgan yoqilg'iga aylantirib hisoblashda yoqilg'i ekvivalenti deyiladigan kattalikdan foydalaniladi.

$$E = \frac{Q_q^i}{29300}$$

### 3.6. Yoqilg'i issiqligi va havoning ortiqchalik koeffitsienti

**Tayanch iboralar:** yoqilg'i issiqligi va havoning ortiqchalik koeffitsienti, yoqilg'i issiqligi, kalorimetrik bomba, suvli idish, termosta, aralashtirgich

#### Yoqilg'i issiqligi

1 kg yoki  $1 \text{ m}^3$  yoqilg'i to'liq yonganda chiqadigan issiqlik miqdori yoqilg'ining issiqlik ajratishi (yonish issiqligi) deyiladi ( $Q^i$ ,  $\text{kJ/kg}$  yoki  $Q^i \text{ kJ/m}^3$ ).

Yoqilg'ining issiqlik ajratishi ikki xil: yuqori yonish issiqligi  $Q_{yu}^i$  va quyi yonish issiqligi  $Q_q^i$  bo'ladi. Yoqilg'ining massa birligi to'liq yonganda chiqqan issiqlik miqdori yoqilg'ining yuqori yonish issiqligi deyiladi, bunda namlikning bug'lanishiga sarflangan issiqlik hisobga olinmaydi. Yoqilgining birlik massasi yonganda uning tarkibidagi namlik hamda vodorodning kislorod bilan reaksiyaga kirishish jarayonida hosil bo'lgan namlik hisobga olingan xolatda ajralgan issiqlik miqdori quyi yonish issiqligi deyiladi. 1 kg suv bug'ining atmosfera bosimida kondensatsiyalanish issiqligi taxminan 2500 kJ/kg ga teng. Ishchi yoqilg'i tarkibidagi suv bug'lari miqdori  $W^i/100$  ga teng. 1 kg vodorod yonganda 9 kg suv bug'i hosil bo'ladi ( $2H_2+0,5O_2=2H_2O$ ).

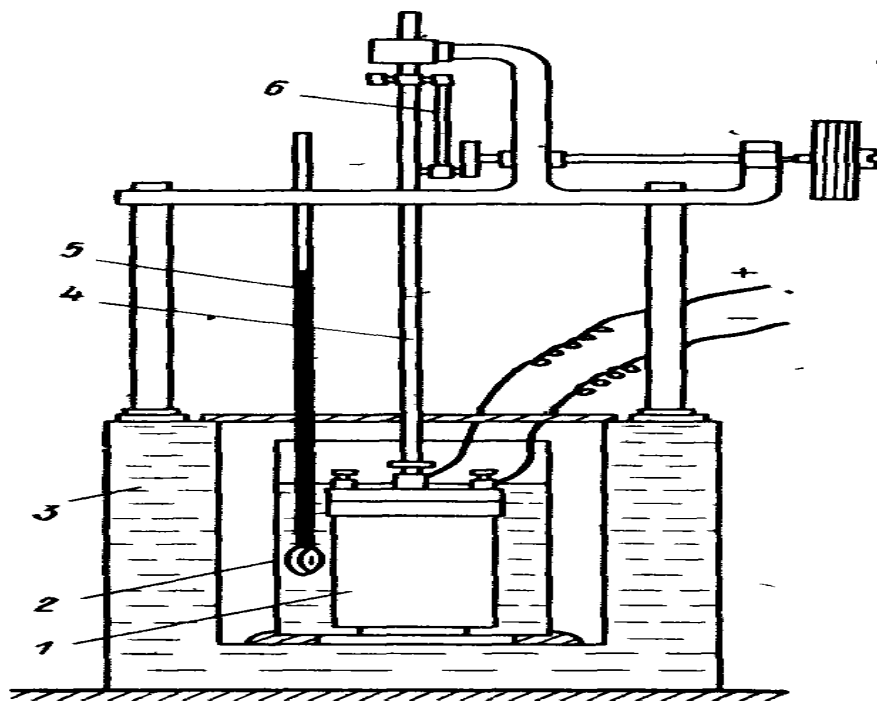
Demak, suv bug'ining kondensatsiyalanish issiqligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$2500\left(\frac{W^i}{100} + 9\frac{H^i}{100}\right) = 25W^i + 225H^i, \quad (3.7)$$

u holda

$$Q_q^i = Q_{yu}^i - 225H^i - 25W^i = Q_{yu}^i - 25(9H^i + W^i) \quad (3.8)$$

ya'ni yoqilg'ining quyi yonish issiqligi uning yuqori yonish issiqligidan bug' hosil bo'lish issiqligini ayirib tashlanganiga teng. Yoqilg'ining yonish issiqligi laboratoriya sharoitida kalorimetrik bomba yordamida aniqlanadi (3.1-rasm).



**3.1-rasm. Kalorimetrik qurilma.** 1-kalorimetrik bomba; 2- suvli idish; 3-termostat; 4-aralashtirgich; 5-termometr; 6-aralashtirgichning uzatma mexanizmi.

Kalorimetrik bomba, bosimi 3 MPa bo‘lgan kislorod bilan to‘ldirilgan germetik idish 1 dan iboratdir. Idishda massasi 1 g bo‘lgan yoqilg‘i yondiriladi. Bombani suvli idish 2 ga joylashtiriladi va suv haroratini ortishi orqali yoqilg‘ining yonish issiqligi aniqlanadi. Qattiq va suyuq yoqilg‘ining yonish issiqligini D.I. Mendeleev emperik formulasidan yetarli aniqlik bilan topiladi:

$$Q_{yu}^i = 340C^i + 1260H^i - 109(O^i - S^i) \frac{kJ}{kg} \quad (3.9)$$

$$Q_q^i = 340C^i + 1035H^i - 109(O^i - S^i) - 25W^i \frac{kJ}{kg} \quad (3.10)$$

Quruq gazning qo‘yi yonish issiqligi quyidagiga teng:

$$Q_q^a = 358CH_4 + 640C_2H_6 + 915C_3H_8 + 1190C_4H_{10} + 1465C_5H_{12} + 126,5 CO + 107,5H_2 + 234H_2S \frac{kJ}{m^3} \quad (3.11)$$

Yuqori yonish issiqligi:

$$Q_{yu}^a = 398CH_4 + 700C_2H_6 + 995C_3H_8 + 1285C_4H_{10} + 1575C_5H_{12} + 126,5 CO + 127,5H_2 + 257H_2S \frac{kJ}{m} \quad (3.12)$$

### Havoning ortiqchalik koeffitsienti

Yoqilg'ini yonishi uchun atmosfera havosi zarur bo'ladi. Uning miqdori ko'p yoki kam bo'lishiga qarab kimyoviy reaksiya jadal yoki sust bo'ladi. O'z navbatida yonish mahsuloti tarkibidagi zaharli gazlarning miqdori ham keng oraliqda bo'ladi. Yoqilg'ining yonishida asosiy oksidlovchi modda sifatida kislorod yoki atmosfera havosi olinadi. Yoqilg'ining to'la yonishi uchun zarur bo'lgan atmosfera havosining miqdori nazariy jihatdan hisoblab topiladi. O'txonada qattiq yoki suyuq yoqilg'ining 1kg to'liq yonishi uchun zarur bo'lgan kislorod miqdori quyidagi tenglikdan topiladi.

$$q_{q.n} = (2,6 + C^i + 8H^i + S^i + O^i) : 100 \quad (3.13)$$

Kislorodning nazariy miqdori. (i – ish yoqilg'isi) 2,67; 8 – 1kgC, va 1kgN to'liq yonish uchun zarur bo'lgan O<sub>2</sub> miqdori. 1kg yoqilg'ining to'liq yonishi uchun zarur bo'lgan havo massasi quyidagi ifodadan topiladi.

$$m_{h.n} = \frac{q_{q.n}}{23,15} \cdot 100 = 0,115C^i + 0,344H^i + 0,043(S^i - O^i) \quad (3.14)$$

23,15 – birlik hajmidagi havo tarkibidagi kislorod miqdori, %;

$C^i + H^i + S^i - O^i + N^i = 100\%$  - ish yoqilg'isining yonuvchan qismi, %

1kg yoqilg'ining to'liq yonishi uchun zarur bo'lgan atmosfera havosining nazariy hajmi :

$$V_{h.n} = \frac{m_{h.n}}{P_h} = 0,089C^i + 0,0266H^i + 0,033(S^i - O^i) \quad (3.15)$$

$$\rho = 1,293$$

Haqiqiy hajmi:

$$V_h = 0,01(2,67C^i + 8H^i + S^i - O^i); \quad (3.16)$$

To'la yonish uchun zarur bo'lgan haqiqiy havo miqdorining nazariy hisoblab topilgan miqdoriga nisbati ortiqcha havo koeffitsienti deyiladi.



$$\alpha_n = \dots (3.17)$$

Uning bir qismi yonish reaksiyasiga kirishmaydi va tutun gazlar bilan birga erkin holda chiqib ketadi. Yoqilg'ining to'liq yonishi uchun havoni hisoblab topilganidan ko'proq miqdorda berish zarur. Haqiqiy beriladigan havo miqdori nazariy hisoblab topilganidan necha marta ko'pligini ko'rsatuvchi son ortiqcha havo koeffitsienti deyiladi va  $\alpha$  bilan belgilanadi:

$$\alpha =$$

$\alpha$  ning kattaligi yoqilg'ining turiga, jarayon sodir bo'ladigan sharoitlarga, yoqish usuliga, o'txonaning tuzilishiga bog'liq. Hisoblashlarda  $\alpha$  ning qiymati tegishli tajriba ma'lumotlari asosida tanlanadi.  $\alpha$  qanchalik kichik bo'lsa, yonish jarayoni shunchalik tejamli bo'ladi. Lekin  $\alpha$  juda ham kichik bo'lsa, yoqilg'i chala yonadi va qozon agregatining F.I.K. pasayadi. Qattiq yoqilg'i qatlamli usulda yoqilsa, odatda  $\alpha = 1,3 - 1,5$  ga teng bo'ladi, gaz va suyuq yoqilg'i kamerali o'txonalarda yoqilganda  $\alpha = 1,1 - 1,15$  ga teng bo'ladi.

### 3.7. Yoqishni yoqish usullari

**Tayanch iboralar:** *yoqishni yoqish usullari, qatlamli usullar, mash'alali usullar, uyurmali yoqish usullari.*

**Hozirgi zamon o'txona texnikasida yoilg'ini yoqishni asosan uch xili mavjuddir:**

- 1). Qatlamli usullari;
- 2). mash'alali usullari;
- 3). uyurmali yoqish usullari.

Qatlamli yoqish – bu yoqilg'ini o'txona panjarasida qatlamlab yoqish usulidir

Yoqilg'ining yonishi natijasida panjarada bevosita kul va shlakdan iborat g'ovak yostiq hosil bo'ladi. Uning ustida yonayotgan koks qatlami, ya'ni uchuvchan moddalari chiqib ketgan yoqilg'i bo'ladi. Koks ustiga yangi yoqilg'i

qatlami beriladi. Bu yerda u keltirilgan issiqlik yoki yonayotgan yoqilg'ining va o'txona ichidagi qizigan qatlamning issiqligi hisobiga isiydi. So'ngra yoqilg'i quriydi, ya'ni undagi namlik bug'lanib ketadi, shundan so'ng sublimatlanish – uchuvchan moddalarning chiqishi, va koks hosil bo'lishi boshlanadi.

Uchuvchan moddalar va koksning yonishi natijasida issiqlik chiqadi va o'txona ichining harorati ko'tariladi. Havo, panjara teshigi va g'ovak shlakli yostiq orqali o'tib, isiydi. Havo keyingi harakati davomida o'z yo'lida koks va yoqilg'i qatlamiga duch keladi. Ular bilan o'zaro ta'sir etishib yoqilg'i qatlami ustida yonadigan o'txona gazlari oqimiga aylanadi va qatlam usti aylanasini hosil qiladi. Bu hol yuqori qatlamlarning tez alanganishini va barqaror yonishini ta'minlaydi. Yonish paytida hosil bo'lgan tutun gazlar o'z issiqligini qozonni isitish sirtlariga beradi va quvurdan chiqib ketadi.

Qatlamlab yoqishda o'txonada doimo yonayotgan yoqilg'ining anchagina zahirasi bo'ladi, bu esa o'txonaning barqaror ishlashiga va qozonning yuklamasi o'zgarganida o'txonaning ishini dastlab faqat yoqilg'i qatlamiga berilayotgan havoning miqdorini o'zgartirish yo'li bilan rostlashga yordam beradi.

Qattiq yoqilg'i chang holatiga keltirilishi lozim. Kukun zarralarining o'lchami mikronlar bilan o'lchanadi. Yoqilg'ining bunday ishlanishi tufayli yoqilg'ining havo kislorodiga tegish va reaksiyaga kirishish sirti kattalashadi. Kamerali o'txonada harorat taqsimlanishi rasmda ko'rsatilgan.

Suyuq yoqilg'ida ballast deyarli bo'lmaydi, shuning uchun u faqat mash'ala qilib yoqiladi. Yoqish paytida yoqilg'ini butunlay to'zitib yuborish kerak. Yoqilg'i yaxshi to'zitmasa yonish mahsulotlari ichida ko'p miqdorda yonmagan sof uglerod S, uglerod-oksid SO va og'ir uglevodorodlar SnNm qolishi mumkin.

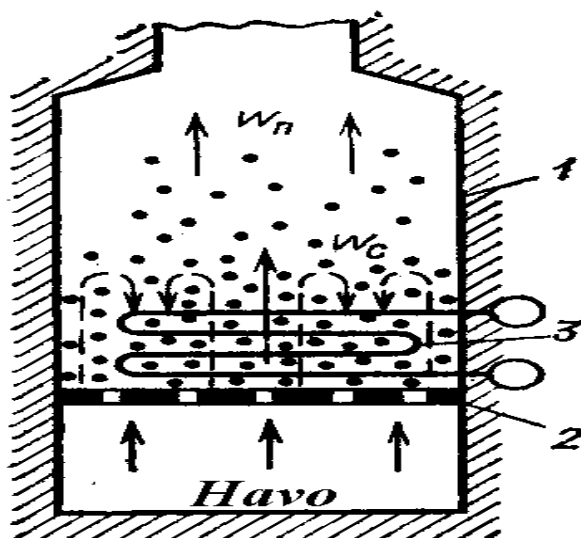
Suyuq va qattiq yoqilg'iga qaraganda gaz yoqilg'ini mash'ala usulida oson va yaxshi yoqish mumkin. Lekin barcha yoqilg'ini yoqishdagi singari, uni ham havo bilan yaxshi aralashtirish lozim.

Uyurmaviy usulda qattiq yoqilg'ini chang holida emas, balki yaxshi maydalangan bo'laklar holida yoqish mumkin.

Yoqishning bu usulida o'txonada yoqilg'i zahirasi mash'ala usulidagiga

qaraganda ko'p, lekin qatlam usulidagiga qaraganda kam bo'ladi. Shuning uchun yoqishning uyurmaviy usulining barqarorligi mash'ala usulidagiga qaraganda katta, qatlam usulidagiga nisbatan esa kichik bo'ladi.

Yoqilg'ini qatlamlab yoqish jarayonining o'ziga xos xususiyati yoqilg'i zarralarini qatlamda barqaror joylashishi zarurligidadir. Bunda o'txona panjarasida yotgan yoqilg'i zarralari va bu zarralarga kelayotgan havo tezligi shunday bo'lishi kerakki, zarralar qatlamdan uchib ketmasligi lozim. Havoning harakat tezligi katta bo'lganda yoqilg'i zarralarini havo qatlamidan uchirib ketadi va ular yonmay, tutun-gazlar bilan birga chiqib ketadi.

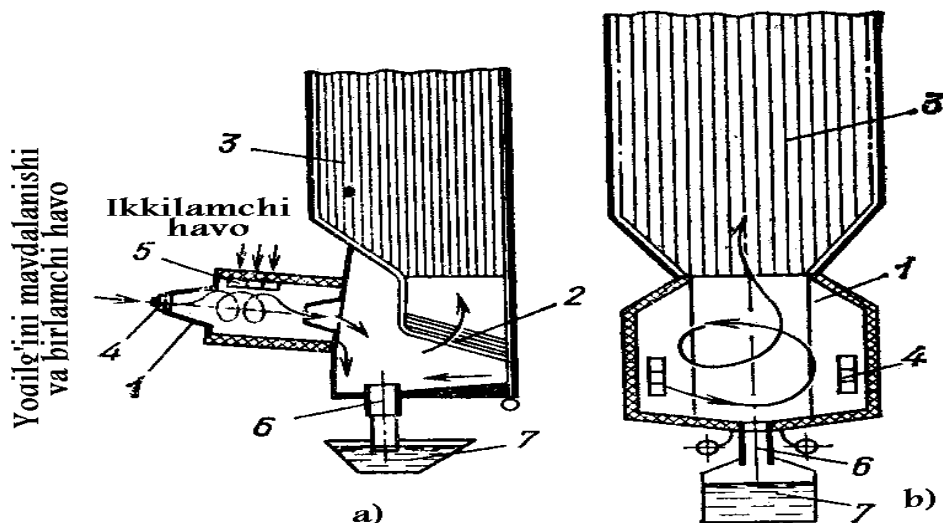


**3.2-rasm. Yoqilg'ini o'txona panjarasida qatlamlab yoqish.**

*1-o'txona; 2-panjara; 3-issiq qabul qiluvchi yuza.*

Yoqilg'ini uyurmaviy usulda yoqish, o'txonada hosil qilingan gaz-havo uyurmasi bo'lishi bilan tavsiflanadi. Oqimlar yoqilg'ining havo bilan yaxshi aralashishiga imkon beradi, bu esa yoqilg'ini yanada to'liq yonishini ta'minlaydi.

Uyurmaviy usulda qattiq yoqilg'ini chang holida emas, balki yaxshi maydalangan bo'laklar holida yoqish mumkin.



**3.3-rasm. Siklonli o'txonalar** *a* – gorizontal siklonli o'txona; *b* – vertikal siklonli o'txona; 1 – yonish kamerasi (siklon); 2 – shlak ushlab qoluvchi panjara; 3 – sovutish kamerasi; 4 – yondirgich; 5 – ikkilamchi havo soplosi; 6 – shlak chiqarish moslamasi; 7 – shlak vannasi.

Mash'ala qilib yoqish usulida yoqilg'i va yonish uchun zaruriy havo o'txonaga maxsus moslamalar yordamida yuboriladi. Yoqishning mash'ala usuli yoqilg'i zarralarini havo oqimi va yonish mahsulotlari bilan birgalikda to'xtovsiz harakatlanib turishi.

### MASALA YECHISH NAMUNALARI

**1-masala.** Uzluksiz ishlaydigan kamerali pech uchun yoqilg'ining soatli sarfi aniqlansin. Yoqilg'i-mazut, pechning unumdorligi 741 kg/soat. Qizdirilayotgan metall massasining 1,3%i metall kuyindisiga aylanadi, kimyoviy chala yonish natijasida yo'qotilgan issiqlik yonish issiqligining 1,5%ini tashkil qiladi. Chiquvchi gazlarning harorati 1300°C. Bundan tashqari yonish uchun beriladigan havoni 400°C gacha qizdirilganda tejaladigan yoqilg'i miqdori aniqlansin. Atrof-muhitga yuqotiladigan issiqlik 131,5 kVt deb qabul qilinsin; metallni qizdirish harorati 1250°C.

**Yechish.** 90°C dagi mazutning entalpiyasi:  $H_{YO} = S_{YO} t_{YO} = 2,1 \cdot 90 = 189 \text{ Joul/kg.}$

Yonish uchun beriladigan 90°C li havoning entalpiyasi:  $H_H = V^0 \alpha C_{tH} = 10,7 \cdot 1,15 \cdot$

$1,295 \cdot 20 = 319$  kJoul/kg. Kimyoviy chala yonish natijasida yuqotilgan issiqlik:  
 $q_{K.CH.YO} = 0,015 \cdot 39,5 \cdot 10^3 = 592$  kJoul/kg. Mexanik chala yonishdan yuqotilgan  
 issiqlik  $q_{M.CH.YO} = 0$ ; Pechdan chiquvchi  $1300^{\circ}\text{C}$  li gazlar bilan yuqotilgan issiqlik:

$$H_{CH.G.} = (V_{CO_2} \cdot C_{CO_2} + V_{N_2}^0 C_{N_2} + \Delta V_{HCH} + V_{H.P.} \cdot S_{H.P.}) t_{CH.G.} =$$

$$= (1,586 \cdot 2,30 + 8,453 \cdot 1,425 + 1,601 \cdot 1,445 + 1,47 \cdot 1,806) \cdot 1300 =$$

$$= 24000 \text{ kJoul/kg}$$

Yoqilg'idan foydalanish koeffitsiyenti;

$$\eta_{FOYD} = 1 + \frac{H_{YO} + H_H}{Q_K^I} - \frac{q_{K.CH.YO} + q_{M.CH.YO} + H_{YCH.G.}}{Q_K^I} = \frac{189 + 319}{39,5 \cdot 10^3} - \frac{592 + 24 \cdot 10^3}{39,5 \cdot 10^3} = 0,391$$

Metall kuyganda ajralib chiqadigan issiqlik;  $Q_{EKZ.} \approx 5660 \cdot u/100 = 5660 \cdot 1,3/100$   
 $= 73,4$  kJoul/kg.

Texnologik jarayonga sarflangan issiqlik:

$$Q_{TEXN.} = (Q''_M - Q'_M) + (Q_T + Q^{T,G}_K + Q_{EKZ.}) - Q_{EKZ.} = 838 + 0 - 73,4 = 764,6$$

kJoul/kg. bunda: 838 kJoul/kg - metall qizdirilganda entalpiyasining usishi, tegishli  
 jadvaldan olindi. (A-4) Atrof-muhitga yuqotilgan issiqlik (1 kg metallga):

$$Q_{A.M.} = \frac{131,5 \cdot 3600}{741} = 640 \text{ kJ / kg}$$

Mazutning solishtirma sarfi:

$$b = \frac{Q_{TEXN.} + Q_{A.M.}}{Q_Q^I \cdot \eta_{FOYD}} = \frac{764,6 + 640}{39,5 \cdot 10^3 \cdot 0,391} = 0,091 \text{ kg / kg}$$

Shartli yoqilg'ining solishtirma sarfi:

$$b_{SH} = \frac{b Q_Q^I}{29,33 \cdot 10^3} = \frac{0,091 \cdot 39,5 \cdot 10^3}{29,33 \cdot 10^3} = 0,122 \text{ kg / kg}$$

Mazutning soatli sarfi:

$$V = q_b = 141 \cdot 0,091 = 67,6 \text{ kg/soat}$$

Havo rekuperatorida  $400^{\circ}\text{C}$  gacha qizdiriladi, uning entalpiyasi 6570 kJoul/kg ga  
 teng, bu holda:

$$\eta_{FOYD} = 1 + \frac{189 + 6570}{39,5 \cdot 10^3} - \frac{592 + 0 + 24 \cdot 10^3}{39,5 \cdot 10^3} = 0,539$$

Yoqilg'ining solishtirma sarfi:

$$b = \frac{764 + 640}{39,5 \cdot 10^3 \cdot 0,539} = 0,0662 \text{ kg / kg}$$

Yoqilg'ining soatli sarfi:

$$V = 0,0662 \cdot 741 = 49,0 \text{ kg/soat.}$$

Tejalgan yoqilg'i:

$$\Delta V = \frac{67,6 - 49,0}{67,6} \cdot 100 = 27,5\%$$

Bundan tashqari, rekuperatorning urnatilishi qurilma-ning unumdorligini ham oshiradi.

**2 – masala.** Quyidagi tarkibda berilgan:  $C^i = 62,7\%$ ;  $H^i = 3,1\%$ ;  $S^i = 3,1\%$ ;  $S^i = 2,8\%$ ;  $N^i = 0,9\%$ ;  $O^i = 1,7\%$ ;  $A^i = 23,8\%$ ;  $W^i = 5,0\%$  ko'mirning 1 kg miqdori to'la yoqilganda hosil bo'ladigan ikki va uch atomli gazlarning hajmi va  $CO_2$  qamda  $SO_2$  quruq gazlarning miqdori aniqlansin. To'la yonish natijasida tutun gazlari tarkibidagi uch atomli gazlarning miqdori  $RO_2^{MAKS} = 18,5\%$  deb qabul qilinsin.

**Yechish :** Uch atomli gazlarning miqdori

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} = 0,0187(C^i + 0,375S^i) = 0,0187(62,7 + 0,375 \cdot 2,8) = 1,19 \text{ m}^3/\text{kg.}$$

$$V_{K.G} = \frac{V_{RO_2}}{RO_2^{MAKS}} \cdot 100 = \frac{1,19}{18,8} \cdot 100 = 6,33 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

Quruq gazlarning hajmi:

$$\text{Ikki atomli gazlarning hajmi: } V_{R_2} = V_{K.G} - V_{RO_2} = 6,33 - 1,19 = 5,14 \text{ m}^3/\text{kg.}$$

Quruq gazlardagi  $CO_2$  ning miqdori

$$CO_2 = \frac{V_{CO_2}}{V_{KG_2}} \cdot 100 = \frac{0,0187C^i}{V_{KG_2}} \cdot 100 = \frac{0,0187 \cdot 62,7}{6,33} \cdot 100 = 18,5\%$$

Quruq gazlardagi  $SO_2$  ning miqdori

$$SO_2 = \frac{V_{SO_2}}{V_{KG}} \cdot 100 = \frac{0,0187S^i}{V_{KG}} \cdot 100 = \frac{0,0187 \cdot 0,375}{6,33} \cdot 100 = 0,31\%$$

## MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

**1–masala.** Quyidagi tarkibda berilgan 2000 m<sup>3</sup>/soat tabiiy gazni:  $CO_2 = 0,5\%$ ;  $CH_4 = 92,8\%$ ;  $C_2H_6 = 2,8\%$ ;  $C_3H_8 = 0,9\%$ ;  $C_4H_{10} = 0,4\%$ ;  $C_5H_{12} = 0,1\%$ ;  $N_2 = 2,5\%$ ; va ikkinchi turdagi 1000 m<sup>3</sup>/soat gazni:  $CO_2 = 0,1\%$ ;  $CH_4 = 89,7\%$ ;  $C_2H_6 = 5,2\%$ ;

$C_3H_8=1,7\%$ ;  $C_4H_{10}=0,5\%$ ;  $C_5H_{12}=0,1\%$ ;  $N=2,7\%$  yoqish uchun zarur bo'lgan havoning nazariy va kalsiy hajmlari aniqlansin. O'txona kamerasidagi havoning ortiqlik koeffitsienti tegishli  $\alpha_{\text{H}}=1,15$  va  $1,1$ .

**Javob:**  $V^0=29360 \text{ m}^3/\text{soat}$ ;  $V_{\text{QAK}}=33264 \text{ m}^3/\text{soat}$ .

**2–masala.** Qozon o'txonasida  $600\text{m}^3$  tabiiy gaz yoqiladi, uning tarkibi:  $\text{CO}_2=0,2\%$ ;  $\text{CH}_4=98,5\%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6=0,2\%$ ;  $\text{C}_3\text{H}_8=0,1\%$ ;  $\text{N}_2=1,0\%$ . O'txonadagi qavoning ortiqlik koeffitsienti  $\alpha_{\text{O}}=1,15$  bo'lganda yonish mahsulotlarining hajmi aniqlansin.

**Javob:**  $V_g=7210 \text{ m}^3$ .

**3–masala.** Pech o'txonasida ikki xil ko'mir yoqiladi. Ulardan birinchisining sarfi  $2 \cdot 10^3 \text{ kg}/\text{soat}$  va tarkibi  $C_{\text{n}}^i=49,3\%$ ;  $H_1^i=3,6\%$ ;  $S_1^i=3,0\%$ ;  $N_1^i=1,0\%$ ;  $O_1^i=8,3\%$ ;  $A_1^i=21,8\%$ ;  $W_1^i=3,0\%$  va ikkinchisining sarfi  $3 \cdot 10^3 \text{ kg}/\text{soat}$ , tarkibi:  $C_2^i=55,2\%$ ;  $H_2^i=3,8\%$ ;  $S_2^i=3,2\%$ ;  $N_2^i=1,0\%$ ;  $O_2^i=5,8\%$ ;  $A_2^i=23$ ;  $W_2^i=8\%$ . Agar o'txonadagi havoning ortiqlik koeffitsienti  $\alpha_{\text{O}}=1,3$  bo'lsa, aralashmaning to'la yonishi natijasida hosil bo'ladigan gazning hajmi aniqlansin.

**Javob:**  $V_G=37480 \text{ m}^3/\text{soat}$ .

**4–masala.** Qozon o'txonasida  $600\text{m}^3$  tabiiy gaz yoqiladi, uning tarkibi:  $\text{CO}_2=0,4\%$ ;  $\text{CH}_4=97,0\%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6=0,4\%$ ;  $\text{C}_3\text{H}_8=0,2\%$ ;  $\text{N}_2=2,0\%$ . O'txonadagi qavoning ortiqlik koeffitsienti  $\alpha_{\text{O}}=230,0$  bo'lganda yonish mahsulotlarining hajmi aniqlansin.

**Javob:**  $V_g=14420 \text{ m}^3$ .

**5 – masala.**  $3 \cdot 10^6 \text{ kg}$  B2 markali ko'mirni tashish paytida namligi  $W_1^i=32\%$  dan  $W_1^i=32\%$  gacha ko'tariladi. Agar  $W_1^i=32\%$  bo'lganda yoqilg'ining ishchi massasiga ko'ra quyi yonish issiqligi  $Q_q^i=10435 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  bo'lsa shartli yoqilg'iga nisbatan yoqilg'I isrofini aniqlang.

**Javob:**  $B_{sh}=58460 \text{ kg}$ .

## Nazorat savollar

1. Qanday yoqilg'ilar tabiiy qattiq yoqilg'ilar sanaladi?
2. Sun'iy yoqilg'ilarga qanday mahsulotlar kiradi?
3. Tabiiy qattiq yoqilg'ini asosiy turlarining ko'rsatkichlari?
4. Shartli yoqilg'i deb nimaga aytiladi?
5. Yuqoriharoratli jarayonlar qanday sanoat sohalarida amalgam oshiriladi?
6. Past haroratli jarayonlar qanday sanoat sohalarida amalgam oshiriladi?
7. Energiya tejamkorligi deganda nimani tushunasiz?
8. O'txonaning barqaror ishlashiga nima qilish kerak?
9. Yoqilg'ini uyurmaviy yoqishda, o'txonada nima bilan tavsiflanadi?.
10. Siklonli o'txonalarini chizmasini tushuntirib bering.
11. Qattiq yoqilg'i qaysi holatiga keltirilishi lozim?
12. Suyuq yoqilg'i uchun kaysi yoqish usullaridan foydalanish kerak?

## IV-BOB. ELEKTRIK PECHLAR

### 4.1. Elektr energiyasi yordamida qizdirish usullari

**Tayanch iboralar:** *elektr pechlarida, elektr energiyasi yordamida qizdirish, qarshilik pechlarida bilvosita qizdirish, bevosita qizdirish, induksion yuqori*



*chastotali qizdirish, elektron - nurli qizdirish, plazmali qizdirish. ;*

Zamonaviy texnikaga yuqori darajadagi sof metall va qotishmalar zarur. Ular yuqori yuklama va haroratlarda ishlaydigan detallar (gaz turbinalarining kurakchalari, raketa dvigatelining qismlari)ni tayyorlashda qo'llaniladi. Bu maqsadlar uchun niobiy, molibden, tantal, volfram va ularning qatnashchilari ishlatiladi. Ular tarkibida juda kam miqdorda gaz aralashmalari (azot, kislorod, vodorod) va shuningdek, qattiq aralashmalar (uglerodli va boshqalar) bo'lsa, metallarning mexanik xossalari keskin pasayib ketadi, murtligi oshadi, payvandlanishi yomonlashadi va hokazo.

Yuqori sifatli sof metall va qotishmalar **elektr pechlarida** olinadi. Elektr pechlarida chuqur vakuum ( $10^{-5}$ - $10^{-7}$  mm.sm.ust.gacha)ni hosil qilish va shuningdek, himoyalovchi atmosferadan foydalanish mumkin. Vakuum texnikasining tez rivojlanishi natijasida chuqur siyraklik sharoitida 30 t. va undan og'ir sof quymalarni olish imkoniyatiga ega bo'linadi. Bunday sharoitda olingan metallning fizik va mexanik xossalari keskin yaxshilanadi. Masalan, vakuumda eritib olingan po'latdan yasalgan podshipnik (turumtak)ning ishlash muddati 4-5 marta ortadi. Elektrik qizdirish paytida ishchi kameradagi haroratni  $\pm 1-6^{\circ}\text{S}$  aniqlik bilan rostdash mumkin. Bu oldindan belgilangan xossali metallar olish uchun muhim ahamiyatga ega.

### **Hozirgi paytda sanoatda qo'llaniladigan elektrik qizdirish turlari**

#### **quyidagilarga bo'linadilar:**

***1) Qarshilik pechlarida bilvosita qizdirish;***

***2)Bevosita qizdirish;***

***3)Induksion yuqori chastotali qizdirish;***

***4)Yoyli qizdirish;***

***5)Elektron - nurli qizdirish;***

***6)Plazmali qizdirish;***

***7)Optik qizdirish.***

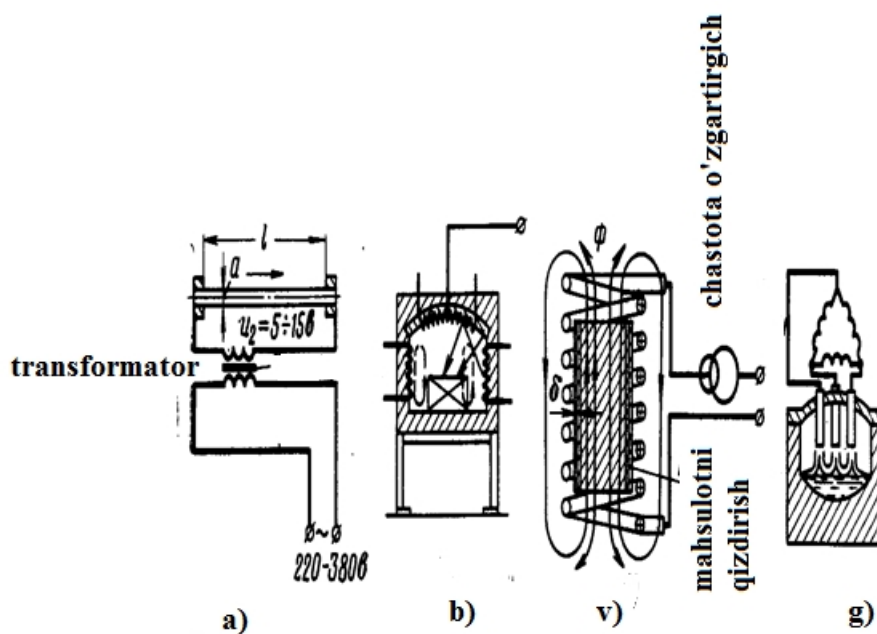
## 4.2. Qarshilik pechlari. Induksion yuqori chastotali qizdirish

**Tayanch iboralar:** qarshilik pechlari, induksion yuqori chastotali qizdirish, to'g'ri kontaktli qizdirish, qarshilik pechida bilvosita qizdirish, induksion qizdirish

### Qarshilik pechlarida bilvosita va bevosita qizdirish

Bilvosita qizdirish paytida elektrenergiyasining issiqlikga aylanishi yuqori ichki qarshilikka ega bo'lgan va issiqlikchidamli maxsus qizdirish elementlarida amalga oshiriladi. Yuqori haroratlarga qiziganelektrelementdan issiqlik qizdiriladigan buyumganurlanish, konveksiyava issiqlik o'tkazuvchanlik yo'lib bilan beriladi.

Elektr qizdirgich yordamida yuqori haroratgacha qizdirilgan pechning o'tgachidamli devorlari buyumga issiqlikni qisman nurlanish yo'li bilan beradi (4.1-rasm).



### 4.1- rasm. Elektr termik moslamalarining ishlash prinsipi.

a- to'g'ri kontaktli qizdirish; b - qarshilik pechida bilvosita qizdirish; v - induksion qizdirish; g - yoyli qizdirish.

Qizdirish elementlari nixrom, karborund, grafit, volfram, molibden kabi materiallardan yasalsa, 300-400°C dan to 3000°C gacha haroratlarga erishish

mumkin. Bundan tashqari, yuqoridagi materiallar qo'llanilganda ishchi kamerada oksidlanish, tiklanish jarayonlarini amalga oshirish va neytral hamda vakuumli atmosferani yaratish mumkin bo'ladi.

Pech iste'mol qiladigan quvvat quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$N = Q_{\text{SEK}} = 0,001 I^2 R, \text{ kVt} \quad (4.1)$$

bunda:  $Q_{\text{SEK}}$ - pechda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori, Vt;

$I$  - tok kuchi, A;

$R$ - qizdirish elementining qarshiligi, Om.

### **Bevosita qizdirish**

To'g'ridan-to'g'ri qizdirish usuli qo'llanilganda qizdiriladigan buyumdan tok o'tishi natijasida unda issiqlik hosil buladi (4.1-rasm). Qizdiriladigan buyumning hajmida issiqlikning hosil qilinishi issiqlik yo'qotilishlarini keskin kamaytirish imkonini beradi, shuning uchun qizdirishning bu usuli yuqori foydali ish koeffitsientiga ega.

Kontaktli qizdirish yordamida uzun detallar, masalan prujina uramlari tayyorlanadigan metall chivirlari qizdirib yumshatiladi.

### **Induksion yuqori chastotali qizdirish**

Induksion qizdirishning o'ziga xos tomoni elektr energiyasini o'zgaruvchan magnit oqimi yordamida issiqlikka aylantirishdan iborat. Agar silindrik burama g'altak (induktor) dan o'zgaruvchan elektr toki o'tkazilsa, u holda g'altak atrofida o'zgaruvchan magnit maydoni  $F_m$  hosil bo'ladi (12- v rasm). Magnit oqimi g'altak ichida eng yuqori zichlikka ega bo'ladi.

Induktor ichiga tok o'tkazuvchi metall buyum joylashtirilsa, unda elektr yurituvchi kuch hosil bo'ladi, uning oniy qiymati quyidagiga teng:

$$e = \frac{dF_m}{d\tau}. \quad (4.2)$$

Elektr yurituvchi kuch ta'sirida tez o'zgaruvchi magnit maydoniga joylashtirilgan metallda elektr toki hosil buladi. Bu tokning qiymati materialni kesib o'tuvchi magnit oqimiga va magnit oqimini keltirib chiqaruvchi tokning chastotasiga bog'liq

bo‘ladi.

Induksion qizdirish usuli qo‘llanilganda bevosita qizdirilayotgan material hajmida issiqlik ajralib chiqadi; bu issiqlikning ko‘p qismi materialning sirtqi qatlamlarida hosil bo‘ladi. Eng ko‘p issiqlik ajralib chiqadigan qatlam qalinligi:

$$\delta = 5030 \sqrt{\rho / \mu f}, \text{ cm} \quad (4.3)$$

bunda  $\rho$  - solishtirma qarshilik,  $\text{Om} \cdot \text{sm}$  ;

$\mu$  - materialning nisbiy magnit o‘tkazuvchanligi ;

$f$  - chastota (o‘zgaruvchan tokning 1 sek.dagi o‘zgarishlari soni), Gs.

Keltirilgan formuladan ko‘rinadiki, berilgan metall uchun chastota ortishi bilan faol qatlamning qalinligi kamayar ekan. Chastota asosan texnologik talablar asosida tanlanadi. Masalan, metallarni eritish uchun 50-2500 Gs, qizdirish uchun - 10000 Gs. gacha va metall sirtini toblash uchun esa 30000 Gs. talab qilinadi.

Cho‘yan eritish paytida sanoat chastotasi (50 gs.) qo‘llaniladi, bu qurilmaning umumiy FIKini oshirish imkonini beradi, chunki chastotani o‘zgartirish bilan bog‘liq bulgan energiya yuqotilishlari sodir bulmaydi.

Induksion qizdirish tezkor usul hisoblanadi, chunki issiqlik bevosita qizdirilayotgan metallning ichida ajralib chiqadi, buning natijasida induksion elektr pechlarida nur qaytaruvchi alangali pechlardagiga nisbatan metallni 2-3 marta tez eritish imkoniyati yaratiladi. Induksion qizdirish yordamida 3000<sup>0</sup>S va undan yuqori haroratlarga erishish mumkin.

### 4.3.Yoyli qizdirish va eritish

Yoyliqizdirishpaytidaelektrenergiyasiningissiqlikkaaylanishielektryoyiningmash’ali daamalgaoshiriladi (4.1-rasm). Elektr yoyi elektrodlar o‘rtasida yuzaga keladigan alohida (mustaqil) gazli razryadning bir ko‘rinishidan iborat. Yoy razryadini hosil qilish uchun potentsiallar farqi ostida bo‘lgan elektrodlar avval bir-biriga tegiziladi. Yuqori qiymatli tok hisobiga elektrodning o‘zaro tutashgan joylari shu darajada qiziydiki, natijada elektronlarning termoemissiyasi yuzaga keladi.

Razryadlanish oralig‘idagi yuqori haroratgacha qizdirilgan gaz fazasi o‘z

energiyasini qizdirilayotgan metallga asosan nurlanish yuli bilan beradi. Yoyli razryadning ustuni gazli plazmadan, ya'ni ionlashtirilgan holatdagi gazdan iborat. Plazma yuqori energiyali neytral gaz zarrachalaridan, musbat ionlar va elektronlardan tashkil topgan. Musbat ionlar bilan elektronlarning zaryadlari o'zaro teng bulib, elektrik nuqtai nazardan plazma ustuni neytraldir.

Yoyning harorati yoy yonayotgan gazning ionlanish potensialiga proporsional bo'ladi va quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$T_{yo} = 800 \cdot U_i, \text{ } ^\circ\text{K}; (4.4)$$

bunda :  $U_i$  - gazning ionlanish potentsiali, V ;

Turli elementlarning ionlanish potentsiali 3,87 dan to 24,5 V gacha o'zgargani uchun, bu formuladan ma'lum bo'ladiki, atmosfera bosimi sharoitida yoyning harorati 3200<sup>0</sup> K dan to 20000<sup>0</sup>K gacha orliqda bo'lishi kerak. SHuning uchun qizdirishning bu usuli sifatli po'lat eritish va shuningdek, qiyin eriydigan va o'tga chidamli materiallarni eritish uchun qo'llaniladi.

### **Nazorat savollar**

1. Elektr energiyasi yordamida qizdirish usullarini sanab bering.
2. Qarshilik pechlari haqida nimalarni bilasiz?
3. Induksion yuqori chastotali qizdirish to'g'risida gapirib bering.
4. Yoyli qizdirish va eritish qaerlarda ishlatiladi?
5. Elektr pechlarning turlarini aytib bering.
6. Elektr pechlar qaysi sohalarda qo'llaniladi?

## V-BOB.YUQORI HARORATLI JARAYONLARDA BO'LADIGAN HARAKATLAR

### 5.1.Elektron - nurli qizdirish va eritish

**Tayanch iboralar:***elektronlarning yo'naltirilgan oqimi pushkalar, eritilgan metallar, elektron nurlanishli qurilma, elektron vakuum*

Eritilgan metallarning xossalari ular tarkibidagi aralashmalar, ayniqsa kislorod, vodorod va azot miqdoriga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq bo'ladi. O'ta toza metallarni faqat chuqur vakuum sharoitida eritish yo'li bilan olish mumkin. Bu amallarni yuqori samara bilan elektron-nurli eritish yordamida amalga oshirish mumkin.

Ma'lumki,  $U_T$  potentsiallar farqiga ega bo'lgan elektrodlar orasidagi bo'shliqda joylashgan erkin elektron anod tomon harakatlanadi. Elektronning harakatlanish tezligi  $U_T$  kattalikga bog'liq bo'lib, uni quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$S \approx 600\sqrt{U_T}, \quad km/sek \quad (5.1)$$

Bunda : S - elektronning elektr maydonidagi tezligi, km/sek;

$U_T$ - potentsiallar farqi (tezashtiruvchi kuchlanish), V.

Elektron vakuum sharoitida harakatlansa, uning energiyasi havo molekulari bilan to'qnashishga sarflanmaydi, shuning uchun elektronning elektr maydoni ta'sirida ega bo'lgan kinetik energiya quyidagi tenglik bilan ifodalanishi

$$\text{mumkin: } \varepsilon U_T = \frac{mc^2}{2}, \quad (5.2)$$

bunda : m- elektron massasi,  $9,1 \cdot 10^{-28}$  gr.ga teng;

$\varepsilon$ - elektron zaryadi,  $1,6 \cdot 10^{-19}$  K. ga teng;

$U_T$ - potentsiallar farqi , V .

Keltirilgan (5.1) va (5.2) tenglamalardan ko'rinadiki, elektronning kinetik energiyasi elektrodlar o'rtasidagi potentsiallar farqiga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq.

Elektron anod materiali tomonidan yutilganda uning kinetik energiyasi (taxminan 70-80 % i) issiqlikka aylanadi. Agar katod elektrodi termoelektronli emissiya boshlanadigan haroratgacha qizdirilsa, katod va anod elektrodleri o'rtasida katodning emissiya tokiga teng elektronlar oqimi (anod toki) yuzaga keladi.

Anodni tez elektronlar oqimi tomonidan bombardimon qilinishi hisobiga harorat tezda ko'tarilib ketadi. Qizish tezligi va chegaraviy haroratning qiymati potentsiallar farqiga va anod tokiga, ya'ni elektron oqimning quvvatiga, bog'liq bo'ladi;

$$N_0 = I_a U_T, Vt; \quad (5.3).$$

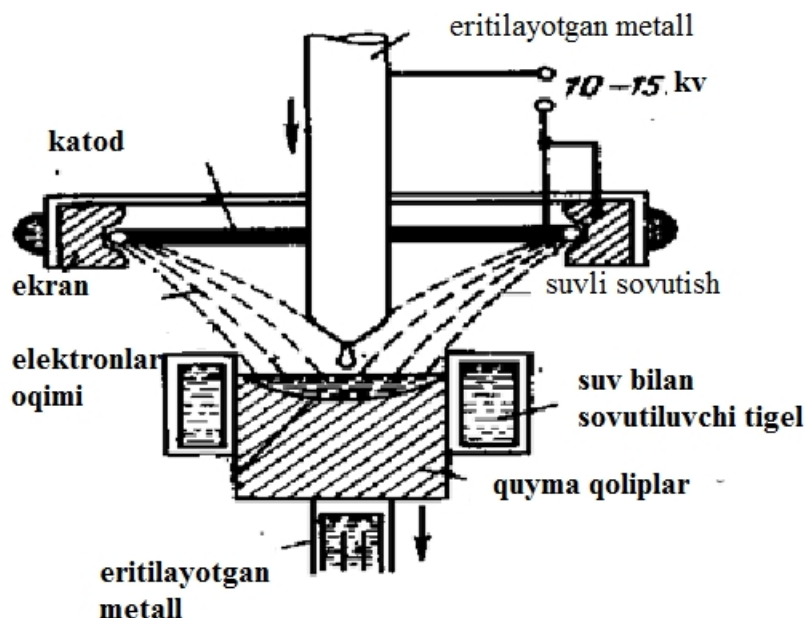
bunda :  $N_0$  - elektron oqimining quvvati, Vt ;

$I_a$  - anod toki, A ;

$U_T$ - tezashtiruvchi kuchlanish, V.

Qizdiriladigan metall anod vazifasini bajaradigan qurilmalar texnikada keng qo'llaniladi. Bu qurilmalarda (5.1- rasm) erkin elektronlar manbai vazifasini termokatod o'taydi, u volfram yoki tantal simlaridan halqa ko'rinishida tayyorlanadi. Qizdiriladigan metall termokatod halqasining o'qi bo'uylab joylashtiriladi va ular o'rtasidagi potentsiallar farqi 10-15 kV.ga etkaziladi. Termokatoddan tok o'tkazilib, uni 2000-2500°C gacha qizdiriladi. Elektron bombardimon qilish natijasida metall hattoki qaynash va bug'lanish haroratigacha

qizdirilishi mumkin. Yoʻnaltirilgan elek-tronlar oqimi (nuri) ega boʻlgan termik qurilmalar yuqori ishonchli hisoblanadi.



**5.1- rasm. Elektron nurlanishli qurilmaning sxemasi.**

Elektronlarning yoʻnaltirilgan oqimi pushkalar yordamida hosil qilinadi; ularning ishlash prinsipi elektronlar magnit yoki elektr maydonidan oʻtayotganida oʻz yoʻnalishini oʻzgartira olish xususiyatiga asoslanadi. Elektron optika qonunlaridan foydalanib va magnit maydonining shakli elektron va jadalligini tanlash yoʻli bilan erkin uchuvchi elektronlarni elektron tutamga yigʻish mumkin. Chuqur vakuumda elektron nur bilan faqat oʻtga chidamli metallarni eritish uchun foydalanibgina qolmay, balki bu usul maxsus poʻlatlarning sifatini oshirish uchun ham qoʻllaniladi. Bunday usulda olingan poʻlat oddiy poʻlatga nisbatan turt barobar koʻup vaqt davomida ishlaydi va ulardan tayyorlangan qismlar ishonchliroq boʻladi.

## **5.2. Plazmali qizdirish va eritish**

**Tayanch iboralar:** *suv bilan sovutiladigan metall katod elektrod, zichlagich, suv bilan sovutiladigan kamera, elektr yoyi, soploli anod elektrod, plazma oqimi.*

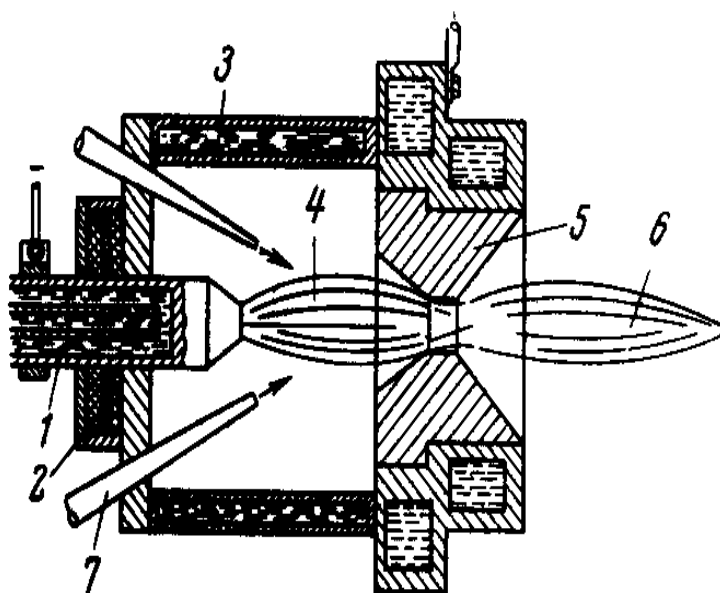
Yuqorida koʻrsatilganidek, elektr energiyasining yoyli razryad sharoitida



issiliqlikka aylanishi gazli plazma hosil bo'lishi bilan amalga oshadi. Oddiy yoyli razryad paytida plazma atrof-muhitdagi gaz molekulalaridan hosil bo'ladi. Agar yoyli razryad gaz oqimida sodir bo'lsa, u holda qizigan ionlashgan gaz mash'ali hosil bo'ladi. Atmosfera bosimidagi plazma oqimida harorat 800-3000<sup>0</sup>S gacha etishi va bu oqimdan yuqori haroratli qizdirish maqsadida foydalanish mumkin.

Plazma oqimini shakllantirish maxsus plazma generatori yoki plazmatronlar yordamida amalga oshiriladi. Plazma generatori ikkita elektrod joylashtirilgan kameradan iborat; anod elektrodi soploli maxsus plastina ko'rinishida va katod elektrodi esa - oddiy tayoqcha ko'rinishida bajariladi.

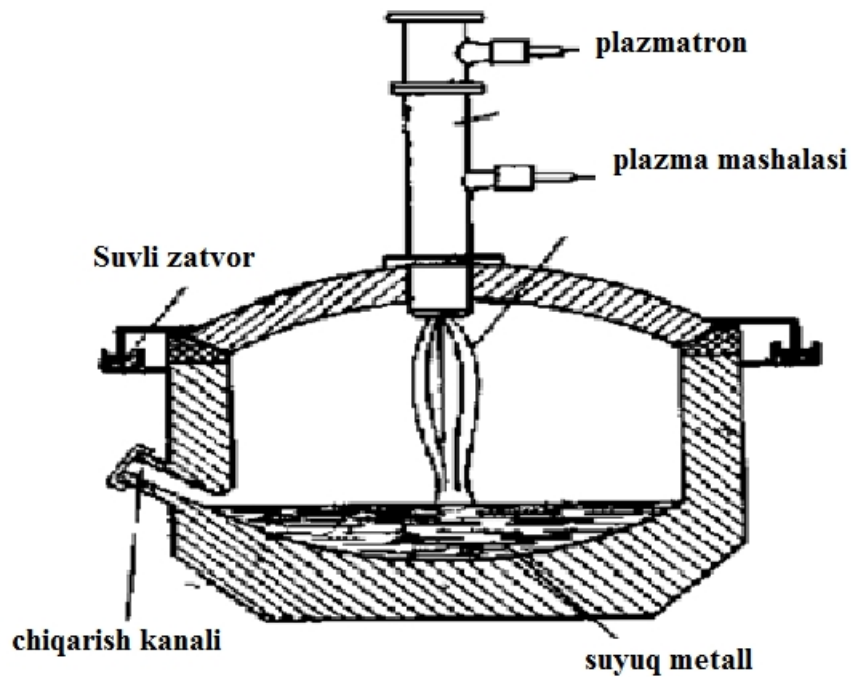
Plazma generatorining tuzilishi 5.2-rasmda keltirilgan. Agar elektrodlar o'rtasida yoy hosil qilinib, kameraga gaz berilsa, anod elektrodining soplosidan yuqori haroratli plazma oqimi otilib chiqadi. Soplodan chiqayotgan plazma oqimi o'z energiyasini qizdirilayotgan jismga issiqlik nurlanishi va isciqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan va shuningdek, plazmaning yo'naltirilgan harakatining kinetik energiyasi hisobiga beradi. Plazmatronlardan tashqari plazma generatorlarining shunday konstruksiyalari mavjudki, ularda plazma yuqori chastotali induksion razryadlar yordamida hosil qilinadi.



**5.2- rasm. Plazma generatorining sxemasi.**

*1- suv bilan sovutiladigan metall katod elektrodi; 2-zichlagich; 3-suv bilan sovutiladigan kamera devorlari; 4-elektr yoyi; 5-soploli anod elektrodi; 6- plazma*

*oqimi; 7-gazni berish.*



### **5.3- rasm. Plazmali eritish pechining sxemasi.**

Yuqori chastotali induksion razryad elektrod materiali bilan ifloslanmagan sof plazma olish imkonini beradi, shuning uchun uning yordamida kimyoviy toza materiallarni qizdirish va eritish mumkin. Plazma oqimida energiyaning yuqori darajada to'planganligi va ixtiyoriy atmosferalarni (tiklovchi, neytral va oksidlovchilarni) yaratish mumkinligi kelajakda gaz ximiyasi va metallurgiyada plazmali qurilmalarni qo'llash uchun keng imkoniyatlar yaratadi. 5.3- rasmda plazmali eritish pechining sxemasi keltirilgan.

### **5.3. Optik qizdirish va eritish**

Qizdirishning optik usuli qo'llanilganda fokuslangan yorug'lik nurlanishidan foydalaniladi. Optik qurilma asosan nurlanish manbaidan va nur oqimini fokuslovchi nur qaytargichlar tizimidan iborat. Nurlanish manbai sifatida cho'g'lanish lampalaridan, grafitli qizdirish elementlaridan, yoyli lampalardan,

plazmali nur taratgichlardan va ayrim hollarda-quyosh energiyasidan foydalaniladi. Optik sistema reflektorli (ya'ni nur qaytarish optikasi qo'llaniladigan) sxemaga yoki refraktorli (ya'ni linza optikasi qo'llaniladigan) sxemaga ega bulishi mumkin. Optik qurilmalarda nurlanish oqimining solishtirma quvvati (yoki integral zichligi)  $100-1000 \text{ Wt/sm}^2$  bo'lib, qizdirish haroratining  $1000-4000^0\text{K}$  atrofida bo'lishi ta'minlanadi. Optik pechlarda shishali yoki metalli nur qaytargichlardan foydalaniladi. Qizdiriladigan buyumning nurlanish darajasi nurlanish manbaining elektr quvvatini o'zgartirish yo'li bilan yoki nur oqimining bir qismini to'sish yo'li bilan rostlanadi.

Optik pechlarda materiallarni yuqori haroratli qizdirish va ularga havoda, vakuumda yoki nazoratlanadigan atmosferada termik ishlov berish amalga oshiriladi. Pechning qizdirish kamerasi butunlay yoki qisman shaffof material (kvars shishasi)dan yasalishi lozim.

### **Nazorat savollar**

1. Elektron - nurli qizdirish va eritish haqida nimalarni bilasiz?
2. Plazmali qizdirish va eritish to'g'risida gapirib bering.
3. Optik qizdirish va eritish qayerlarda ishlatiladi?
4. Elektron - nurli qizdirish va eritishni afzalliklari nimada?
5. Optik qizdirish va eritish qaysi sohalarda qo'llaniladi?
6. Plazmali qizdirish va eritish qaysi sohalarda qo'llaniladi?

## **VI- BOB. JISMGANURLANISH BILAN ISSIQLIK BERILISHI**

## 6.1. Metalga nurlanish bilan berilgan issiqlik miqdori

Gazdan va devordan metalga nurlanish bilan berilgan issiqlik miqdori quyidagifor mulabilan hisoblanadi.

$$Q_{\text{NUR}} = S_{G.D.M} F_M [(T_G / 100)^4 - (T_M / 100)^4] Vt$$

$S_{G.D.M}$  - gazdan va devordan metalga berilgan nurlanish koeffitsenti.

Bu koeffitsent

$$S_{G.D.M} = S_0 S_M \frac{1/\varphi + (1 - E_G)}{[E_M + E_G(1 - E_M)][1 - E_G]/E_G + (1/\varphi)};$$

$S_0$  - absolyut qora jismning nur o'tkazish koeffitsenti.

$1/4 = \omega$  - devorning balandligini oshirish darajasi.

Bu kattalik hamma ichki devor yuzalarining yig'indisini issiqlik nurini kabul qiladigan metall yuzasiga nisbatiga ham tengdir.

$$1/4 = \omega = F_D F_M ;$$

Issiqlik uzatishida devorning roli pechning o'lchami va konstruktiv formasiga juda ham bog'liq.

Agar pechning shifti kancha baland bo'lsa, devor balandligini oshirish darajasi shuncha katta bo'ladi.

Pechning shiftining balandligini oshirib borishimiz mumkin, kachonki olov o'sha pechning butun ishchi xajmini to'ld

irib borsagina foydalansa bo'ladi. Agarda olov o'sha pechning xajmini to'ldirib bormasa unda pechning shifti atrofida sovigan gaz yig'ilib koladi va bu xech kanday foyda keltirmaydi. Demak bu issiqlikka chidamli va boshqa materiallarni ko'p sariflanishiga va issiqlikning ko'prok yo'qolishiga olib keladi.

Asosan devor balandligini oshirish darajasi 2-3,5 atrofida bo'ladi.

## 6.2. Domna pechidagi issiqlik almashinuvi

Domna pechlaridamahsuloty uqoridan pastga qarab,

gazbo'lsashuncha qarama-qarshiboradi. Shunday qilib gaz bilan mahsulot o'rtasida qarama-qarshi yo'nalish hosil buladi.

Gaz bilan mahsulot bulaklari orasidagi issiqlik almashinuvi suvning ekvivalentlik nisbatiga bog'liq.

Gazdagi suv ekvivalenti

$$W_G = S_G \cdot G_G$$

$G_G$  - gazning sarflanishi

$S_G$  - gazning issiqlik sig'imi

Mahsulotdagi suv ekvivalenti

$$W_{SH} = S_{SH} \cdot G_{SH}$$

$G_{SH}$  - mahsulotning sarflanish

$C_{SH}$  - mahsulotning issiqlik sig'imi

Agar  $W_G > W_{SH}$  bo'lsa mahsulotning harorati ( $T_{SH}$ ) gazning boshlang'ich haroratigacha ( $T_G^1$ ) ko'tariladi va gaz pechdan oxirgi harorat ( $T_G''$ ) bilan chikib ketadi. SHu sharoitda domna pechining turli balandlik nuqtasidagi mahsulot haroratni ( $T_{SH}$ ) quyidagi formula bilan aniqlashimiz mumkin.

$$(T_{SH} - 273) / (T_G' - 273) = 1 - \exp [-\mu (\alpha_v / C_{SH}(1-f)) (1 - W_{SH} / W_G) \tau] .$$

$\mu = 1 / 1 + (1 / S) Bi$  - koeffitsent bo'lib asosan Bi kriterisiga bog'liq.

$\alpha_v$  - hajmiy issiqlik berish koeffitsenti.

f – siraklik.

$\tau$  - mahsulotning pechga tushganidan to chiqib ketganigacha vaqti.

Agarda  $W_{SH} > W_G$  bo'lsa, gaz o'zining issiqligini mahsulotga to'lik beradi va o'zi mahsulotning kirish haroratigacha soviydi. Ammo lekin bu issiqlik mahsulotni gazning boshlang'ich haroratigacha isitish kobiliyatiga ega emas. Mahsulot issiqlik almashiluidan keyin keraklicha kizimagan bo'ladi va mahsulotning harorati gazning haroratidan past bo'ladi.  $T_{SH} < T_G$ .

Demak, pechning turli balandlik nuqtasidagi gazning harorati bu issiqlik almashuv sxemasida quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$T_G' - T_G / T_G - T_{SH} = 1 - \exp [-\mu (\alpha_v / C_{SH}(1-f)) (W_{SH} W_G - 1) \tau] :$$

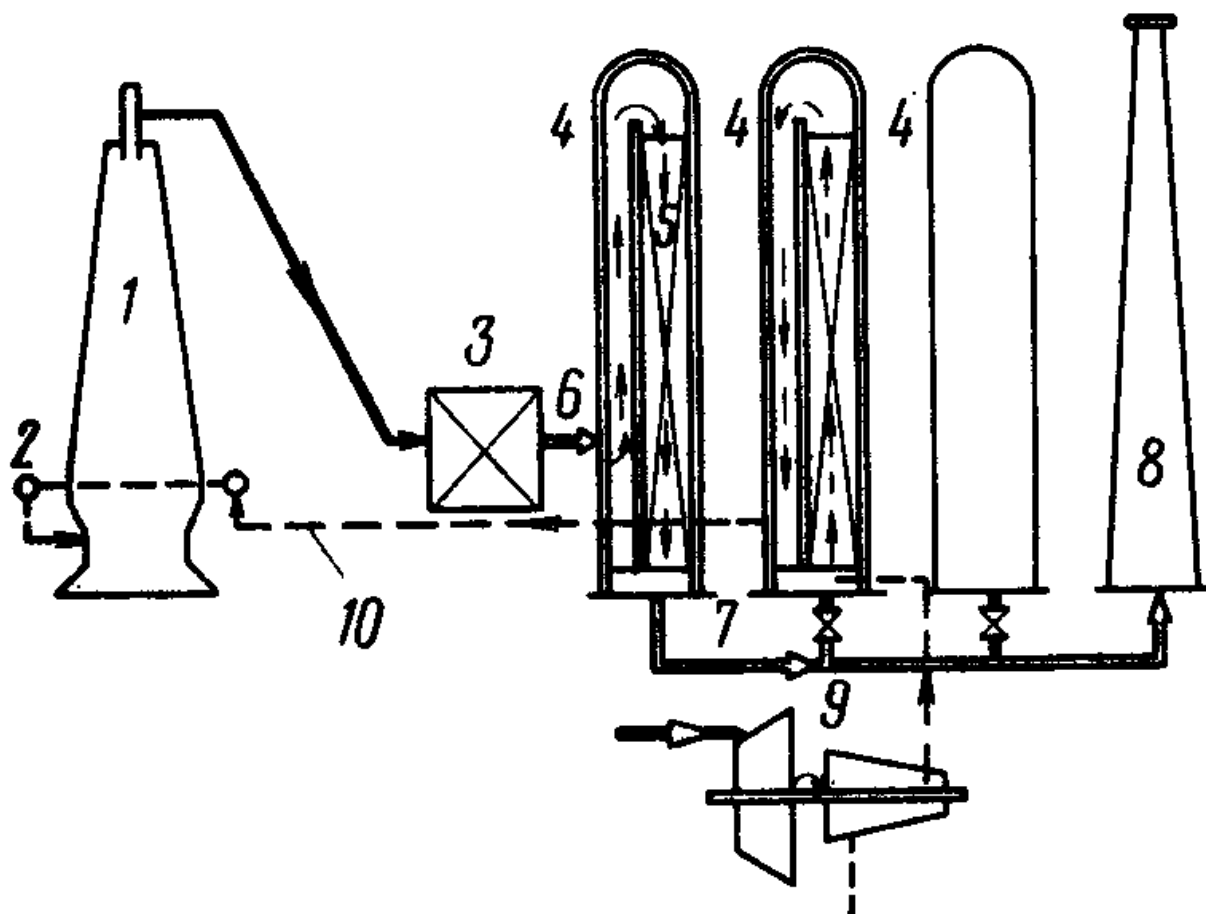
A mahsulotning harorati issiqlik balansi orqali aniqlanadi.

$$(T_{SH}-T_{SH}') W_{SH} = (T_G'-T_G) W_G$$

### 6.3. Issiqliknidomnapechidagiregeneratsiyasxemasi

Mahsulotbo‘laklaribilangazorasidagiissiqlikalmashinuviuchxilusulbilansodir bo‘ladi. Konveksiya, issiqlik o‘tkazish va nurlanish.

Bu pechlarda asosan konveksiya usulida issiqlik almashiladi, sababi mahsulot bo‘laklari bir biriga juda yaqin joylashgan shuning uchun issiqlik nurlari unga ta’sir qilmaydi.



6.1- rasm. Issiqliknidomnapechidagiregeneratsiyasxemasi.

1- domnapechi; 2- puflashkollektori; 3- domnagazinitozalash; 4- kauperlar; 5- regenerativnasadka; 6- yoqishqurilmasi; 7- yonishmahsulotlariniolibketish; 8- tutunquvuri; 9- quvurlihavopuflagich; 10- issiqhavonikeltirish.

Bu pechlarda issiqlik almashuvini hisoblashimizga issiqlik berish koeffitsentining hajmiga nisbatidan ( $\alpha_v$ ) va yuzasiga nisbatidan ( $\alpha_F$ )

foydalanishimizga olib koladi va bular orasida quyidagicha bog'liqlik bor.

$$\alpha_V = \alpha_F (1 - f)$$

F - mahsulot bo'laklarining o'rtacha nisbiy yuzasi.

**Bu gazning ishdashida balandligi bo'ylab issiqlik almashinuvi 3 xil zonaga bo'linadi.**

*1. Yuqori zona demak, bunda  $W_G > W_{SH}$  sharoitida sodir bo'ladi va gazning to'lik issiqligidan foydalanilmaydi.*

*2. O'rta zona, bunda issiqlik almashinuvi o'zining ekzotermik reaksiyasi natijasida sodir bo'ladi.*

*3. Pastki zona, bunda  $W_G = W_{SH}$ , va eng intensiv issiqlik almashinuvi jarayoni sodir bo'ladi.*

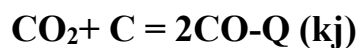
#### **6.4. Domnada choyan eritish va uning xususiyatlari**

Domna pechiga solingan shixtaga qizigan gazlar ta'sir etishi natijasida sodirbo'ladigan jarayonlar tufayli chuyan, shlak va koloshnik gazlari hosil bo'ladi. Domna pechida sodir bo'ladigan proseslar, asosan, yoqilg'ining yonishi, temir oksidlaridan temirning qaytarilishi, temirning uglerodga toyinishi, marganes, kremniy va boshqa qo'shimchalarning qaytarilishi hamda shlak hosil bo'lishidan iborat.

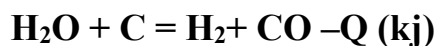
**Yoqilg'ining yonishi.** Domna pechiga solingan yoqilg'i (koks) pastga tomon tushar ekan, ko'tariluvchi gazlar ta'sirida qiziy boradi va furlar ruparasiga yetganda, gorngga haydalgan havo tarkibidagi kislorod hisobiga to'la yonadi, ya'ni koks uglerodi bilan kislorod reaksiyaga kirishadi, natijada karbonat anhidrid hosil bo'ladi va ma'lum miqdorda issiqlik ajralib chiqadi:



Hosil bo'lgan karbonat anhidrid yuqoriga ko'tariladi va qattiq qizigan koks qatlamlari orasidan o'ta turib, koks tarkibidagi uglerod bilan reaksiyaga kirishadi, natijada uglerod II oksid (is gazi) hosil bo'ladi va ma'lum miqdorda issiqlik yo'tiladi:



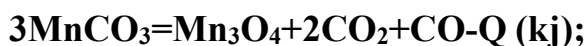
Bu reaksiya bilan bir vaqtda, pechga haydalgan havo tarkibidagi suv bug'idan uglerod vodorodni qaytaradi, natijada vodorod bilan uglerod II oksid aralashmasi hosil bo'ladi va ma'lum miqdor issiqlik yuritiladi:



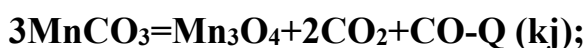
Yuqorida keltirilgan reaksiyalar natijasida ajralib chiqqan, uglerod II oksid (CO) hamda vodorod (H<sub>2</sub>) va havo bilan birga kirgan azot (N<sub>2</sub>) dan iborat gazlar aralashmasi yuqoriga tomon ko'tariladi va pastga tushayotgan shixta bilan uchrashib uni qizdiradi. Shu bilan birga, bu gazlarning ba'zilari, masalan, CO shixta materialli bilan reaksiyaga ham kirishadi.

Shixtaning yuqorigi qismida – temperaturasi 300° gacha bo'lgan zonasida shixta materiallari qurib, ulardan gigroskopik suv, 300-500°C li zonasida esa kristallizatsion suv bug' holida ajralib chiqadi. Suv bug' CO bilan reaksiyaga kirishib, qo'shimcha gazlar CO<sub>2</sub>, CO va H<sub>2</sub> hosil qiladi.

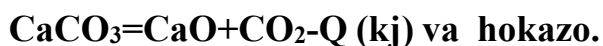
Shixta tarkibida karbonatlar bo'lsa, ular parchalanadi. Masalan, 350-400°C li zonada temir II karbonat parchalanadi:



5000°C dan sal yuqori temperaturali zonada marganets karbonat parchalanadi.



900°C chamasini temperaturasi zonada esa kal'siy karbonat parchalanadi:



Bu reaksiyalarning hammasida issiqlik yo'tiladi. Demak, 350 dan 900°C gacha temperaturalarda flyus va ruda karbonatlardan hosil bo'ladi. Karbonatlarning parchalanishidan hosil bo'lgan kal'siy va magney oksidlari hamda boshqa ba'zi oksidlar pechning yuqoriroq temperaturali zonasida tushganda bekorchi jinslar bilan qo'shilib, suyuqlanadi-da, shlak hosil qiladi.

**Shlak hosil bo'lishi.** Shlak domna pechining raspar va zaplechik qismlarida ruda tarkibidagi bekorchi jinslar, yoqilg'i kuli va oltingugurt hamda rudadagi qo'shimchalarning flyus bilan qo'shilib suyuqlanishidan hosil bo'ladi.



Domna protsessida shlakning ahamiyati juda katta, chunki olinadigan chuyanning sifati shlakning harakteriga bog'likdir. Masalan, chuyanda marganetsning miqdori ko'p bo'lishi kerak, negaki bunday shlakda  $MnO$  yomon eriydi, natijada marganets qaytarilib choyanga o'tadi. Agar choyan tartibida kremniyning miqdori ko'p bo'lishi talab etilsa, aksincha, shlakda oxak miqdori kam bo'lishi kerak va hakoza.

Hosil bo'lgan suyuq shlak gorndagi suyuq choyan ustida yig'iladi.

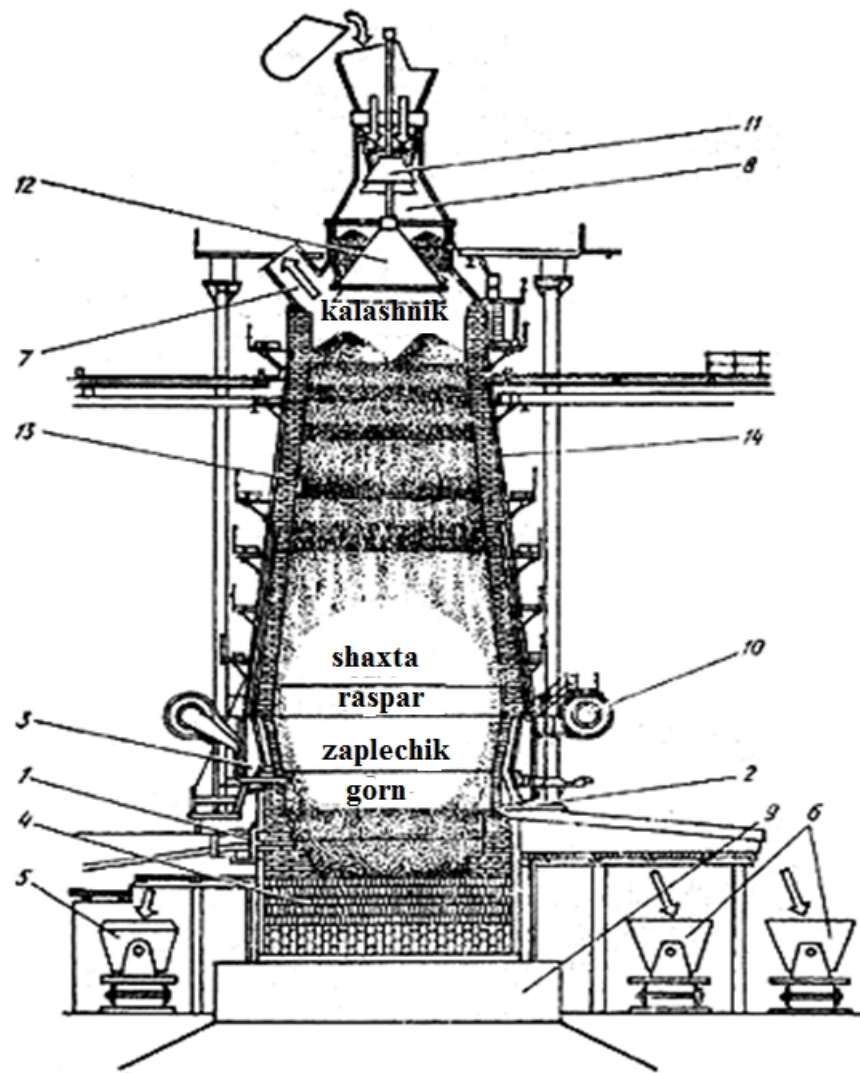
### **6.5.Po'latnichig'irlabyoyishjarayonitavsifi**

**Tayanch iboralar:***po'lat ishlab chiqarish sanoati, gorn,garning tubi,leshchad , zaplechik, domna pechi, raspar., shlak, shaxta hajmlari, domna pechining foydali hajmi.*

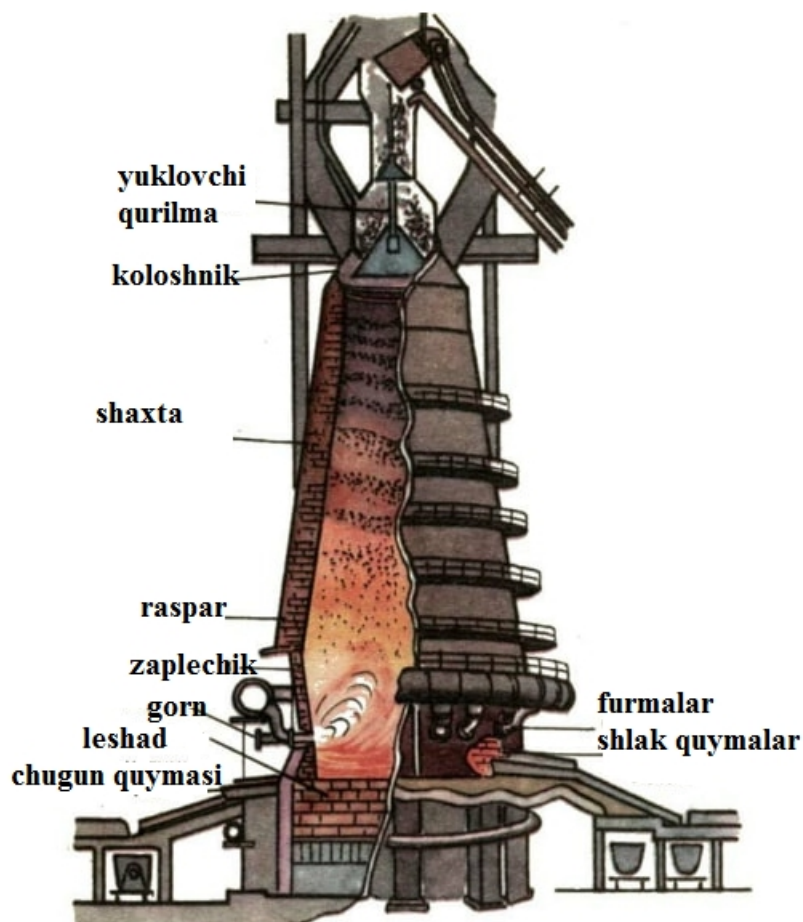
#### **Po'lat ishlab chiqarish sanoati**

Xozirgi zamon domna pechlari juda katta inshootlar bo'lib, boyi 70 m (foydali balandligi 35 metrgacha) ga yetadi, hajmi esa 2000...5000 m<sup>3</sup>dan oshadi. Bitta domna pechida so'tkasiga + 10000 t dan ko'proq chuyan ishlab chiqariladi. Domna pechlari, barcha shaxta pechlari kabi, qarshi oqim prentsipida ishlaydi, ya'ni yoqilg'i (koks), ruda va flyus domna pechining tepasidan tushiriladi. Ular o'z og'irligi ta'siri pechning tubiga tomon uzluksiz tushib turadi, pechning tubiga yoqilg'ining yonishidan hosil bo'lgan mahsulotlar-yuqori temperaturali gazlar tepaga uzluksiz ko'tarilib turadi. Domna pechi (6.2-rasm) beshta asosiy qismdan, gorn, zaplechik, raspar, shaxta va koloshnikdan iborat.

**Gorn.** Domna pechining bu qismida yoqilg'i yonadi, suyuq chuyan va shlak yig'iladi. Garning tubi **leshchad** deb ataladi, suyuq chuyan ana shu leshchad (1) ga oqib tushadi. Garnda leshchad sadxidan sal balandga chuyan chiqarish uchun teshik (2), undan yuqoriroq esa shlak chiqarish uchun teshik qilingan. Gorning yuqoridagi qismida aylana boylab furlalar (3) o'rnatilgan, bu furlalar soni o'n oltita va undan ortiqroq bo'ladi, yoqilg'ining yonishi uchun zarur bo'lgan havo pechga ana shu furlalar orqali xaydaladi. Qizdirilgan havo furlalarga xalqa truba (10) dan keladi. Gornda temperatura 1800°C dan oshadi.



**6.2-rasm.500 m<sup>3</sup> hajmli domna pechining sxemasi.** 1-chuean chiqarish novasi; 2- shlak chiqarish novasi; 3-furmalar; 4-leshchad(tub); 5,6-chuyan tashuvchi vagoncha; 7-gaz chiqarish trubasi;8-ta'minlovchi voronka; 9-fundament;10-havo haydovchi truba; 11-kichik konus; 12-katta konus;13-o'tga chidamli g'ishtdan terilgan devor;14-kojux.



**6.3-rasm.Domna pechining sxemasi.**

**Zaplechik.** Domna pechining bu qismi – katta asosi, tepaga qaragan kesik konus shaklida bo’lib, unda temperatura  $1900^{\circ}\text{C}$  ga yetadi va metall bilan shlak suyuqlanishda davom etadi.

**Raspar.** U domna pechining keng qismi bo’lib, tsilindr shaklidir. Rasparida temperatura  $1400^{\circ}\text{C}$  va undan yuqorirok bo’ladi. Domna pechining bu qismida metall suyuqlanadi va shlak hosil bo’la boshlaydi.

**Shaxta.** Domna pechining eng asosiy va eng katta (uzun) qismi bo’lib yuqoridan pastga tomon kesik konus shaklida bo’ladi.

Pechning bu qismida mavjud xom ashyolar quriydi va rudalar darz ketadi. Shaxtaning koloshnik tomonidagi qismida temperatura (ishlangan gazni chiqarish

trubasi oldida) 200-300 °C ni tashqil kilsa, shaxta pastida (raspar tomonidagi qismida) esa temperatura 1200-1300°C ni tashqil qiladi.

Shaxtaning yuqori (400-600°C da ) temir oksidlariga uglerod oksid (CO) ta'sirida temir quyidagi sxema boyicha tiklanadi, ya'ni;



**Koloshnik.** Koloshnik domna pechining eng ustki qismi bo'lib, unga shixta solish apparati o'rnatiladi. Pechga shixga portsiyalab tushiriladi, pechga tushiriladigan shixtaning har bir portsiyasi **kolosha** deb ataladi. Koloshnik so'zi koloshadan degan iborani anglatadi.

Shixta solish apparati shixtani bir tekisda taqsimlash uchun xizmat qiladi va pech gazlarining atmosferaga chiqishiga, atmosfera havosining esa pechga kirishiga yo'l qoymaydi.

Shixta solish apparatining turli konstruksiyalari mavjud bo'lib, ulardan eng ko'p tarqalgan turi kichik konus (11) va katta konus (12) dan iborat konstruksiyadir. Bunday konstruksiyali apparat shixtaning yirikroq bo'laklarini pechning markaziga tomon, maydaroq bo'laklarini esa pechning markaziga tomon, maydarok bo'laklarini esa pechning devorlari tomon tushiriladi, shixtaning zichligi pech devorlari tomonida kattaroq, markazida esa kichikroq bo'ladi. Domna pechida pastdan yuqoriga ko'tarilayotgan gazlarning ko'pi, odatda, pech devorlari yonidan, oz qismi esa markazidan o'tadi. Shixtaning yuqorida aytib o'tilgan tarzda taqsimlanishi gazlarning pech kundalang kesimi boyicha bir tekisda o'tishiga sharoit yaratadi, natijada rudadan metall ancha to'la qaytariladi.

Domna pechida koloshnigining yon devoriga truba (7) o'rnatilgan bo'lib, pechda hosil bo'ladigan yonuvchi gazlar, karbonat angidrid, chang, havo bilan kirgan azot va boshqalar aralashmasi ana shu trubadan gaz tozalash apparatiga yuboriladi. Bu gazlar aralashmasi domna gazi yoki koloshnik gazi deb ataladi. Koloshnik gazining pechdan chikish oldidagi temperaturasi 300°C ga yetadi.

Domna pechining temir-betondan ishlangan ogir fundamenti bo'ladi.

Pechning shaxtasi ana shu fundamentga urnatilgan kolonnalarga tayanch xalka (9) orqali mustahkamlanadi. Domna pechining devori (13) yuqori sifatli shamot g'ishtidan tirilgan bo'lib, 15-20 mm qalinlikdagi po'lat kojuk (14) bilan qoplangan.

Gorn, zaplechik, raspar va shaxta hajmlarining yig'indisi domna pechining foydali hajmi deyiladi. Hozirgi ba'zi domna pechlarining foydali hajmi 5000m<sup>3</sup> dan oshadi.

Domna pechiga juda ko'p miqdorda shixta materiallari solib turiladi, domna pechining ish unumini oshirish uchun esa unga haydalanadigan havo ma'lum temperaturagacha qizdirib olinadi. Shixta materiallarini keltirish va ularni domna pechiga solish, yoqilg'ining yonishi uchun zarur bo'lgan havoni qizdirish va uni domna pechiga haydash ishlari domna pechining yordamchi qurilmalari vositasida bajariladi. Domna pechi, yuqorida aytib o'tilgandek, 8-10 yil to'xtovsiz ishlaydi. Domna pechining bunday uzoq-uzoq vaqt ishlashini ta'minlash uchun uning yordamchi qurilmalari juda puxta bo'lishi va buzilmay ishlashi kerak, ya'ni ular ishonchli bo'lishi zarur. Domna pechining yordamchi qurilmalari jumlasiga ko'tarish va to'kish mexanizmlari, qoyish saroy (maydoncha) lari, havo qizdirgichlar, gaz tozalash apparatlari, havo haydash mashinalari va boshqalar kiradi.

### **Nazorat savollar**

1. Metalga nurlanish bilan berilgan issiqlik miqdori nima?
2. Domna pechidagi issiqlik almashinuvi qanday amalga oshirilad?
3. Issiqlikni domna pechidagi regeneratsiya sxemasini tushuntiring.
4. Domnada choyan eritish va uning xususiyatlarito'g'risida gapirib bering.
5. Po'latni chig'irlab yoyish jarayoni tavsifihaqida nimalarni bilasiz?
6. Po'latni chig'irlab yoyish jarayonini kattaliklarini sanab bering.

## **VII - BOB. PECHLARDA ISSIQLIK ALMASHUV JARAYONI**

## 7.1. Yuqori haroratli jarayonlarda issiqlik almashuvini tashkil etish

**Tayanch iboralar:** *kamerali pech, metall buyumlarni qizdirishga mo'ljallangan metodik pech, aylanuvchi barabanli pech, shaxtali pech.*

Sanoat pechlarida bir vaqtning uzida qator murakkab jarayonlar kechadi: yoqilg'ining yonishi va gazlashtirilishi, ishchi bo'shliqda yonish mahsulotlarinin gharakatlanishi, issiqlik va massa almashuvi jarayonlari, ishlov berilayotgan materiallarning ekzotermik yoki endotermik kimyoviy o'zgarishlari bilan bog'liq bo'lgan jarayonlar va hokazo. Bu jarayonlar o'zaro bog'langan bo'lib, ularning barchasi birgalikda yig'indi jarayonini tashkil qiladi. Bularning ichida issiqlik uzatish jarayoni eng muhimi hisoblanadi.

Pechlarda turli metall va nometall materiallar: kulolchilik buyumlari, bog'lovchi materiallarning xom-ashyosi, kimyoviy xom-ashyo va boshqalar qizdiriladi. Eritish jarayonlarida barcha jismlar oldin qizdiriladi. Turli pechlarda metall buyumlarning yuzalari orqali qizdirish amalga oshiriladi. Bu paytda pechning ishchi bo'shlig'ida joylashtirilgan buyumlar harakatsiz holatda bo'lishi yoki sekin xarakatlanishi mumkin.

Issiqlik almashuvi odatda qizdirish usuliga bog'liq bo'ladi.

***Qizdirishning quyidagi usullari mavjud:***

**1) texnologik jarayonning turi bo'yicha:**

- a) materialning tuzilishi va fizik-kimyoviy xossalari o'zgarmaydigan yoki ularning o'zgarishi kuzatiladigan qizdirish;
- b) shixta (ruda, toshqol, yoqilg'i va boshqalar aralashmasi) materiallarini qizdirish;

**2) issiqlik tashuvchidan foydalanish usuli bo'yicha:**

- a) yonish mahsulotlari bilan ochiq (to'g'ridan-to'g'ri) qizdirish;
- b) yonish mahsulotlarini yoki buyumlarni ajratib qo'yilgan (izolyasiyalangan) holda bilvosita qizdirish;

v) oraliq bug‘indagi issiqlik tashuvchining mavhum qaynash qatlamida qizdirish.

### **3) qizdirilayotgan materialning aerodinamik holati bo‘yicha:**

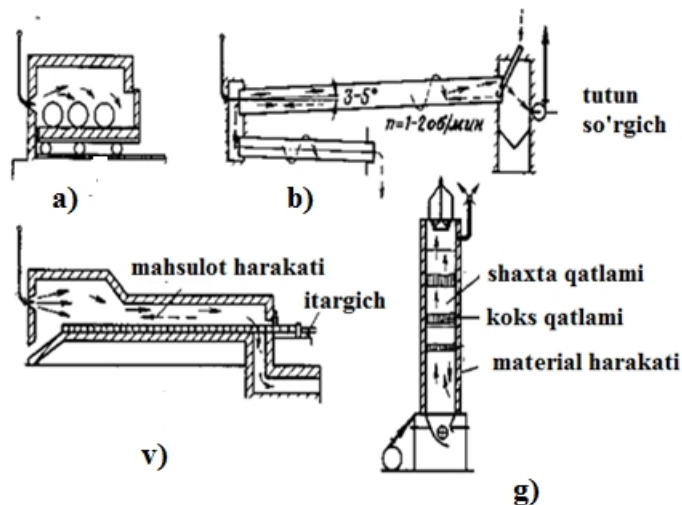
a) materialning harakatsiz (zich) qatlamida qizdirish;

b) materialning “mavhum qaynash” qatlamida qizdirish;

v) muallaq holatdagi material qatlamida (uyurmali, girdobli) qizdirish.

Pechlarda qizdirish ochiq usulda va ayrim hollarda bilvosita (biror vosita yordamida) amalga oshiriladi. Ochiq qizdirish (7.1- rasm) eng oddiy usul hisoblanadi, unda tutun gazlari qizdiriladigan material bilan bevosita to‘qnashadi. Bu usul eritish, qizdirish va toblash pechlarida qo‘llaniladi.

To‘g‘ridan-to‘g‘ri qizdirish amalga oshiriladigan pechlar o‘z navbatida quyidagi turlarga bo‘linadi: ishchi bo‘shlig‘i katta erkin hajmga ega bo‘lgan pechlar, bo‘lakli materiallarga ishlov berish uchun mo‘ljallangan shaxtali (quduqsimon) pechlar, qaynovchi qatlamli pechlar, siklonli ( girdobli) pechlar va boshqalar. 7. 1- a rasmda ishchi bo‘shlig‘i katta erkin hajmga ega bo‘lgan pechning sxemasi tasvirlangan. Qizdiriladigan material pech tubida joylashadi uning ustida esa katta erkin hajm bo‘lib, unda yoqilg‘i yoqiladi. Erkin hajmning mavjudligi yonish alangasini qizdirilayotgan materialga yaqinlashtirish imkonini beradi, bu esa juda muhimdir, chunki bu paytda issiqlik uzatilishi jiddiy jadallashadi. Natijada pechning yuqori unumdorligi ta’minlanadi, issiqlikning solishtirma sarfi kamayadi. Bunday pechlarning ishchi bo‘shlig‘ining har bir nuqtasida taxminan bir xil harorat kuzatiladi.



### 7.1- rasm. Pechlarda ochiq qizdirish sxemalari.

*a - kamerali pech; b - metall buyumlarni qizdirishga mo'ljallangan metodik pech;  
v- aylanuvchi barabanli pech; g- shaxtali pech.*

Metodik (rejali qizdiriladigan) pechlarda (7.1-b rasm) esa harorat o'zgaruvchan buladi. Po'lat buyumlarni ochiq qizdirish paytida metall yuzasi oksidlanadi va u uglerodsizlanadi. Buning oldini olish uchun yoqilg'i havosarfi koeffitsientining kichik qiymatlarida, ya'ni  $\alpha = 0,4-0,5$  da yoqiladi.

Talab qilingan haroratlarning darajasiga erishish uchun yoqishga berilayotgan havoni  $800^{\circ}\text{S}$  gacha qizdiriladi yoki kislorod qo'llaniladi. Keyinchalik chala yonish mahsulotlari to'la yondiriladi va havoni qizdirish yoki boshqa maqsadlar uchun foydalaniladi.

Aylanuvchi barabanli pechlarda (7.1- v rasm) erkin hajm pechning o'qi bo'ylab joylashadi; bu pechlarda turli sochiluvchan yoki bo'lakli materiallar toblanadi. Pechning ichki qoplamasi baraban bilan birga aylanib, navbatma-navbat goh qizigan gazlar bilan, goh qizdiriladigan material bilan to'qnashadi, bu esa issiqlik uzatilishini jadallashtiradi.

Shaxtali (quduqsimon) pechlarda (7.1- g rasm) ishchi bo'shliq bo'lakli material qatlami bilan to'ldiriladi va tutun gazlari bo'lakchalar hosil qilgan kanallar orqali oqib o'tadi; bu kanallarning ko'ndalang kesimi pech balandligi bo'yicha bir xil



emas, shuning uchun gazlarning tezligi doim o‘zgarib turadi. Tezlikning o‘zgarishi oqimning girdobli harakatlanishiga va konvektiv issiqlik uzatilishining ortishiga sabab buladi, ammo bu o‘z navbatida material qatlamining qarshiligini oshiradi.

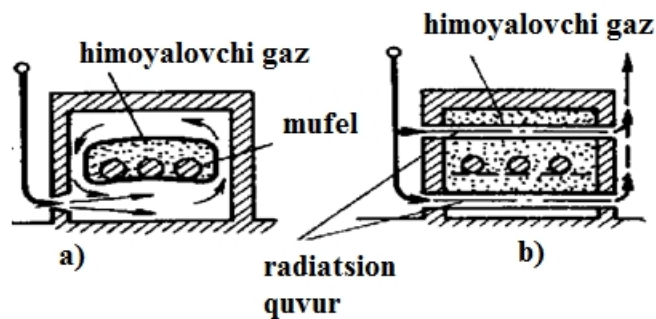
Turli xildagi sochiluvchan materiallar pechlarda qatlamli usulda yoki mavhum qaynash qatlamida yoki nihoyat, muallaq uchish holatida qizdirilishi mumkin.

Mayda zarrachali materiallarning “mavhum qaynash” qatlamidagi issiqlik almashuvi jarayonlari juda jadal kechadi. Buning asosiy sababi-pechning butun hajmi bo‘yicha materialning yaxshi aralashishi va shu materialning har bir zarrasi atrofidan qizdiruvchi gazlarning oson va jadal oqib o‘tishidir. SHuning uchun qaynovchi qatlamli pechlar metallurgiya va kimyo sanoatida mayda zarrachali ruda va konsentratlarni hamda oltingugurt kolchedanini toblash (pishirish) uchun, neftni qayta ishlash sanoatida esa neft mahsulotlarini kataliz krekinglash uchun keng qo‘llaniladi.

Shu bilan birga qizdirishning siklonli (girdobli) usuli ham keng qo‘llanilmoqda. Bu usulda girdobli harakat amalga oshirilgani uchun issiqlik almashuvi jarayonlari keskin jadallashadi va natijada siklonli pech unumdorligining yuqori bo‘lishi ta‘minlanadi. Bu usul ishlab chiqarishning turli sohalarida qo‘llanilishi uchun keng istiqbollarga ega.

Materialni ***bilvosita qizdirish*** paytida u tutun gazlaridan ajratilgan (yakkalangan) holda bo‘ladi va unga issiqlik (ajratuvchi) devor orqali uzatiladi. Masalan, koks batareyalarida issiqlik tutun gazlaridan kumir shaxtasiga retortalarning yon devorlari orqali uzatiladi. Bu bilan havosiz muhitda ko‘mirni quruq haydash jarayoni amalga oshiriladi. Bilvosita qizdirish pechlariga mufel pechlari va radiatsion quvurli pechlar (7.2- rasm) misol bo‘la oladi.

Pulat qismlarga issiqlik bilan ishlov berish (pishirish, toblash, sementatsiya)ga mo‘ljallangan mufel pechlarida ishlov beriladigan buyumlar tutun gazlaridan mufel yordamida ajratilgan bo‘ladi.



## 7.2- rasm. Pechlarda bilvosita qizdirish sxemalari.

*a- mufel pechi; b- radiatsion quvurli pech.*

Po‘lat qismlar bilan tutun gazlarining bevosita tuqnashishi mumkin emas, chunki bu hol po‘latning oksidlanishiga yoki uglerodsizlanishiga olib keladi. Buyumlar mufel orqali o‘tadi (7.2-a rasm), mufelning ichi esa himoyalovchi gaz bilan to‘ldirilgan bo‘ladi. Issiqlik mufel devori orqali uzatiladi. Radiatsion quvurli pechlarda (7.2-b rasm) qizigan tutun gazlari radiatsion (nur tarqatuvchi) quvurlar orqali o‘tadi. Issiqlik quvur devorlari orqali uzatiladi, pechning ishchi bushlig‘i esa himoyalovchi gaz bilan to‘ldiriladi. Umuman olganda bilvosita qizdirish to‘g‘ri qizdirishga nisbatan ancha murakkab va qimmatdir.

## 7.2. Ichki va tashqi issiqlik almashuvi

**Tayanch iboralar:** *ichki va tashqi issiqlik almashuvi, radiatsiyali rejim, konveksiyali rejim, aralash rejim.*

Issiqlik almashuvining murakkab jarayoni odatda **ikki qismga** bo‘linadi: **ichki** va **tashqi issiqlik** almashuvi. **Tashqi** issiqlik almashuvi pechning ishchi bo‘shlig‘idan isitiladigan material va buyumlarning tashqi yuzasiga issiqlik uzatilishidan iborat. **Ichki** issiqlik almashuvi esa qizdirilayotgan materialning ichki qatlamlari bilan yuzasi orasidagi haroratlar farqi hisobiga issiqlik o‘tkazuvchanlik yo‘li bilan yuzaga keladigan issiqlik almashuvidan iborat. Material massasining qizishi shu materailning xossalariga, shakli va o‘lchamlariga bog‘liq. Ichki issiqlik

almashuvini boshqarish tashqinikiga nisbatan qiyinroqdir.

Pechlarda tashqki issiqlik almashinuvi 3 xil rejimga bo‘linadi.

**1.Radiasiyali rejim.**

**2.Konveksiyali rejim.**

**3.Aralash rejim.**

**Radiasiyali rejim deb** pechning ishchi kamerasida qizdirilayotgan jism va devorga tushayotgan nurlanish tushuniladi. Radiatsiyali isitish ham o‘z navbatida 3 xil bo‘ladi.

**1) Teng bo‘lingan issiqlik almashinuvi.**

$T_G$  - gazning harorati;  $T_D$  - devorning harorati;  $T_M$  - metalning harorati;  $\alpha_{M.D}$  - metalga va devorga issiqlik berish koeffitsenti;  $W_G$  - gazning tezligi.

Olovning devorga va qizdirilayotgan materialning yuzasiga berilayotgan issiqlik oqimlari teng bo‘lsa, unda ishchi kamerasi hajmi bo‘yicha olovning nurlanishi va haroratiga bir xil ta’sir qiladi.

$$Q_{G\gamma}^N = Q_{GM}^N$$

**2)To‘g‘ri yo‘nalishli issiqlik almashinuvi.**

$$Q_{GD}^N = \alpha_D (T_G - T_D)$$

$$Q_{T.M}^N > Q_{GD}$$

$$Q_{G.D}^N = \alpha_M (T'_G - T_M)$$

**3) Bilvosita yo‘nalishli issiqlik almashinuvi**

$$Q_{GD}^N = \alpha_D (T_G - T_D)$$

$$Q_{T.M}^N < Q_{GD}$$

$$Q_{G.D}^N = \alpha_M (T'_G - T_M)$$

**Konveksiyali rejim.**

Bu rejimda asosan issiqlik berish konveksiya jarayonida sodir bo‘ladi, radiasiya faqat o‘zgarmas koeffitsent orqali to‘g‘irlanadi.

**Konveksiya rejimida issiqlik tashuvchilarga quyidagilar kiradi.**

**1.Gazsimon moddalar (tutun gazlari, qizigan bug‘lar).**

**2.Suyuqlik (erigan metallar, erigan minerallar).**

### **3. Mayda bo'lakli materiallarning qaynashi.**

**Konveksiya rejimida quyidagi tipdagi pechlar ishlaydi.**

**1. Past haroratli pechlar  $t = 600^{\circ}\text{C}$  gacha**

**2. O'rta haroratli pechlar  $t = 600 \div 950^{\circ}\text{C}$**

**3. Yuqori haroratli pechlar  $t = 1100 \div 1150^{\circ}\text{C}$ .**

### **Aralash rejim.**

Bu rejimlar uchun issiqlik almashinuv jarayonini hisoblashda quyidagi shartlar qabul qilinadi.

*1. Ishchi bo'shliq kameraning butun hajmida gaz haroratsi bir xil deb olinadi.*

*2. Metall yuzasining turli nuqtalaridagi haroratlar ham bir xil deb olinadi.*

*3. Gazdan devorga konveksiya usulida berilgan issiqlik oqimi, devordan tashkariga chikgan issiqlik oqimiga teng deb olinadi.*

Ammo lekin, pechning hajmida gaz harorati har xil; Material alanganing kalin joyida joylashgan bo'lsa issiqlik olish ham bladi, agarda qizdirilayotgan material alanganing uch tomonida joylashgan bo'lsa, shuncha issiqlik ko'p ta'sir qiladi. Demak bunda asosan aralashtirish usuli ko'p rol o'ynaydi. Bunday tipdagi issiqlik almashinuvi radiatsiya konveksiyali rejim deyiladi.

Texnologik jarayonlarga bog'liq holda yo ichki, yo tashqi issiqlik almashuvi ustivor buladi. Masalan, po'lat va cho'yan eritiladigan pechlarning unumdorligi asosan tashqi issiqlik almashuvi bilan belgilanadi va qizdirish pechlarida esa, unumdorlik ichki issiqlik almashuvi bilan belgilanadi.

Pechning ishchi bo'shlig'ida tutun gazlari turli tezlik bilan harakatlanadi va issiqlik nurini taratadi. Nurlanish manbai bo'lib tutun gazlari tarkibidagi uch atomli gazlar -  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , suv bug'lari  $\text{N}_2\text{O}$  va shuningdek, uglerod, kul va chang zarrachalari xizmat qiladi. Qattiq jismlar faqat tashqi yuzalaridan energiya taratsa, gazlar-butun hajmlaridan taratadi.

Tutun gazlari tarkibidagi chala yongan uglerodli zarrachalar alanganing qoralik darajasini va nur tarqatish imkoniyatini oshiradi. SHuning uchun yuqori

haroratli pechlarda tabiiy gaz yoqilganda unga qo‘shimcha qilib purkalgan mazut yoki smola (qatron) beriladi. Buning natijasida alanganing qoralik darajasi va demak, issiqlik nurini tarqatishi ortadi.

**Umuman olganda, alanganing qoralik darajasi quyidagi omillarga bog‘liq:**

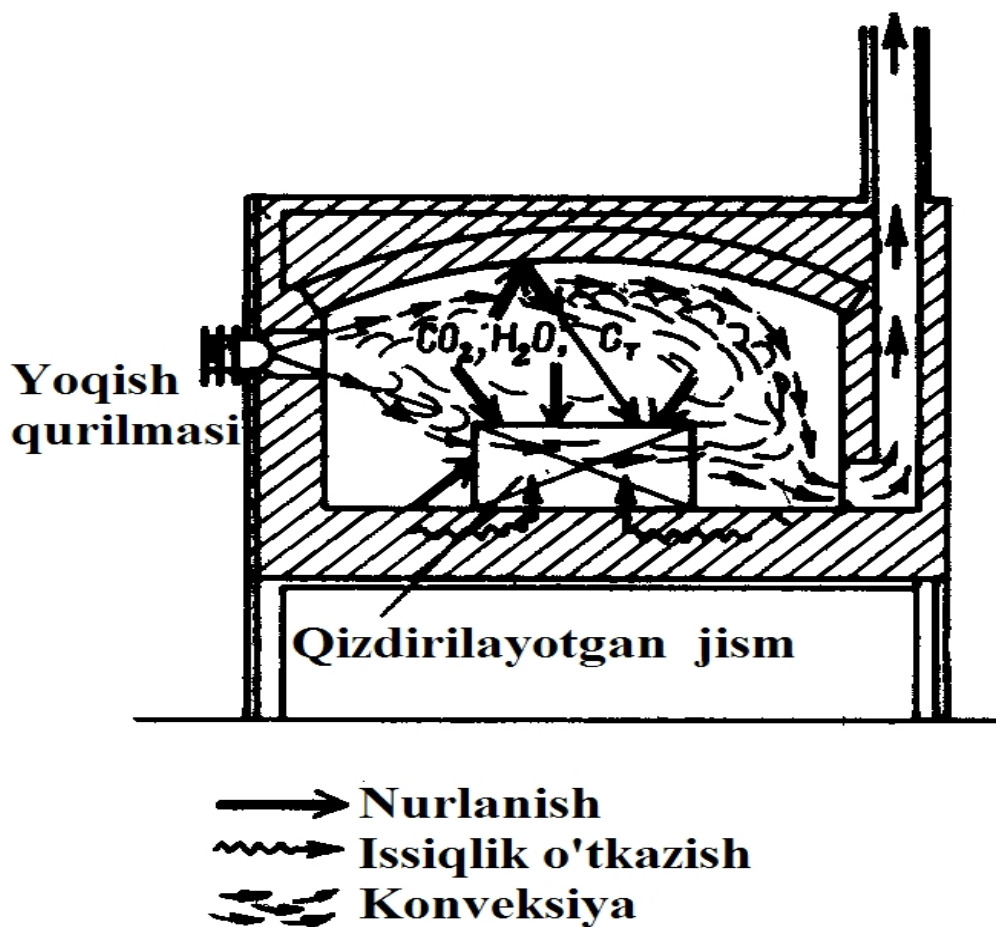
a) yoqilg‘ining xossalriga; b) yoqilg‘ini yoqishga tayyorlash darajasiga (maydalash, purkash, qizdirish va hokazo); v) yoqilg‘i bilan havoni aralashtirish usuliga; g) o‘txonaning tuzilishiga va boshqa shartlarga bog‘liq.

### **7.3. YuHQ lardagi issiqlik almashuvining holatlari**

Pechlardagi tashqi issiqlik almashuvining holatlari **radiatsion (nurlanishli), konvektiv va qatlamli** turlarga bo‘linadi (M. A. Glinkov bo‘yicha). Agar radiatsion qizdirish haqida so‘z borsa, bu faqat nurlanishli issiqlik almashuvi ustivor ekanini anglatadi, ammo shu paytning o‘zida u bilan birga konvektiv qizdirish ham amalga oshiriladi; konvektiv qizdirish haqida ham xuddi shuni aytish mumkin.

**O‘z navbatida radiatsion qizdirish uch turga bulinadi:**

- 1) bir tekisda taqsimlangan issiqlik almashuvi. Bunda pech devoriga va qizdirilayotgan materialning yuzasiga alangadan tushayotgan issiqlik oqimlari  $Q_{G.D.}$  va  $Q_{G.M.}$  o‘zaro teng bo‘ladi, haroratlar maydoni va alanganing nurlanish xossalari o‘txonaning butun hajmi bo‘yicha bir tekisda bo‘ladi.
- 2) yo‘naltirilgan to‘g‘ri issiqlik almashuvi. Bunda  $Q_{G.M.} > Q_{G.K.}$  shart bajariladi.
- 3) yo‘naltirilgan bilvosita issiqlik almashuvi. Bunda  $Q_{G.M.} < Q_{G.K.}$  shart bajariladi.



**7.3- rasm. Qizdirish pechlaridagi radiatsion-konvektiv issiqlik almashuvining turli holatlari.**

Amalda nurlanish konveksiyasiz bulmaydi, shuning uchun radiatsion-konvektiv qizdirish haqida suz yuritilsa haqiqatga yaqinroq va to'g'riroq bo'ladi. Gazni ikki xil usulda yoqilgan paytda hosil bo'lgan yonish mahsulotlarining harorati va tezligining o'zgarishi 7.3- rasmda ko'rsatilgan: 1- butun hajmda va 2- devor yaqinidagi qatlamda (bu usul yo'naltirilgan bilvosita issiqlik almashuvini amalga oshirish uchun ahamiyatlidir).

Turli xil issiqlik almashuvlarining roli turlicha bulishi mumkin. Masalan, agar konveksiya yo'li bilan materialga faqat 10% issiqlik berilgan bulsa, shu paytning uzida buyumlarga issiqlik berilishidagi konveksiyaning umumiy roli 65 % ni tashkil qilishi mumkin, chunki devor qoplamasiga konvektiv usulda berilgan issiqlik devordan buyumlarga nurlanish yo'li bilan berilgan issiqlikka aylanadi. Turli pechlarda qizdirishning turli holatlari amalga oshiriladi. Masalan, eritish pechlarida to'g'ri yo'naltirilgan radiatsion issiqlik almashuvidan foydalanish qulay bo'ladi,

chunki bu usulda nurlanuvchi alanga shixtaga yoʻnaltirilgan buladi. Qizdirish pechlarining yuqori haroratli boʻlishida esa, yoʻnaltirilgan bilvosita issiqlik almashuvini qoʻllash afzalroq boʻladi, chunki bu holda pechning yuqorisida joylashgan yoqish moslamalari pech gumbazini kuchli darajada qizdiradi va u oʻz navbatida buyumlarni jadal nurlantiradi. Bu holat boshqa ish holatlariga nisbatan pechlarning unumdorligi va yoqilgʻining solishtirma sarfi buyicha eng yuqori ish koʻrsatkichlarini taʼminlaydi.

#### 7.4. Pechning ishchi boʻshligʻidagi tashqi issiqlik almashuvi

Agar pech kamerasidakoʻpmiqdordabir tekis data qoʻsimlangan alangalari yoki boshqa nurlanish manbalarimavjud boʻlsa, u holda alangan va devor qoplamasidan qizdirilayotgan material gaberilgan umumiy issiqlik miqdorini Stefan-Bolsman qonuniasosida aniqlash mumkin:

$$Q_{GQM}^N = S_0 \varepsilon_K N_N \xi \left[ \left( \frac{T_G}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_M}{100} \right)^4 \right] = S_K N_N \xi \Delta \quad (7.1).$$

bunda  $S_0$  - mutloq qora jismning nurlanish koeffitsienti,

$$S_0 = 5,67 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

$\varepsilon_K$  - pech bushligʻining keltirilgan qoralik darajasi;

$T_G, T_M$  - gaz va materialning mutlaq haroratlari;

$\xi$  - nurlantirilayotgan yuzaning ifloslanganlik koeffitsienti ( $\xi = 0,6 \div 0,75$ );

$\Delta$  - mutlaq haroratlarning turtinchi darajalari farqining oʻrtacha qiymati;

$N_N$  - jismning nurlanish tushadigan yuzasi.

Atrof-muhitga yuqotilayotgan issiqlik konveksiya hisobiga pech devorining qoplamasi tomonidan qabul qilinayotgan issiqlikka teng boʻlishini eʼtirof etgan holda V.N. Timofeev keltirilgan qoralik darajasini topish uchun quyidagi tenglamani taklif etadi:

$$\varepsilon_K = \frac{\varepsilon_M \varepsilon_G \psi (1 - \varepsilon_G) + 1}{\psi (1 - \varepsilon_G) [\varepsilon_M + \varepsilon_G (1 - \varepsilon_M)] + \varepsilon_G} \quad (7.2)$$

bunda:  $\varepsilon_M$  va  $\varepsilon_G$  gazlarning va qizdirilayotgan materialning qoralik darajalari;

$\psi = N_N/F_Q$  - jismning nurlanishni qabul qiluvchi yuzasini  $N_N$  pech devori qoplamasining umumiy yuzasiga  $F_Q$  nisbatini ifodalovchi koeffitsient; unga teskari bulgan qiymatni qoplamaning rivojlanish darajasi  $\omega$  deyiladi.

Doim  $N_N < F_M$  buladi va  $N_N = \varphi F_M$ ; bunda  $\varphi$  - urtacha burchak koeffitsienti yoki nurlanganlik koeffitsienti. Uning qiymati qizdirilayotgan buyumning geometrik shakliga va shuningdek, buyumning pechda joylashish usuliga bog'liq buladi.

Hisoblashni osonlashtirish uchun D.V.Budrin (7.1) tenglamaning maxraji va suratini  $\varepsilon_G \psi$  ga bo'ldi, u holda :

$$S_0 \varepsilon_K = S_0 (\varepsilon_M \cdot \varepsilon_{KEL}); \quad (7.3)$$

$$\beta = \varepsilon_M + \varepsilon_G (1 - \varepsilon_M); \quad \omega = 1/\psi; \quad (7.4)$$

D.V. Budrin bo'yicha oksidlangan metallar uchun  $\beta = 0,85 - 0,95$ .

## **7.5. Yo'naltirilgan va bilvosita amalga oshiriladigan nurlanishli (radiatsion) issiqlik almashuvi**

Bilvosita amalga oshiriladigan va yo'naltirilgan issiqlik almashuvi qizdirish pechlarida tashqi radiatsion-konvektiv issiqlik almashuvini jadallashtirishning yangi usuli hisoblanadi. Ushbu usul qullaniladigan pechning sxemasi 7.4-rasmda keltirilgan.

Pechning shipida yuqori samarali yassi alangali radiatsion yoqish moslamalari urnatilgan. Alanga va yonish mahsulotlari ship yuzasi buyicha katta tezlik bilan harakatlanadi. Buning natijasida qizigan gazlardan ship qoplamasiga jadal issiqlik berilishi uchun qulay sharoit yaratiladi. SHu paytda alanganing qizigan yuza bilan bevosita tuqnashishi natijasida yoqilg'ining tez va to'la yonishi ta'minlanadi. Ship qoplamasi tomonidan qabul qilingan issiqlik amalda faqat nurlanish yo'li bilan material yuzasiga beriladi. SHuning uchun bu holatda alangadan materialga to'g'ridan-to'g'ri konvektiv issiqlik berilishini nolga teng deb hisoblash mumkin. Demak, qizdirilayotgan materialga berilayotgan issiqlik miqdori quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:





*zonasidagi va issiqlik almashuvi zonasidagi (material yuzasi yaqinidagi) haroratlari ;  $\varepsilon_r'$  va  $\varepsilon_r''$  - gazlarning tegishli qoralik darajalari ;  $T_Q$  va  $T_M$  - shiyning qoplamasi va materialning haroratlari  $\alpha_K$  - alangadan qoplamaqa konvektiv issiqlik berilishi koefitsienti.*

### **7.6.Zich (filtrlovchi), yuqoridan tushuvchi va mavhum qaynayotgan material qatlamidagi tashqi issiqlik almashuvi**

Bo'laklarni qatlamda qizdirish paytidagi tashqi issiqlik almashuvi Viomezonining 0,6 dan kichik qiymatlarida, ya'ni  $V_i < 0,6 \div 1,0$  dasodirbo'lishim mumkin. Eslatish mumkinki, Vio mezoni  $V_i = \alpha_k d_e / 2 \lambda_m$ , bunda:  $d_e$  - bo'laklarning ekvivalent diametri;  $\lambda_m$  - materialning issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti;  $\alpha_k$  - konvektiv issiqlik almashuvi koefitsienti. Harakatsiz (zich, filtrlovchi) qatlam orqali qizigan gazlar utganda issiqlik almashuvi asosan, konveksiya yo'li bilan amalga oshadi. Quyidagi tenglamalar yordamida  $\alpha_k$  ni aniqlash mumkin ( V.N. Timofeev buyicha ):

$$Nu_q = 0,106 Re_q \quad (Re_q < 200 \text{ bo'lsa}). \quad (7.6)$$

$$Nu_q = 0,61 Re_q \quad (Re_q > 200 \text{ bo'lsa}). \quad (7.7)$$

bu erda:  $Nu_q = \alpha_k d_e / \lambda_g$  - Nusselt mezoni (kriteriysi);

$Re_q = \omega d_e / \nu_g$  - Reynolds mezoni;  $\omega$  - gazlar tezligi;  $\lambda_g, \nu_g$  - gazning issiqlik o'tkazuvchanlik va kinematik qovushqoqlik koefitsientlari.

Bo'laklarning yuzasi  $F_m$  quyidagi tenglikdan aniqlanadi:

$$\frac{F_M}{V_m} = \frac{6(1-f)}{d} \quad m^2 / m^3 \quad (7.8)$$

bunda:  $V_m$  - qatlam hajmi;  $f$  - qatlam ichidagi bushliqning ulushi.

Harakatlanayotgan zich qatlam bilan unga qarshi yoʻnalgan gaz oqimi oʻrtasidagi issiqlik almashuvi quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$Nu_q = 0,014 Re_q \cdot R_r^{0,33} \quad (Re_q < 200 \text{ bo'lsa}) \quad (7.9)$$

$$Nu_q = 0,056 Re_q^{0,87} \cdot R_r^{0,33} \quad (Re_q = 200 \div 700 \text{ va } R_2 = 0,68 \div 1,1 \text{ bo'lsa}) \quad (7.10)$$

(7.6) va (7.9) tenglamalarni uzaro taqqoslab, V.N. Timofeev formulalariga kiritiladigan tuzatish koeffitsientlarini aniqlash mumkin:

$$\psi = 0,132 R_r^{0,33} \quad (Re_Q < 200 \text{ bo'lsa})$$

$$\psi = 0,092 Re_Q^{0,2} \cdot R_r^{0,33} \quad (Re_Q > 200 \text{ bo'lsa}) \quad (7.11)$$

Kuzatilayotgan farq harakatdagi qatlamda gazning yomonroq taqsimlanishi bilan izohlanadi, demak harakatlanayotgan qatlamda issiqlik berilishi sustroq kechadi.

Qatlamga gazlar kundalang yoʻnalishda berilsa,  $Re = 140 - 1000$ ,  $W_Q/W = 0 \div 1$  ( $W_Q$  va  $W$  - qattiq material va gazlarning suvli ekvivalentlari),  $t' = 280 - 380^\circ C$  va  $t'' = 210 - 600^\circ C$  sharoitidagi issiqlik almashuvi quyidagi tenglama asosida hisoblanishi mumkin:

$$Nu_q = 0,055 Re_Q; \quad (7.12)$$

Qattiq zarrachali gaz oqimidagi issiqlik almashuvi gazlardan zarrachalarga konvektiv va radiatsion issiqlik berilishi yuli bilan va zarrachalar ichida esa - issiqlik oʻtkazuvchanligi yoʻli bilan amalga oshadi. Bu paytda oqimning tezligi, zarrachalarning konsentratsiyasi va oʻlchamlari katta ahamiyatga ega boʻladi.

Hisoblash tenglamalari quyidagi kurinishda:

$$Nu_Q = 0,194 \cdot Re_Q^{0,79} \quad (30 < Re_Q < 480) \quad (7.13)$$

$$Nu_Q = 0,316 \cdot Re_Q^{0,8} \quad (Re_Q = 40 - 50) \quad (7.14)$$

$$\text{bunda: } Nu_Q = \alpha d_Q / \lambda; \text{ va } Re_Q = \omega_N d_Q / \nu \quad (7.15)$$

Bu erda oqimning nisbiy tezligi olinadi:

$$\text{a) qarshi oqimda} \quad \omega_Q = \omega + \omega_Q; \quad \omega_Q = \omega_Q - \omega$$

$$\text{b) ko'tariluvchi oqimda} \quad \omega_Q = \omega - \omega_Q; \quad \omega_Q = \omega - \omega_Q$$

$$\text{v) pastga tushuvchi oqimda} \quad \omega - \omega_Q = -\omega_Q; \quad \omega_Q = \omega + \omega_Q;$$

bunda :  $\omega$  - oqimning mutlaq tezligi ;  $\omega_Q$  - oqimning zarrachani koʻtarish (muallaq

tutish) tezligi;  $\omega_Q$  - qattiq zarrachaning tezligi. Zarrachaning bosib o'tgan yo'li:

$$L = (\omega_Q - \omega) (\tau_Q - \tau_0) = \omega_Q \tau ; \quad (7.16)$$

### Mavhum qaynash qatlamidagi tashqi issiqlik almashuvi

Mavhum qaynayotgan qatlamda issiqlik almashuvi harakatsiz qatlamdagiga nisbatan jadalroq kechadi. Bunda issiqlik almashuvining jadallashishi qattiq zarrachalarning murakkab tebranma aylanma harakati bilan va gaz oqimining yuqori darajada uyurmalanishi bilan belgilanadi. Mavhum qaynash qatlamidagi gaz oqimi bilan qattiq zarrachalar o'rtasidagi issiqlik almashuvi tenglamasi quyidagi kurinishga ega :

$$Nu = 0,316 Re_Q^{0,8} \quad (Re_Q = 40-50 \text{ bo'lsa})$$

bunda:  $Re_Q = \omega d_E / \nu$ ;  $\omega$  - qatlam joylashgan panjara yuzasiga nisbatan olingan tezlik;  $d_E$  - qattiq zarrachaning ekvivalent diametri.

Haroratlar farqi :

$$\Delta t = \frac{1N}{N^o} \int [t_o(h) - t_G(h)] dh = t_{mq} - t_{mr}$$

Issiqlik almashuvining maksimal jadalligiga Reynolds mezonining quyidagi eng maqbul (optimal) qiymatida erishiladi:

$$R_{OPT} = 0,121 Ar^{0,5} \quad (7.17)$$

$$Ar = \frac{g d_E^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_Q - \rho}{\rho};$$

bunda

Arximed mezoni ;

$$\nu^2 \rho$$

$\rho_Q$  - zarrachaning zichligi.

Agar  $Ag = 30 \div 2 \cdot 10^5$  bulsa, issiqlik berilishining maksimal koef-fitsientlarini quyidagi tenglama asosida hisoblash mumkin:

$$Nu_{MAKS} = 0,86 Ag^{0,2}; \quad (7.18)$$

## 7.7. Qizigan gazlar resirkulyasiyasi (qayta kiritilishi) va YuHQ larning issiqlik samaradorligini oshirish

Yuqori haroratli qurilmalarning ishchi kamerasida gazlarning haroratini pasaytirish uchun ko'pincha ortiqcha havo beriladi. Gazlar haroratini pasaytirishning bunday usuli zararlidir, chunki havo ortiqligining o'sishi albatta chiqib ketuvchi gazlar bilan issiqlik yuqotilishini orttiradi, demak, yoqilg'ini sarfi ko'payadi va foydali ish koeffitsienti pasayadi.

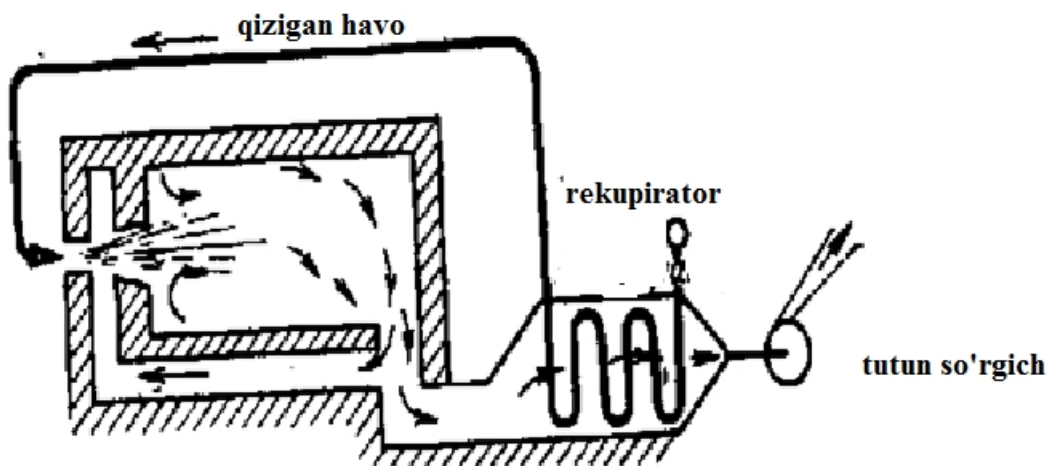
Bu masalani hal qilishning eng to'g'ri yullaridan biri ***tutun gazlarining retsirkulyasiyasini*** qullashdan iborat. Amalda gazlarning ichki va tashqi retsirkulyasiyasi qullaniladi.

Gazlarning ichki retsirkulyasiyasi qullanilganda alanganing ayrim oqimlari sovib qolgan tutun gazlarini ilashtirib qaytadan yonish kamerasiga kiritadi. YOnish oqimiga jalb qilingan gazlar miqdori faqat ishchi kamerasidagi haroratlar taqsimotiga ta'sir qilibgina qolmay, balki gazlarning yonish jarayoniga ham ta'sir qiladi, chunki aralashtirish natijasida yonuvchi aralashma kuchsizlanadi va shu sababli alanga uzayadi. Yoqish moslamasidan chiqayotgan oqimning tezligi va shuningdek, sirkulyasiya karraligi  $l/d$  nisbatga bog'liq ( $l$ - oqim kesimi bilan moslamaning chiqish teshigi urtasidagi masofa,  $d$ - yoqish moslamasining chiqish teshigi diametri). Bu nisbat qanchalik katta bo'sa, sirkulyasiya karraligi ham shunchalik katta bo'ladi. Demak, sirkulyasiya karraligini oshirish uchun kichik diametrli soplone tanlash, ya'ni gaz oqimini qator kichik oqimlarga bo'lish lozim. Bunday qilinganda haroratlar bir tekisda taqsimlanadi. Ichki sirkulyasiya qo'llanilgan pechning sxemasi 7.5-rasmda keltirilgan.

***Gazlarning tashqi sirkulyasiyasi*** qo'llanilgan paytda gazlar pechning ishchi bo'shlig'idan tashqarida olinadi va ventilyator yordamida yoki yoqish moslamalari hosil qiladigan siyraklik hisobiga ishchi kamerasiga yoki o'txonaga qaytariladi. Bu paytda pechda aylanma harakatli gaz oqimi hosil buladi, buning natijasida issiqlik almashuvi yaxshilanadi va issiqlik yo'qotilishi kamayadi.

Sirkulyasiya kursatkichi bo'lib retsirkulyasiya karraligi xizmat qiladi:

$$i = \frac{V_{QAYTA}}{V_G}$$



### 7.5-rasm. Gazlar tashqi retsirkulyasiyasining sxemalari.

*a - ventilyator yordamida; b- injeksion yoqgich(gorelka) yordamida.*

*bunda :  $V_{QAYTA}$  qaytarilayotgan gazlar miqdori;  $V_G$ - yoqilg'ini oddiy yoqish paytidagi gazlar miqdori.*

Gaz yo'lining ixtiyori kesimidagi gazlarning miqdori:

$$V_{RES.} = V_G + V_{QAYTA} = (1+i)V_G \quad (7.19)$$

Resirkulyasiya gazlari yonishining kalorimetrik harorati-ni yoqilg'i miqdorini birligiga nisbatan olingan issiqlik balansi (muvozanati) tenglamasidan aniqlanadi:

$$Q_Q^I + H_{YO} + H_H + H_{QAYTA} = [V_G + (V_{qayta} - 4,76V_{qayta}^{O_2})] S_{ktk}; \quad (7.20)$$

bunda:  $N_{qayta}$  -qaytarilgan gazlar entalpiyasi;  $N_h$  - havo bilan kiritilgan issiqlik;  $V_{qayta}$  - qaytarilgan gazlar miqdori.

Bundan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$t_K = \frac{Q_Q^I + H_{yo} + H_Q + H_{qayta}}{[V_G + (V_{qayta} - 4,76V_{qayta}^{O_2})] S_K} = \frac{Q_Q^I + C_{yo} t_e + (V_0 \alpha_{yo} - 4,76V_{qayta}^{O_2}) S_K t_H + V_{qayt} + S_{qayt} t_{qayta}}{[V_G + (V_{qayta} - 4,76V_{qayta}^{O_2})] S_K} \quad (7.21)$$

Agar (7-21) tenglamani  $V_G S_K$  qiymatiga bo'lsak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\frac{Q_Q^I + H_Q}{V_2 C_K} + \frac{H_{QAYTA}}{V_G S_K} = \frac{(V_G + V_{QAYTA}) S_K t_{K.RES}}{V_G C_K}$$

bundan ;

$$t_{K.RES} = \frac{t_K + i C_{QAYTA} / S_K t_{QAYTA}}{1 + i} \quad (7.22)$$

yoki taxminiy kurinishda :

$$t_{K.RES} = \frac{t_K + i t_{QAYTA}}{1 + i} \quad (7.23)$$

bunda :  $i = V_{QAYTA} / V_G$  - retsirkulyasiya karraligi.

## MASALA YECHISH NAMUNALARI

**1-Masala.** Materiali po'lat diametri 500 mm bo'lgan yarim mahsulotni qizdirish vaqti aniqlansin. Pech ichidagi o'zgarmas harorat  $t_p = 850^\circ\text{C}$  ( $T_p = 1123^\circ\text{K}$ ). Qizdirilgan materialning oxirgi harorati  $t_M = 727^\circ\text{C}$  ( $T_M = 1000^\circ\text{K}$ ).

Po'latning boshlang'ich harorati  $t_M^0 = 20^\circ\text{C}$  ( $T_M^0 = 293^\circ\text{K}$ ). Po'latning fizik konstantalari:  $\lambda = 35 \text{ Vt/m.grad}$ ;  $C = 0,71 \text{ kJoul/kg.grad}$ ;  $\rho = 7860 \text{ kg/m}^3$   $a = 0,0225 \text{ m}^2 \cdot \text{soat}$ . Keltirilgan nurlanish koeffitsienti  $c_K = 3,5 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$ .

**Yechish.** Ivansov-Stark kriteriysini aniqlaymiz:

$$I = \frac{10 \cdot C_K R}{\lambda} \left( \frac{T_p}{100} \right)^3 = \frac{10 \cdot 3,5 \cdot 0,25}{35} 1,123^3 = 0,35$$

Metallning boshlang'ich nisbiy harorati:  $U_1 = T_M^0 / T_p = 293 / 1123 \approx 0,26$

Metallning oxirgi nisbiy harorati:  $U_2 = T_M / T_p = 1000 / 1123 \approx 0,89$

$$\psi_1 = 0,24 \quad \text{ba} \quad \psi_2 = 1,23.$$

$$\text{Fure kriteriysi: } F_0 = \frac{\alpha \tau}{R^2} = \left( \frac{\psi_2 - \psi_1}{2I} \right) = \frac{1,23 - 0,24}{2 \cdot 0,35} \approx 1,41$$

$$\text{Metallni qizdirish vaqti: } \tau = \frac{F_0 R^2}{a} = \frac{1,41 \cdot 0,25^2}{0,0225} = 3,92 \text{ soat}$$

Metall yuzasi va markazidagi haroratlar qiymatini aniqlaymiz.

Qizdirish natijasida metall yuzasidagi haroratni  $t_M = 780^\circ\text{C}$  ga teng deb qabul qilamiz, u holda :

$$q_M^{yuza} = C_K \left[ \left( \frac{T_p}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{yuza}}{100} \right)^4 \right] = 3,5 [11,23^4 - 10,54^4] = 21200 \text{ Wt/m}^2$$

Metall yuzasi va markazidagi haroratlarning farqi:

$$\Delta t_M = \frac{q_M R^{yuza}}{2\lambda} = \frac{21200 \cdot 0,25}{2 \cdot 35} = 76^\circ\text{C}$$

Metall markazidagi harorat:

$$t_M^{MAR} = t_M^{yuza} - \Delta t_M = 780 - 76 = 704^\circ\text{C}$$

Metall massasi bo'yicha o'rtacha harorat:

$$t_M^{MAR} = t_M + 0,33\Delta t_M = 704 + 0,33 \cdot 76 = 730^\circ\text{C}$$

bu berilgan qiymatga juda yaqin.

Demak, metall yuzasi va markazidagi haroratlarning qiymatini

taxminan  $t_M^{yuza} = 780^\circ\text{C}$  va  $t_M^{MAR} = 704^\circ\text{C}$  ga teng deb hisoblash mumkin.

Yoqilg'i yoqish uchun beriladigan  $20^\circ\text{C}$  li havoning entalpiyasi:

$$H_h = V^0 \alpha C_h t_h = 10,7 \cdot 1,15 \cdot 1,295 \cdot 20 = 319 \text{ kJoul/kg.}$$

Kimyoviy chala yonish natijasida yo'qotilgan issiqlik:

$$Q_{K.ch.yo.} = 0,015 \cdot 39,5 \cdot 10^3 = 592 \text{ kJoul /kg.}$$

Chiqib ketuvchi gazlarning entalpiyasi  $H_{ch.g.} = 2400 \text{ kJoul/kg.}$

Yoqilg'idan foydalanish koeffitsienti:

$$\eta_F = 1 + \frac{H_{yo} + H_x}{Q_K^i} - \frac{q_{K.ch.yo} + H_{ch.G}}{Q_K^i} = 1 + \frac{189 + 319}{39,5 \cdot 10^3} - \frac{592 + 24 \cdot 10^3}{39,5 \cdot 10^3} = 0,391$$

Metallning kuyishi natijasida ajralib chiqadigan issiqlik:

$$Q_{ekz} = 5660 \cdot y / 100 = 5660 \cdot 1,3 / 100 = 73,4 \text{ kJoul/kg.}$$

Texnologik jarayonga sarflanadigan issiqlik:

$$Q_{tex.} = (Q_M'' - Q_M') + Q_{III} - Q_{ekz} = 838 - 73,4 = 764,6 \text{ kJoul/kg.}$$

bunda:  $Q_M'' - Q_M' = 838$  - metall entalpiyasining ortishi

(tegishli jadvaldan olinadi).

Atrof-muhitga yo'qotilgan issiqlik:  $Q_{A.M.} = \frac{31,5 \cdot 3600}{74} = 640 \text{ kJ / kg}$

Mazutning solishtirma sarfi:

$$B = \frac{Q_{TEXN} - Q_{A.M.}}{Q_K^i \cdot \eta_F} = \frac{746,6 + 640}{39,5 \cdot 0,391} = 0,091 \text{ kg / kg}$$

metalg



Shartli yoqilg'ining solishtirma sarfi:

$$B_{SH} = \frac{BQ_K^i}{29,33 \cdot 10^3} - \frac{0,091 \cdot 39,5 \cdot 10^3}{29,33 \cdot 10^3} = 0,122 \text{ kg/kg}$$

Mazutning soatli sarfi:  $B = qB = 141 \cdot 0,091 = 67,6 \text{ kg/soat}$ .

Havoni pechga  $400^\circ\text{C}$  gacha qizdirib berilganda, uning entalpiyasi  $6570 \text{ kJoul/kg}$  ga teng bo'ladi. Demak:

$$\eta_F = 1 + \frac{189 + 6570}{39,5 \cdot 10^3} - \frac{592 + 24 \cdot 10^3}{39,5 \cdot 10^3} = 0,539$$

**2-Masala.** Gaz bilan to'ldirilgan pechning tag qismida metall qizdiriladi. Pech tag qismi o'lchamlari  $1 \times 1,5 \text{ m}$ ; uning  $90\%$  qismi qoralik darajasi  $\varepsilon_M = 0,8$  bo'lgan metall bilan band. Metalldan pechning tepa qismigacha bo'lgan balandlik  $-0,95 \text{ m}$ . Gazning tarkibida  $18\% \text{ CO}_2$  va  $12\% \text{ H}_2\text{O}$  mavjud, uning harorati  $1200^\circ\text{C}$ . Metall harorati  $800^\circ\text{C}$  bo'lganda gaz va devor qoplamasidan metallga nurlanish oqimining zichligi aniqlansin.

**Yechish.** Nurning effektiv uzunligi:  $S_{ef} = 3,6 \text{ V}/\Sigma F$

bu yerda :  $V$  - gazning hajmi;  $\Sigma F$  - uni chegaralovchi yuzalar yig'indisi.

$$S_{EF} = 3,6 \frac{1 \cdot 1,5 \cdot 0,95}{2[(1 + 1,5) \cdot 0,95 + 1 \cdot 1,5]} = 0,526, m$$

Quyidagi kattaliklarni hisoblaymiz:  $P_{\text{CO}_2} \cdot S_{EF} = 18 \cdot 0,526 = 9,47 \text{ kPa} \cdot \text{m}$ ;

$$P_{\text{H}_2\text{O}} \cdot S_{EF} = 12 \cdot 0,526 = 6,31 \text{ kPa} \cdot \text{m}$$

Bu berilganlar asosida nomogrammadan quyidagilarni topamiz:

$$\varepsilon_{\text{CO}_2} = 0,095; \quad \varepsilon_{\text{H}_2\text{O}} = 0,075; \quad \eta = 1,08.$$

Gazning qoralik darajasini hisoblaymiz:  $\varepsilon_g = 0,095 + 1,08 \cdot 0,075 = 0,17$

Devor - metall uchun burchak koeffitsienti:

$$\varphi_{K.M.} = \frac{F_M}{F_K} = \frac{0,9 \cdot 1 \cdot 1,5}{2(1 + 1,5)0,95 + 1 \cdot 1,5} = 0,216$$

Nurlanish oqimi:

$$Q_{r1} = \varepsilon_g \varepsilon_1 \frac{\varphi_{21}(1 + \varepsilon_g) + 1}{\varphi_{21}(1 - \varepsilon_g)[\varepsilon_1 + \varepsilon_g(1 - \varepsilon_1)] + \varepsilon_g} \cdot \sigma_0 F_1 (T_g^4 - T_1^4);$$

Bu ifodaga binoan gaz va devordan metallga nurlanishning keltirilgan koeffitsienti quyidagiga teng:

$$Q_{G.D.M} = \frac{0,17 \cdot 0,8[0,216(1 - 0,17) + 1] \cdot 5,7 \cdot 10^{-8}}{0,21(1 - 0,17)[0,8 + 0,17(1 - 0,8)] + 0,17} = 3,1 \cdot 10^{-8} \text{ Wt/m}^3 \cdot \text{K}^4;$$

Metallga nurlanish oqimining zichligi:

$$q_M = \frac{Q_M}{F_M} = 3,1 \cdot 10^{-8} (1473^4 - 1473^4) = 104847 \text{ Wt} / \text{m}^2;$$

## MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

**1- masala.**Quyidagi tarkibli ko'mir berilgan:

$C^i = 45,4\%$ ;  $H^i = 3,5\%$ ;  $S^i = 1,3\%$ ;  $N^i = 0,9\%$ ;  $O^i = 8,9\%$ ;  $A^i = 27\%$ ;  $W^i = 13,0\%$ ;  
tutun gazlaridagi uch atomli gazlarning miqdori  $RO_2^{\text{MAKC}} = 18,7\%$ . Shu yoqilg'ining  
1 kg miqdori to'la yoqilganda hosil bo'ladigan uch atomli gazlarning hajmi va  
ulardagi  $CO_2$  hamda  $SO_2$  gazlarning miqdori aniqlansin.

**Javob:**  $V_{RO_2} = 0,86 \text{ m}^3/\text{kg}$ ;  $CO_2 = 18,5\%$ ;  $SO_2 = 0,2\%$ .

**2-Masala.** Gaz bilan to'ldirilgan pechning tag qismida metall qizdiriladi. Pech tag  
qismi o'lchamlari  $2 \times 3,0 \text{ m}$ ; uning 90% qismi qoralik darajasi  $\epsilon_M = 1,6$  bo'lgan  
metall bilan band. Metalldan pechning tepa qismigacha bo'lgan balandlik  $-1,9 \text{ m}$ .  
Gazning tarkibida 36%  $CO_2$  va 24%  $H_2O$  mavjud, uning harorati  $2400^\circ\text{C}$ . Metall  
harorati  $1600^\circ\text{C}$  bo'lganda gaz va devor qoplamasidan metallga nurlanish  
oqimining zichligi aniqlansin. Metallga nurlanish oqimining zichligi:

**Javob:**  $q_M = 209694 \text{ Wt} / \text{m}^2$ ;

**3- masala.** Pech o'txonasida  $2 \cdot 10^3 \text{ kg/soat}$  miqdorda mazut yoqiladi, uning tarkibi:  
 $C^i = 84,65\%$ ;  $H^i = 11,7\%$ ;  $S^i = 0,3\%$ ;  $O^i = 0,3\%$ ;  $A^i = 0,05\%$ ;  $W^i = 3,0\%$ . Agar shu  
yoqilg'i to'la yongan paytda hosil bo'lgan tutun gazlarining tarkibidagi  $SO_2$  ning  
miqdori 15% dan 12 % gacha kamaygani ma'lum bo'lsa, o'txonaga berilayotgan  
havoning hajmi qanchaga ortgani aniqlansin.

**Javob:**  $V_Q = 6666 \text{ m}^3/\text{soat}$ .

**4-masala.** Materiali po'lat diametri 1000 mm bo'lgan yarim mahsulotni qizdirish  
vaqti aniqlansin. Pech ichidagi o'zgarmas harorat  $t_p = 1700^\circ\text{C}$  ( $T_p = 2246^\circ\text{K}$ ).  
Qizdirilgan materialning oxirgi harorati  $t_M = 1454^\circ\text{C}$  ( $T_M = 2000^\circ\text{K}$ ).

Po'latning boshlang'ich harorati  $t_M^0 = 40^\circ\text{C}$  ( $T_M^0 = 586^\circ\text{K}$ ). Po'latning fizik

konstantalari:  $\lambda = 70 \text{ Vt/m.grad}$ ;  $C = 1,42 \text{ kJoul/kg.grad}$ ;  $\rho = 15720 \text{ kg/m}^3$   $a = 0,045 \text{ m}^2 \cdot \text{soat}$ . Keltirilgan nurlanish koeffitsienti  $c_K = 7,0 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}^4$ .

**Javob:**  $\eta_F = 1,078$

**5 – masala.** Ishchi massasiga ko'ra tarkibi  $C^i = 45,0 \%$ ;  $H^i = 2,6 \%$ ;  $S_u^i = 1,7\%$ ;  $N^i = 0,4 \%$ ;  $O^i = 9,9 \%$ ;  $A^i = 11,4 \%$ ;  $W^i = 29,0 \%$  bo'lgan B3 markali ko'mirni 800 kg/soat va tarkibi  $C^i = 43,4 \%$ ;  $H^i = 2,9 \%$ ;  $S_u^i = 0,8 \%$ ;  $N^i = 0,8 \%$ ;  $O^i = 7,0 \%$ ;  $A^i = 38,1\%$ ;  $W^i = 7,0 \%$  bo'lgan SS markali ko'mirni 500 kg/soat sarf bilan yoqish uchun zarur bo'lgan havo hajmi aniqlansin. Bunda o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsiyentlari mos ravishda  $\alpha_{yo} = 1,4$  va  $1,3$  bo'lsin.

**Javob:**  $V_h = 7823 \text{ m}^3/\text{soat}$ .

**6 – masala.** Tarkibi  $\text{CO}_2 = 0,5 \%$ ;  $\text{CH}_4 = 92,8 \%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6 = 2,8 \%$ ;  $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,9\%$ ;  $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,4 \%$ ;  $\text{C}_5\text{H}_{12} = 0,1 \%$ ;  $\text{N}_2 = 2,5 \%$  bo'lgan Buxoro koni tabiiy gazini 2000  $\text{m}^3/\text{soat}$  va tarkibi  $\text{CO}_2 = 0,1 \%$ ;  $\text{CH}_4 = 89,7 \%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6 = 5,2 \%$ ;  $\text{C}_3\text{H}_8 = 1,7 \%$ ;  $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,5 \%$ ;  $\text{C}_5\text{H}_{12} = 0,1 \%$ ;  $\text{N}_2 = 2,7 \%$  bo'lgan Gazli koni tabiiy gazini 1000  $\text{m}^3/\text{soat}$  sarf bilan yoqish uchun zarur bo'lgan havoning nazariy va haqiqiy hajmlari aniqlansin. Bunda o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsiyentlari, mos ravishda  $\alpha_{yo} = 1,15$  va  $1,1$  bo'lsin.

**Javob:**  $V^o = 29360 \text{ m}^3/\text{soat}$ ;  $V_h = 33264 \text{ m}^3/\text{soat}$ .

### Nazorat savollar

1. Yuqori haroratli jarayonlarda issiqlik almashuvini qanday tashkil etilad?
2. Ichki va tashqi issiqlik almashuvito'g'risida gapirib bering.
3. YuHQ lardagi issiqlik almashuvining holatlarihaqida nimalarni bilasiz?
4. Pechning ishchi bo'shlig'idagi tashqi issiqlik almashuvisanab bering.
5. Yo'naltirilgan va bilvosita amalga oshiriladigan nurlanishli (radiatsion) issiqlik almashuvito'g'risida gapirib bering.
6. Qizigan gazlar resirkulyasiyasi (qayta kiritilishi) va YuHQ larning issiqlik samaradorligini oshirish to'g'risida nimalarni bilasiz?

## VIII-BOB.METALNI QIZDIRISHNING RATSIONAL TEXNOLOGIK ASOSLARI

### 8.1.Qizdirilayotgan metal ichida bo‘ladigan jarayon

**Tayanch iboralar:***qizdirilayotgan metal , qizdirish harorati,qizdirish tezligi ,  
metalni toblash, yupqa materiallar*

Metal qizishining asosiy ko‘rsatkichiga harorat va qizdirish tezligi kiradi.

**Qizdirish harorati deb** pechdan olinayotgan metalning oxirgi harorati tushiniladi.Qizdirish tezligi deb vaqt birligida metal haroratining o‘zgarishi tushiniladi.Qizdirish tezligiga metalni kizitishda uning ichida ro‘y beradigan jarayon tushiniladi. Metalni toblashda uning kalnligi bo‘yicha qizish jarayoni bir xil sodir bo‘lmaydi va metalda mumkin bo‘lmagan ichki kuchlanish sodir bo‘ldi. Agarda qizdirish tezligi kancha katta bo‘lsa, shuncha metal kalnligi orasidagi haroratlar farqi ko‘p bo‘ladi va haroratlar kuchlanishi ham katta bo‘ladi.

Haroratlar farqi qizdirish tezligi bilan bog‘lik:

$$\Delta T = T_{YUZA} - T_{MARKAZ} = S_K S^2 / 2 a$$

a- harorat o‘tkazuvchanlik koefitsenti

Masalan temirning harorati 773<sup>0</sup> ohsa kuchlanish yo‘qoladi va u yumshoq holatga keladi.Shuning uchun har xil materiallar o‘ziga xos ma’lum qizdirish tezligiga ega.

Siqish kuchlanishini plastinka formali qizdirilayotgan metal yuzasida ko‘proq ko‘rishimiz mumkin.

$$\sigma = \beta E / (1-\nu) \cdot S_N S^2 / 3a = 2\beta E \Delta T / 3(1-\nu) = 0,95\beta E \Delta T; \text{ N/m}^2$$

$\beta$  - minimal kengayish koeffitsenti.

E - egiluvchanlik moduli.

$\nu$  - puassan nisbati, temir uchun  $\nu = 0,3$ .

$S_K$  - qizdirish tezligi.

S - plastina kalinaligi.

a- harorat o'tkazuvchanlik koeffitsenti.

Agarda  $\sigma = \sigma_{ma'lum}$  bo'lsa unda

$$S_K = 2,1 a \sigma_M / (\beta \cdot E \cdot S^2)$$

bundan

$$\Delta T = 1,05 \sigma_d / \beta E$$

Metal qalinligi bo'yicha  $\Delta T$  kamaytirish va bir xil qizdirish uchun, metalni ushbu zonada ko'proq ushlab turish kerak, shunda metal yuzasidagi harorat oshmaydi, markazidagi harorat yuzasidagi harorat tenglashishga harakat qiladi.

### **Qizish jarayoni 2 xil shart bilan aniqlanadi.**

1) *Tashqi issiqlik almashinuvini aniqlovchi shart, bunda pechdagi gazning metal yuzasiga issiqlik berish tushiniladi. Bularga pechdagi harorat, boshlang'ich va oxirgi kazish vaqtdagi metalning harorati, pech gazining nurlantirish kobilyati, pechning ishchi kamerasining o'lchami kiradi.*

2) *Ishchi issiqlik almashinuvini aniqlash shart, bunda metal yuzasidan uning ichiga issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan beriladigan issiqlik tushuniladi. Bulrga metalning issiqlik o'tkazuvchanligi va issiqlik sig'imi, uning qalinligi va kimyoviy birikmasi kiradi.*

Metalning qizish vaqtini hisoblashda  $V_i$  kiriteriysi katta rol o'ynaydi.

$$V_i = \alpha \cdot S / \lambda = \frac{S/\lambda}{1/\alpha}$$

bunda  $1/\alpha$  - tashqi issiqlik almashinuvi.

$S/\lambda$  - ichki issiqlik almashinuvi.

Agarda  $V_i < 0,25$  yupqa materiallar.

$V_i > 0,25$  hajmli katta materiallar tushuniladi.

## 8.2.Yupqa materiallarni qizdirish. Hajmi katta materiallarni qizdirish

**Tayanch iboralar:***yupqa materiallarni qizdirish. hajmi katta materiallarni,plastinaniqizdirish,silindrniqizdirish, furekriteriysi*

### ***1. Yupqa materiallarni qizdirish.***

Pechlarda asosan qizdirilayotgan materialning yuzasiga issiqlik berish konveksiya yoki nurlanish yo‘li bilan sodir bo‘ladi. Agarda issiqlik berish konveksiya usulida sodir bo‘lsa, unda Nyuton tengligi haqqoniy bo‘ladi:

$$Q = \alpha ( T_n - T_M ) F \tau$$

va metalni qizdirish vao‘ti quyidagi tenglik bilan aniqlanadi.

$$\tau = MS / \alpha F \ln [ ( T_n - T_{M \text{ OXIR}} ) / ( T_n - T_{M \text{ BOSH}} ) ] ;$$

S- issiqlik sig‘imi

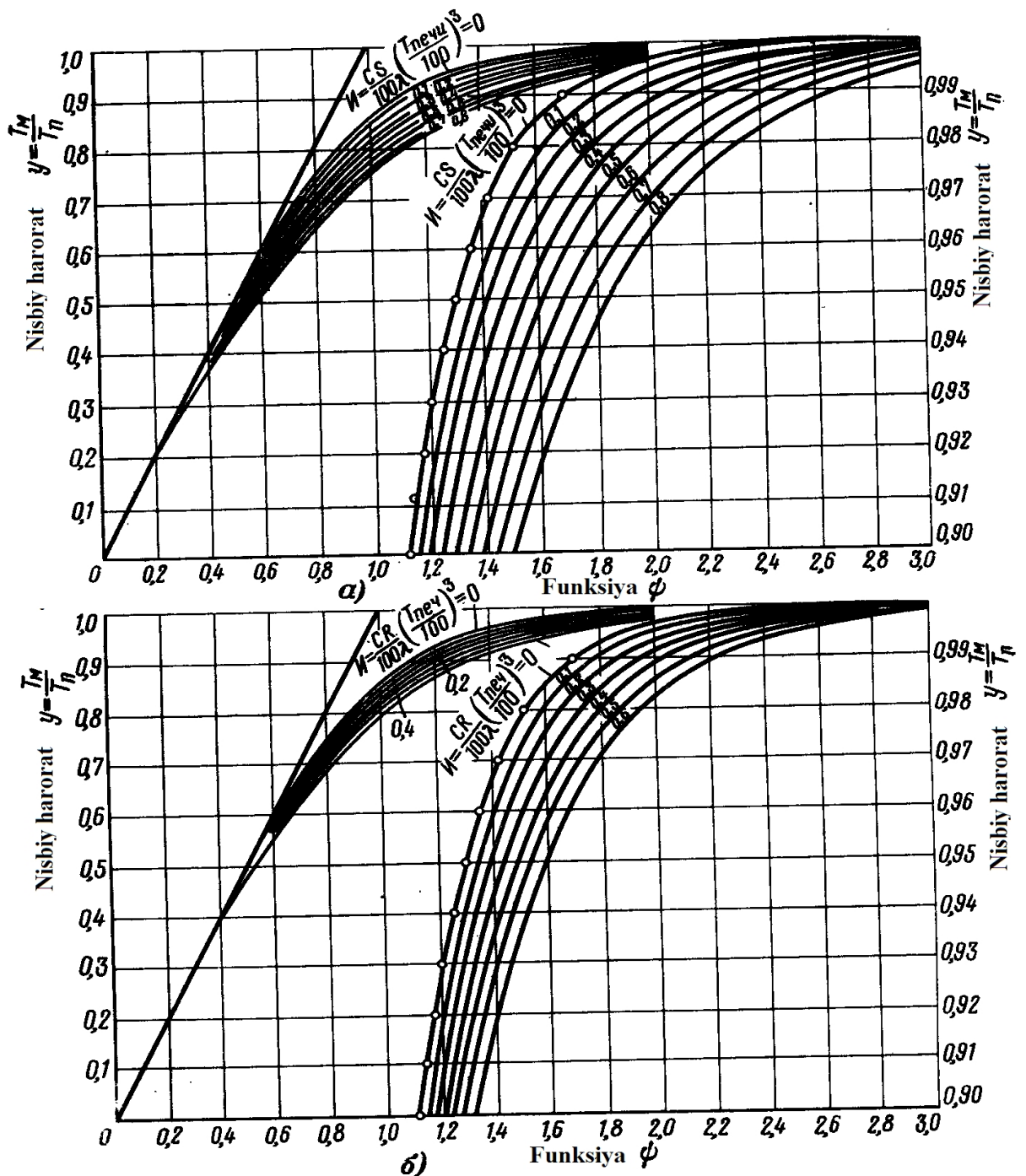
M - massasi

$\alpha$  - issiqlik berish koeffitsenti

F - material yuzasi

$T_n$  - pech harorati

$T_M$  - materialni boshlang‘ich va oxirgi harorati.



8.1- rasm. Plastinaniqizdirish hisobi uchun yordamchigrafik.

a- plastinaniqizdirish; b- silindrniqizdirish.

Agarda issiqlik berish ko'prok nurlanish usulida sodir bo'lsa, unda Stefan-Bolsman qonuni haqqoniy bo'ladi va yupqa metalni qizdirish vaqti quyidagi tenglik bilan aniqlanadi.

$$\tau = MS / S_{PRF} \cdot 100 / (T_n / 100)^3 [f_1 (T_{MOXIR} / T_n) - f_2 (T_{MBOSH} / T_n)]$$

$C_{PR}$  - nurlanish koeffitsenti

## Furekriteriysi

Qizdirish vaqtini aniqlash uchun Fure kriteriysini topishimiz kerak, buning uchun biz Bio kriteriysi harorat kriyteriysini aniqlashimiz kerak. Agarda bu kriteriyalar aniq bo'lsa unda nomogramma orqali kriteriy Fureni aniqlaymiz va u orqali qizdirish vaqtini topamiz.

$$\tau = FO \cdot S^2 / \alpha ;$$

Bu qizdirish vaqti faqat ishchi bo'shlig'ining hamma nuqtasida bir xil haroratda bo'lganda haqqoniy bo'ladi. Qizdirish vaqtini hisoblashda harorat vaqt bo'yicha o'zgarmas bo'lsa, ishchi bo'shlig'i uzunligi bo'yicha o'zgarsa bir muncha qiyinchiliklar bo'ladi.

Bunday pechlarga metodik pechlar kiradi.

Buning uchun pechni bir necha bo'laklarga bo'lamiz va har bir bo'lak uchun o'zgarmas harorat deb olib, metalni qizdirish vaqtini aniqlaymiz. Har bir bo'lak uchun topilgan qizdirish vaqtini qo'shsak umumiy vaqtni topamiz.

Agar pech oxirida metal to'siq kizimagan bo'lsa yoki  $T_{M.YU} > T_{M.M}$  bo'lsa, unda materialni to'xtatib turish kerak.

Metalni to'xtatib turish  $T_{yu.m}$  bilan  $T_{m.m.}$  tenglashtirish demakdir. Bu to'xtatib turish zonasida pech gazining haroratini  $T_{m.yu.}$  dan  $50^0$  yuqori ushab turish kerak, chunki  $T_{m.yu.}$  qattiq qizib ketishi kerak emas.

Agar boshlang'ich bosqichda  $T_{yu}$  bilan  $T_m$  ning farqini  $\Delta T_{BOSHL}$  bilan oxirgi bosqichda  $\Delta T_{OXIR}$  bilan belgilab, ularning nisbatini olsak,  $\Delta T_{OXIR} / \Delta T_{BOSHL}$  - haroratini tenglashtirish rejasini beradi va  $\delta$  bilan belgilanadi.

Metalni ushlab tushish vaqti quyidagi tenglik bilan aniqlanadi.

$$\tau_v = m (S^2 / a)$$

$m$  - koeffitsent bo'lib bu haroratni tenglashtirish darajasiga bog'liq va bu grafik orqali aniqlanadi.

### 8.3.Jismda haroratning taqsimlanishi

Issiqlik o'tkazuvchanlik masalani echishda yoki jismda haroratning



taqsimlanishini va uning vaqt bo'yicha o'zgarishini  $T(x, u, z, t)$  aniqlashda shu hodisa uchun issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasining aniq formasini bilishimiz kerak (to'g'ri yoki egri chiziqli, bir jinsli yoki bir xil jinsli bo'lmagan bo'lishi mumkin).

Agar **chiziqli tenglama berilgan bo'lsa,  $u, \lambda (T)$  bog'liqligini aniqlashimiz kerak, agar** bir jinsli bo'lmagan tenglama berilgan bo'lsa, unda  $qV(x, u, z, t)$  bog'liqligini aniqlashimiz kerak, lekin bu issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasining juda ko'p echimli bo'ladi. SHu echimlar ichidan bittasini tanlab olsak bu shu echimlar uchunu mumiy bo'lib birlamchi shartiga amal qiladi.

Birlamchi shartga quyidagilar kiradi:

1. Geometrik shart (jismning geometrik o'lchamlari)
2. jismning fizik parametrlari ( $\lambda, S$ )
3. boshlang'ich shart (birmuncha vaqt ichidagi jism hajmi bo'yicha haroratning taqsimlanishi)  $t = 0$
4. chegaralovchi shart (issiqlikning jism asosi bilan fazo o'rnatilgan bir biriga ta'sirini xarakterlaydi).

**Chegaralovchi shart quyidagicha bo'lishi mumkin.**

*1. birlamchi chegaralovchi shart: Bunda jism yuzasida g'aroratning taqsimlanishi va buning vaqt bo'yicha o'zgarishi beriladi, yoki funksiya beriladi.  $T_m = T_w(x, u, z, t)$ . Ayrim hollarda bu harorat jismning butun yuzasida va vaqt o'zgarishi bilan o'zgarimas bo'ladi.*

*2. Ikkilamchi chegaralovchi shart. Bunda jismning butun yuzasidagi issiqlik oqimining taqsimlanishi va uning vaqt bo'yicha o'zgarishi beriladi.*

$$\lambda \left( \frac{\partial T}{\partial n} \right)_w = q_w(x, u, z, t)$$

$n$  - normal kordinat.

Ayrim hollarda bu issiqlik oqimi jismning butun yuzasida va vaqt bo'yicha o'zgarimas bo'ladi.

*3. Uchlamchi chegaralovchi shart (atrof-muhit harorati yoki issiqlik manbai va jism yuzasi bilan atrof-muhit orasidagi issiqlik almashinuvi*

*qonuni beriladi*). Bu eng ko‘p uchraydigan holatdir.

Masalan, atrof-muhit orasidagi tashki issiqlik almashinuvi  $T_0$  va jism yuzasi  $T_w$  bo‘lib, konveksiya usulida issiqlik almashilsa, issiqlik oqimini Nyuton qonuni orqali aniqlash mumkin.

$$Q_w = \alpha (T_0 - T_w)$$

Ikkinchi tomondan issiqlik oqimini Fure qonuni orqali ham aniqlash mumkin.

$$Q_w = -\lambda (\partial T / \partial n)_w$$

$$\alpha (T_0 - T_w) = -\lambda (dT / dn)$$

Bu erda  $\alpha$  bilan  $\lambda$  aniq son.

Bunga misol kilib o‘zgarmas haroratda qizdirish kiradi.

### **Nazoratsavollar**

1. Furekriteriysigata’rif berin.
2. Jismdaha haroratning taqsimlanishi qanday kechadi.
3. Chegaralovchishartlarni mialardan iborat.

### **8.4. Jismni bir xil haroratda qizdirish**

Jismni qizdirganda harorat kordinatga bog‘liq bo‘lmagan usulni ko‘ramiz. Bu praktikaada yaxshi aralashadigan suyuqliklarni qizdirishimiz bilan xarakterlanadi.

Agar issiqlik jism yuzasiga konveksiya usulida berilsa, unda issiqlik balansi vaqtda, atrof-muhitdan issiqlik berishi natijasida jism yuzasidan o‘tayotgan issiqlik miqdori:

$$dQ = \alpha (t_c - t) F \cdot d\tau$$

Bu issiqlik entalpiyani oshirishga xizmat kilsa:

$$di = m c dt = \rho v c dt'$$

bularni tenglashtirib keyin integrallasak yoki

$$\tau_0 = 0 \rightarrow \tau$$

unda

$$\tau = MC / \alpha F \ln (t_c - t_n) / (t_c - t) ;$$

Agarda issiqlik jism yuzasiga nurlanish usulida berilsa, unda issiqlik balansidan  $d\tau$  vaqtda berilgan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$dQ = \delta_{PR} (T_S^4 - T^4) F d\tau$$

Bu issiqlikentalpiyanioshinish gaxizmatkilsa

$$di = mc dt$$

bularni tenglashtirib keyin integrallasak.

$$\tau T$$

$$\int_0^{\tau} d\tau = MC / \delta_{PR} F \int_{T_n}^T dT / (T_C^4 - T^4) ;$$

$$0 \quad T_n$$

$$\tau = MC / \delta_{PR} F \cdot 1 / T_C^3 [ [ \ln [ [ 1 + (T / T_C) ] / [ 1 - T / T_C ] ] + 2 \operatorname{arctg} T / T_S ] - [ \ln (1 + T_n / T_C) / (1 - T_n / T_C) + 2 \operatorname{arctg} T_n / T_C ] ]$$

$\Psi (T / T_C)$  va  $\Psi (T_n / T_C)$  funksiyalarni grafik orqali topishimiz mumkin.

## 8.5. Jismni notekis harorat maydonida qizdirish. Jismni o'zgarmas issiqlik oqimida qizdirish

### Jismni notekis harorat maydonida qizdirish.

Jismni qizdirishda va sovitishda ko'pincha harorat har xil ta'sir qiladi. Agarda pech ichiga jismni joylashtirsak, boshlang'ich vaqtda yuza harorati tez ko'tariladi, ichki qatlamlardagi harorat keskin oshadi, keyinchalik haroratlar tenglashadi.

Jismda haroratning o'zgarishini issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasidan topishimiz mumkin, bunda

$$\partial t / \partial \tau = \lambda / \rho c (\partial^2 t / \partial x^2 + \partial^2 t / \partial u^2 + \partial^2 t / \partial z^2) ;$$

$$t_n = f (x, \tau) \text{ issiqlik oqimi kamayibboradi.}$$

### **Jismni o'zgarmas issiqlik oqimida qizdirish.**

Bunda cheksiz plastinani qizdirishni ko'rib chiqamiz. Vaqt o'tishi bilan jism yuzasiga berilayotgan issiqlik oqimi o'zgarmaydi.  $Q_n = \text{const}$  – bir kamerali pechlarda bo'ladi.

$$q_w = f(x, y, z, \tau);$$

CHeksiz plastina uchun Fure tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\partial v / \partial \tau = a \partial^2 v / \partial x^2$$

$$v = t - t_n$$

Bir nuqtadagi haroratning o'zgarishi:

$$\text{grad } t = \partial t / \partial x + \partial t / \partial y + \partial t / \partial z;$$

$$Q = -\lambda F \text{ grad } t$$

$$q = Q / F = -\lambda \text{ grad } t.$$

### **8.6. Texnologik chiqindilarning klassifikatsiyasi**

Sanoat pechlardan chiqayotgan gazlar tarkibidagi changlar ikkiga bo'linadi, yoqilg'i yoki texnologik chiqindilarga: Gaz yoki mazut bilan ishlaydigan pechlarda yoqilg'i chiqitli bo'lmaydi. Ko'mir kukuni bilan ishlaydigan pechlarda ko'mirdan chiqadigan kulga qarab o'rtacha  $10\text{g}/\text{m}^3$  yoqilg'i chiqiti bo'lishi mumkin.

**Texnologik chiqindi quyidagicha bo'lishi mumkin:**

- 1) gaz oqimi bilan chikadigan yonmagan qattiq mahsulotlar;**
- 2) gaz oqimi bilan chikadigan erigan mahsulot tomchilari yoki toshqollar;**
- 3) gaz bilan chiqadigan par holatga aylangan texnologik mahsulotlar yoki metallar.**

Pechdan chikadigan chiqindilar o'zining nisbiy og'irligi, granulometrik tarkibi va formasi hamda pechdagi gaz oqimining tezligi bilan aniqlanadi.

Granulometrik materiallarni qizdirishda termik kuchlanish sodir bo'ldi va u mayda bo'laklarga bo'linadi, bu esa gaz oqimi bilan pechni ishchi bo'shlig'idan chikib ketishiga sabab bo'ladi. Bunday chiqindilar hamma texnologik pechlarda,

umuman shaxtali pechlarda, qaynash pechlarida hamda qaytaruvchi pechlarda sodir bo'lishi mumkin.

Tajribadan ma'lumki, atmosfera havosida ishlagandagi marten pechidan chiqayotgan gazdagi chiqindilar quyidagicha bo'ladi.

0-10 mk chiqindi bo'laklari 17-38%

10-30 mk chiqindi bo'laklari 13-34%

30-60 mk chiqindi bo'laklari 14-24%

6 mk chiqindi bo'laklari 15-45%

Agarda shu pechga kislorod yuborilsa, unda chiqindi bo'laklari quyidagicha bo'ladi:

0-10 mk 65-70%

60 mk 6-9%

Pechdan keyin toshqol ushlanadi va regeneratorda gaz chiqindilarining katta bo'laklari yana ushlanadi va undan keyingi qozon-utilizatorga juda mayda bo'laklar aralash gaz keladi.

Bu qozon-utilizatorning quvurlarini tez ishdan chikishidan saqlaydi.

Chiqindi harorati xarakteristikasini gapirganimizda shuni aytish kerakki, uni aniqlashda xozirgi standart pirometrik konusdan foydalanish etarli bo'lmaydi, uni tajriba orqali chiqindining haroratga bog'liqligini aniqlash kerak. Bu oxirgi metod quyidagi haroratni aniqlashda foydalaniladi.

$t_1$  - boshlang'ich suyuqlikning paydo bo'lishi harorati;

$t_2$  - intensiv yig'ila boshlashdagi harorat;

$t_3$  - erigan holatdagi harorat.

Bu usulda ko'rilayotgan chiqindining erish harorati quyidagi taxminiy sonlar bilan xarakterlanadi. Masalan po'lat eritadigan pechlarda

$t_1 = 900-1000^{\circ}\text{C}$ ;

$t_2 = 1050 -1150^{\circ}\text{C}$ ;

$t_3 - 1450 -1500^{\circ}\text{C}$ .

Qaytaruvchi temir eritadigan pechlarda

$$t_1 = 750-850^{\circ}\text{C},$$

$$t_2 = 850^{\circ}-950^{\circ}\text{C},$$

$$t_3 = 1100-1200^{\circ}\text{C}.$$

Shisha eritadigan pechlarda esa erish holati  $t_3 = 800 - 850^{\circ}\text{C}$  da boshlanadi.

Toshqoldan tozalashda konvektiv qizdirilayotgan gazni oldindan, chiqayotgan tutun gazni  $t_2$  haroratdan past haroratga sovitish kerak, agarda suyuq holatdagi toshqolni tozalashda shu zonada gaz haroratsi  $t_3$  haroratdan katta bo'lishi kerak.

### MASALA YECHISH NAMUNALARI

**1 – Masala.** Pechning qizigan gazlari issiqligidan foydalanuvchi qozon qurilmasida ishlab chiqarilgan issiqlik (bug' ko'rinishida) aniqlansin. Pechdan chiquvchi gazlar harorati  $t=700^{\circ}\text{C}$  havoning ortiqlik koeffitsienti  $\alpha=1,3$ , pechda yoqilg'ining sarfi  $B=0,05 \text{ m}^3/$ , ish holatlarining mos kelmaslik koeffitsienti  $\beta=1,0$  va issiqlikning atmosferaga yo'qotilish koeffitsienti  $\zeta=0,1$ . Pechda tabiiy gaz yoqiladi, uning tarkibi:  $\text{CO}_2=0,2\%$ ;  $\text{CH}_4=98,2\%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6=0,4\%$ ;  $\text{C}_3\text{H}_8=0,1\%$ ;  $\text{C}_4\text{H}_{10}=0,1\%$ ;  $\text{N}_2=0,4\%$ .

**Yechish:** Havoning hisobiy kerakli hajmi:

$$V^0=0,0478(0,5(\text{CO}+\text{H}_2)+1,5\text{H}_2\text{S}+2\text{CH}_4$$

$$\sum(m+\frac{n}{4})C_mH_n-O_2)=0,0478(2\cdot 98,2+3,5\cdot 0,4+5\cdot 0,1+6,5\cdot 0,1)=9,51\text{m}^3/\text{m}^3$$

Uch atomli gazlarning hajmi:

$$V^{H_2O}=0,01(\text{CO}_2+\text{CO}+\text{H}_2\text{S}+\sum mC_mH_n)=0,01(0,2+98,2+2\cdot 0,4+3\cdot 0,1+4\cdot 0,1)=1,0\text{m}^3/\text{m}^3.$$

Azotning hisobiy hajmi:

$$V_{N_2}^o = 0,79V^0 + N_2 / 100 = 0,79 \cdot 9,51 + 1/100 = 7,52 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$

Suv bug'larining hisobiy hajmi:

$$V_{H_2O}^0 = 0,01(H_2S + H_2 + \sum \frac{n}{2} C_m H_n + 0,124\alpha_2) + 0,016V^0 =$$

$$= 0,01(2 \cdot 98,2 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1) + 0,0161 \cdot 9,51 = 2,13 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$

Pechdan chiqayotgan gazlarning entalpiyasi:

$$I_2 = I_2^0 + (\alpha - 1)I_2^0 = V_{H_2O}(Ct)_{CO_2} + V_{N_2}(Ct)_{H_2O} + (\alpha - 1)V^0(Ct)_F =$$

$$= 1 \cdot 1461 + 7,52 \cdot 946 + 2,13 \cdot 1147 + (1,3 - 1) \cdot 9,51 \cdot 979 = 13811 \text{ kJ} / \text{m}^3.$$

Qozon qurilmasidan chiquvchi gazlarning entalpiyasi:

$$I_2' = I_2^0 + (\alpha - 1)I_2^0 = V_{H_2O}(Ct')_{CO_2} + V_{N_2}^0(Ct')_{N_2} +$$

$$+ V_{H_2O}^0(Ct')_{H_2O} + (\alpha - 1)V^0(Ct')_2 =$$

$$= 1 \cdot 357 + 7,52 \cdot 260 + 2,13 \cdot 304 + (1,3 - 1)9,51 \cdot 266 = 5489 \text{ kJ} / \text{m}^3$$

$(Ct)_{CO_2}$  ba  $(Ct')_{CO_2}$  hokazolar I – ilovadan olindi.

Chiqib ketuvchi gazlar issiqligidan foydalanib qozon qurilmasida ishlab chiqarilgan bug' ko'rinishidagi issiqlik miqdori:

$$Q = B(I_F - I_2')\beta(1 - \zeta) = 0,005 \cdot (13811 - 5489) \cdot 1(1 - 0,1) = 375 \text{ kJ/s.}$$

## MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

**1– Masala.** 1000 m<sup>3</sup>/soat tabiiy gaz to'la yoqilganda hosil bo'ladigan tutun gazlarining hajmi aniqlansin. Tabiiy gazning tarkibi:  
 CO<sub>2</sub>= 0,1%; CH<sub>4</sub>= 85,8%; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>=0,2%; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>= 0,1%, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>= 0,1%; N<sub>2</sub>= 13,7 %.  
 Yonish kamerasidagi havoning ortiqlik koeffitsienti  $\alpha_0 = 1,1$ .

**Javob:** V<sub>G</sub>= 10230 m<sup>3</sup>/soat.

**2 – Masala.** Pechning qizigan gazlari issiqligidan foydalanuvchi qozon qurilmasida ishlab chiqarilgan issiqlik (bug' ko'rinishida) aniqlansin. Pechdan chiquvchi gazlar harorati t=1400°C havoning ortiqlik koeffitsienti  $\alpha=2,6$ , pechda yoqilg'ining sarfi B=0,1 m<sup>3</sup>/, ish holatlarining mos kelmaslik koeffitsienti  $\beta=2,0$  va issiqlikning

atmosfera ga yo'qotilish koeffitsienti  $\zeta=0,2$ . Pechda tabiiy gaz yoqiladi, uning tarkibi:  $CO_2=0,4\%$ ;  $CH_4=196,4\%$ ;  $C_2H_6=0,8\%$ ;  $C_3H_8=0,2\%$ ;  $C_4H_{10}=0,2\%$ ;  $N_2=0,8\%$ .

**Javob:**  $Q=750$  kJ/s.

**3 – Masala.** 1 kg ko'mir to'la yonganda hosil bo'ladigan gazlar massasi va ulardagi kulning kontsentratsiyasi aniqlansin. Ko'mir tarkibi:  $C^i=54,7\%$ ;  $H^i=3,3\%$ ;  $S^i=0,8\%$ ;  $N^i=0,8\%$ ;  $O^i=4,8\%$ ;  $A^i=27,6\%$ ;

$W^i=8,0\%$ .  $a_{O,K}=0,85$ ,

Havoning ortiqlik koeffitsienti  $\alpha_O=1,3$ .

**Javob:**  $M_g=9,25$  kg/kg;  $\mu_K=0,0253$ .

**4– Masala.** 2000 m<sup>3</sup>/ soat tabiiy gaz to'la yoqilganda hosil bo'ladigan tutun gazlarining hajmi aniqlansin. Tabiiy gazning tarkibi:

$CO_2=0,2\%$ ;  $CH_4=171,6\%$ ;  $C_2H_6=0,4\%$ ;  $C_3H_8=0,2\%$ ,  $C_4H_{10}=0,2\%$ ;  $N_2=27,4\%$ .

Yonish kamerasidagi havoning ortiqlik koeffitsienti  $\alpha_{O'}=2,2$ .

**Javob:**  $V_G=20460$  m<sup>3</sup>/soat.

**5 – masala.** 2000 kg D markali ko'mirni qatlamli yoqish uchun zarur bo'lgan havoning nazariy va haqiqiy hajmlari aniqlansin. Bunda yonuvchi massasiga ko'ra ko'mirning tarkibi:  $C^{yo}=78,5\%$ ;  $H^{yo}=5,6\%$ ;  $S_u^{yo}=0,4\%$ ;  $N^{yo}=2,5\%$ ;  $O^{yo}=13,0\%$ ; quruq massaga ko'ra kul miqdori  $A^q=15,0\%$ ; ishchi namlik  $W^i=12,0\%$  va o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffitsiyenti  $\alpha_{yo}=1,3$  bo'lsin.

**Javob:**  $V^o=12040$  m<sup>3</sup>;  $V_h=15652$  m<sup>3</sup>.

**6 – masala.** 1500 kg nam slanesni qatlamli yoqish uchun zarur bo'lgan havoning nazariy hajmi aniqlansin. Bunda yonuvchi massasiga ko'ra slanesning tarkibi:  $C^{yo}=74,0\%$ ;  $H^{yo}=9,5\%$ ;  $S_u^{yo}=6,1\%$ ;  $N^{yo}=0,4\%$ ;  $O^{yo}=10,0\%$ ; ishchi massaga ko'ra kul miqdori  $A^i=46,0\%$ ; namligi  $W^i=11,5\%$  va  $(CO_2)_k^i=16,4\%$  bo'lsin.

**Javob:**  $V^o=3765$  m<sup>3</sup>.

**7 – masala.** Qozon o'chog'ida 2000 kg D markali (1) va 3000 kg G markali (2) ko'mirlar aralashmasi yoqilmoqda. Ularning ishchi massasiga ko'ra tarkibi quyidagicha:



$$C_1^i = 58,7\%; H_1^i = 4,2\%; (S_u^i)_1 = 0,3\%; N_1^i = 1,9\%; O_1^i = 9,7\%; A_1^i = 13,2\%; W_1^i = 12,0\%;$$
$$C_2^i = 66,0\%; H_2^i = 4,7\%; (S_u^i)_2 = 0,5\%; N_2^i = 1,8\%; O_2^i = 7,5\%; A_2^i = 11,0\%; W_2^i = 8,5\%.$$

Aralashma yonishi uchun zarur bo'lgan quruq havoning nazariy hajmi aniqlansin.

**Javob:**  $V_{ar}^o = 32700 m^3$ .

### Nazorat savollar

1. Qizdirilayotgan metal ichida bo'ladigan jarayon haqida nimalarni bilasiz? 2. Yupqa materiallarni qizdirish. Hajmi katta materiallarni qizdirish to'g'risida gapirib bering.
3. Jismda haroratning taqsimlanishi haqida nimalarni bilasiz?
4. Jismni bir xil haroratda qizdirish haqida nimalarni bilasiz?
5. Jismni notekis harorat maydonida qizdirish. Jismni o'zgarmas issiqlik oqimida qizdirish to'g'risida gapirib bering.
6. Texnologik chiqindilarning klassifikatsiyasini sanab bering.

## IX-BOB.PEHDAN CHIQUYOTGAN TUTUN GAZLARIDAN FOYDALANISH

### 9.1.Regenerativ issiqlik almashinuv qurilmalari.G'ishtli regeneratrlar

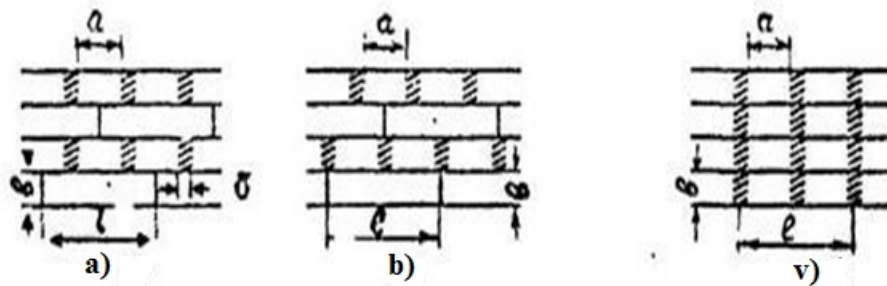
**Tayanch iboralar:***regenerativ issiqlik almashinuv qurilmalari, g'ishtli regeneratrlar,mos bo'lmagan, kanalli, issiqlik balansi tenglamasi.*

#### G'ishtli regeneratrlar

Yonish jarayoniga beriladigan havoni oldindan isitish uchun maxsus issiqlik almashtirgichlari - g'ishtli regeneratrlar va keramik (sopolli) rekuperatrlar qo'llaniladi. Bu materiallar arzon va issiqlikka chidamli bo'lganlari uchun havoni 1000-1200 °C gacha isitish imkonini beradilar. Shunga qaramay ular qator kamchiliklarga ega: cheklangan nisbiy issiqlik unumdorligi, shlakka nisbatan chidamsizlik, gaz zichligining pastligi va hokazo.

G'ishtli regeneratrlar arzonligi va issiqlikni to'plovchi material sifatida oddiy g'ishtdan foydalanishi bilan ajralib turadi. Regenerator ichida joylashtirilgan g'ishtlar qizigan tutun gazlari bilan isitiladi va ma'lum vaqtdan keyin sovuq havo bilan sovutiladi.Qo'llaniladigan g'ishtlarning o'lchamlari  $l \times s \times \delta$  bo'lib, odatda uzunligi  $l=250-300$  mm, balandligi  $s=100-150$ , qalinligi  $\delta=50-100$  mm bo'ladi. Gazlar o'tadigan kanalning eni  $\alpha=50-150$  mm bo'ladi.

Rekuperatorning asosiy ko'rsatkichlari:  $h_H, m^2/m^3$  - joylashtirilgan  $1 m^3$  hajmli g'ishtning nisbiy isitilish yuzasi;  $kg/m^3$  - joylashtirilgan  $1 m^3$  hajmli g'ishtning og'irligi.



### 9.1-rasm. Regenerator ichida g'ishtni joylashtirish turlari:

a) oddiy; b) mos bo'lmagan; v) kanalli.

Regenerator ichida g'ishtlar “a” va “b” turda joylashtirilganda  $h_H = 18-20$   $m^2/m^3$  va  $g_H = 1200-1400$   $kg/m^3$  bo'ladi. Agar “v” turda joylashtirilsa, tegishli  $h_H = 14-16$   $m^2/m^3$ , ammo  $g_H = 1800-2000$   $kg/m^3$  bo'ladi.

#### G'ishtli regeneratorning issiqlik balansi tenglamasi:

$$B \cdot g_F \cdot C_F (t'_F - t''_F) \eta_p = B \cdot [g_F \cdot C_F (t'_F - t''_F) + C_e (t'_e - t''_e)] \quad (9.1)$$

Tenglamaning chap tomoni tutun gazlari regeneratorga bergan issiqligini va tenglamaning o'ng tomoni esa, havo bilan yoqilishi isitishga sarflangan issiqlikni ifodalaydi.

Regenerator ichida joylashtiriladigan g'ishtning kerakli yuzasi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$H_p = \frac{Q_F \cdot \tau_p}{K_p \cdot \Delta t}, \quad m^2. \quad (9.2)$$

bunda:  $H_p = \frac{Q_F \cdot \tau_p}{K_p \cdot \Delta t}$  - havoni isitishga sarflanadigan issiqlik, kjoul/soat;

$\tau_p$  - ish siklining davomiyligi, soat ulushlari;

$K_p$  - issiqlik uzatilishi koeffisienti, kjoul/m<sup>2</sup> °Csikl;

$\Delta t$  - haroratlar farqi, °C.

Bu tenglamadagi eng asosiy kattalik issiqlik uzatilish koeffisienti hisoblanadi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\sum \alpha_{\Gamma} \cdot \tau_{II}} + \frac{1}{\frac{\delta_{\text{Э}}}{2} \cdot \gamma_x \cdot C_x \cdot \eta_a \cdot \varphi} + \frac{1}{\alpha_x \cdot \tau_0}} \quad (9.3)$$

bunda  $\sum \alpha_{\Gamma}$  - yig'indi issiqlik berish koeffisienti, kJoul/m<sup>2</sup> °C;

$\alpha_x$  - havoga issiqlik berish koeffisienti, kJoul/m<sup>2</sup> °C;

$\delta_{\text{Э}}$  - ikki yoqlama isitilayotgan g'ishtning ekvivalent qalinligi, m;

$\gamma_x$  - g'ishtning solishtirma og'irligi, kg/ m<sup>3</sup>;

$\eta_a$  - issiqlikni to'plash (akkumulyasiya) koeffisienti;

$\varphi$  - harorat koeffisienti (sikl davomida g'ishtning o'rtacha harorati uning yuzasi harorati bilan bog'laydigan koeffisient).

Issiqlik berish koeffisienta  $\alpha_x$  regeneratorda ichida g'ishtlarni joylashtirish (terish) turiga bog'liq bo'ladi. Chunonchi "a" turi uchun:

$$\alpha_x = 1,38 \cdot T^{0,25} \cdot \omega_{\Gamma.K}^{0,3} \cdot d_{\text{Э}}^{-0,33};$$

"b" turi uchun:

$$\alpha_x = 1,56 \cdot T^{0,25} \cdot \omega_{\Gamma.K}^{0,3} \cdot d_{\text{Э}}^{-0,33}$$

"v" turi uchun:

$$\alpha_x = 0,74 \cdot T^{0,25} \cdot \omega_{\Gamma.K}^{0,3} \cdot d_{\text{Э}}^{-0,33}$$

bunda:  $T$  - tutun gazlarining harorati, °K;

$\omega_{\Gamma.K}$  - tutun gazlarining keltirilgan tezligi, m/sek;

$d_{\text{Э}}$  - kanalning ekvivalent diametri, m.

Akkumulyasiya (to'plash) koeffisienta  $\eta_a$  umuman olganda  $\frac{\alpha \cdot \tau_p}{(\frac{\delta_{\text{Э}}}{2})^2}$

parametrining funksiyasi hisoblanadi, bunda  $\alpha = \frac{\lambda_x}{C_x \cdot \gamma_x}$  - g'ishtning harorat o'tkazish koeffisienti, m<sup>2</sup>/soat.

$\eta_a$  ning qiymatlarini uning aniqlovchi parametrlarga bog'liqligidan foydalanib topish mumkin:

$\frac{\alpha \cdot \tau_p}{\left(\frac{\delta_{\text{Э}}}{2}\right)^2}$	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
$\eta_a$	0,28	0,42	0,60	0,70	0,76	0,80

Harorat koeffisienti quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$\varphi = \frac{\Delta t_p}{t_u - t_c};$$

bunda:  $\Delta t_p$  - ish siklida g'isht harorati o'zgarishlarining amplitudasi;

$t_u$  va  $t_c$  - isitish va sovitish paytidagi g'isht yuzasining o'rtacha haroratlari.

Odatda g'ishtli regeneratrlar uchun  $\varphi = 2,2-2,5$  bo'ladi.

## 9.2. Keramik (sopol) rekuperatorlar

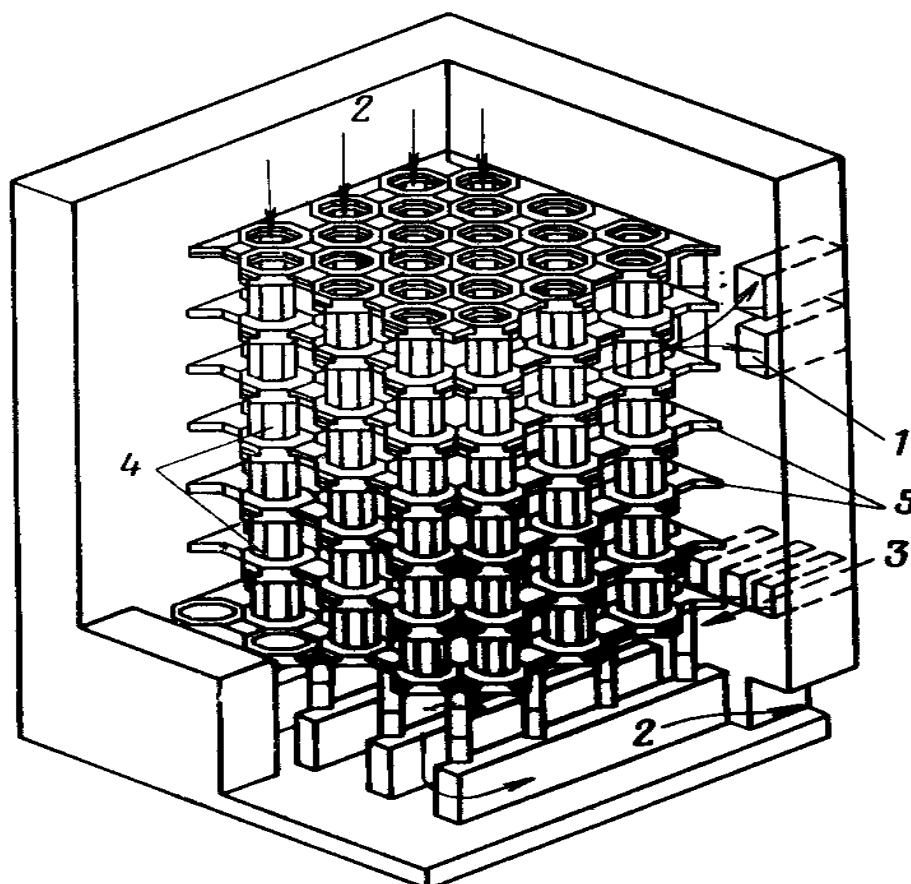
**Tayanch iboralar:** quvurli keramik rekuperator, qizigan havo, tutungazlari, sovuq havo, keramik quvurlar, to'siqlar, regeneratrlar ichidagi nasadka.

Keramik rekuperatorlarni tayyorlashda shamot va shuningdek karborund ishlatiladi. Ularning olovbardoshlik chegarasi 1600-1700°C ga va yumshab boshlashi 1300-1350 °C ga to'g'ri keladi. Shuning uchun ular yordamida havoni 1000-1100 °C gacha isitish mumkin.

Keramik rekuperatorlarning kamchiliklari: rekuperator elementlarining o'zaro ulanish joylarining juda ko'pligi va ularni amalda zichlab bo'lmasligi; g'ovakli keramik devorlarning haroratlar gradienti ta'siridan yorilib ketishi; keramik materiallarning shlak tomonidan emirilishi.

Rekuperator elementlarining ulanish joylaridan havoning tutun gazlariga o'tishini (20-30 %) kamaytirish uchun havo va gaz kanallari orasidagi bosimlar farqi 10-20 mm suv ustidan ko'p bo'lmasligi kerak. Odatda keramik rekuperatorlarda issiqlik berish koeffisienti 25-30 kJoul/m<sup>2</sup> soat °S dan oshmaydi, bu metall rekuperatorlaridan ikki barobar kamdir. Shakldor keramika bir birligi

og'irligining narxi metallnikidan 15-20 barobar qimmatdir. Ammo 1 m<sup>2</sup> keramik rekuperatorning og'irligi 120-140 kg, metall rekuperatoriniki esa 20-25 kg ga teng va issiqlik berish koeffitsienti 2-3 barobar katta bo'ladi. Shunga asosan xulosa qilish mumkinki, keramik rekuperatorlarni kelajakda qo'llanish ko'lami cheklangandir.



9.2- rasm. Quvurli keramik rekuperator.

1- qiziganhavo, 2- tutungazlari, 3- sovuqhavo,  
4- keramikquvurlar, 5- to'siqlar.

Regenerator ichidagi nasadka 2 xil joylashgan.

### 9.3. Metaldan tayyorlangan rekuperatorlar. Cho'yan rekuperatorlar

**Tayanch iboralar:** metaldan rekuperatorlar, cho'yan rekuperatorlar, rekuperatorlarida issiqlik qabul qilinishing notekisligi, yuzaniig solishtirma issiqlik yuklamasi.

Metall rekuperatorlarida havoni 800-850 °C gacha isitish mumkin. Ularni yasash uchun ishlatiladigan cho'yan va po'latning issiqbardoshligi 1000-1100 °C atrofida.

Issiqlikni qabul qiluvchi metall devorining harorati:

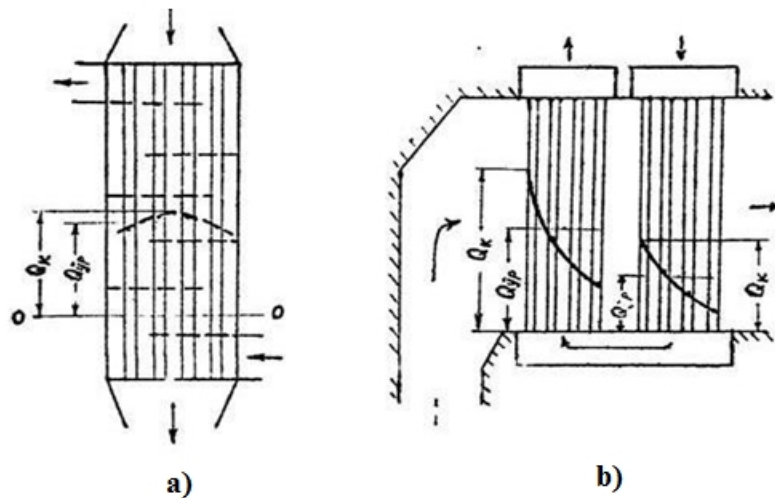
$$t_T - t_F + \frac{q}{\alpha_F}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (9.4)$$

bunda:  $t_F$  - havoning harorati;

$q$  - yuzaniig solishtirma issiqlik yuklamasi, kJoul/m<sup>2</sup>·soat;

$\alpha_F$  - yuzadan havoga issiqlik berilishi koeffisient, kkal/m<sup>2</sup>·soat, gr.

Bu tenglamada  $\alpha_F$  muhim ahamiyatga ega.



### 9.3-rasm. Metall rekuperatorlarida issiqlik qabul qilinishing notekisligi.

"a"- chizma tasvirda regeneratrlar isitiladigan havo bo'yicha ham, isituvchi tutun gazlari bo'yicha ham parallel ulangan. Shunga ko'ra, bu erda issiqlikni qabul qilishning notekisligi gazlar yo'lidagi tezlik va harorat maydonlarining notekisligi bilan belgilanadi va  $\varphi = 1,1-1,2$  bo'ladi.

"b" - chizma tasvirda regeneratrlar tutun gazlari bo'yicha ketma-ket va havo

bo'yicha parallel ulangan. Bu holda rekuperator quvurlar qatorining har birida haroratlar farqi bilan issiklik almashinuvi jadalligi kamayib boradi va  $\varphi$  1,4-1,5, ayrim hollarda 1,8-2,0 ga teng bo'ladi.

Isitiladigan havo oqimning turlicha taqsimlanishi parallel ulangan elementlar orasidagi bosimlar farqining o'zgarmas qiymatda bo'lishi bilan belgilanadi:

$$\Delta P = A \cdot G^2 \left(1 + \frac{v''}{v'}\right), \text{ kg/m}^2. \quad (9.5)$$

bunda:  $\Delta P = A \cdot G^2 \left(1 + \frac{v''}{v'}\right)$  - isitiladigan muhitning sarfi, kg/sek.

$v'$  va  $v''$  - boshlang'ich va oxirgi solishtirma hajm, m<sup>2</sup>/kg.

$A$  - elementlarning konstruktiv ( $l/d$ ) va gidravlik ko'rsatkichlarini ( $\lambda, \xi$ ) hisobga oluvchi koeffisient.

(9.5) tenglamadan ko'rinadiki, parallel ulangan quvurlar turlicha isitilganda, ulardan o'tayotgan havoning sarfi solishtirma hajmning ortishiga teskari proporsional ravishda qayta taqsimlanib turadi.

$$\frac{G_1}{G_2} = \sqrt{\frac{1 + \frac{v_2''}{v_1'}}{1 + \frac{v_1''}{v_2'}}}; \quad (9.6)$$

bunda:  $G_1$  va  $G_2$  - birinchi va ikkinchi elementlardagi muhitningsarfi;

$v'$  - isitilayotgan muhitning boshlang'ich solishtirma hajmi;

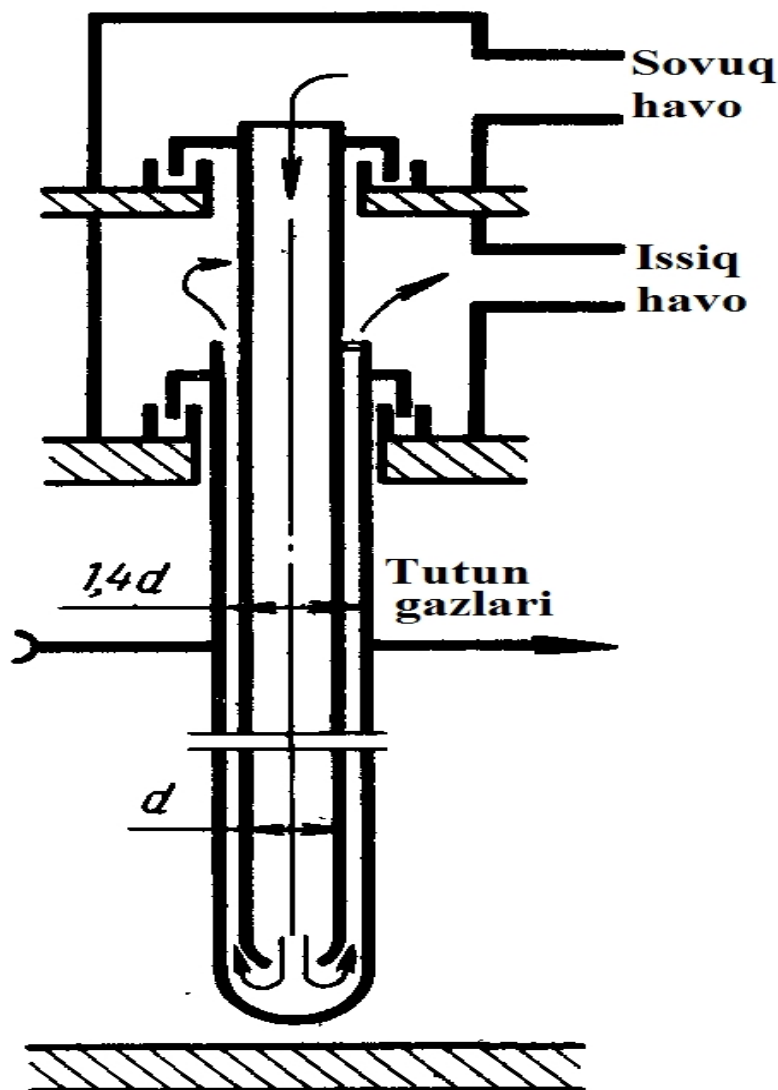
$v_1''$  va  $v_2''$  - birinchi va ikkinchi elementlardagi oxirgi solishtirma hajmlari.

Shunday qilib, metall rekuperatorining issiqlik yuklamasi  $Q_K$  bo'lgan elementlari havoning kichik sarfiga  $G_{ku.}$  ega bo'ladi. Shuning uchun ularda isitilayotgan muhit entalpiyasining eng ko'p o'sishi kuzatiladi, ya'ni  $\Delta t_K = Q_K / G_{ku.}$ , kjoul/kg.

Shubhasiz, bunday elementlar metalining harorati keskin oshib ketadi va tutun gazlarining haroratiga yaqinlashishi mumkin. Rekuperatorlarning qizigan gazlar yo'nalishi bo'yicha birinchi joylashgan metall, xususan ignasimon cho'yanli elementlari kuyib ketishining amalda tez-tez kuzatilishini yuqorligi sabab bilan



izohlash mumkin. Bu holning yana bir salbiy tomoni shundan iboratki, elementning turlicha qizigan quvurlari tomanida isitilayotgan havoning o'rtacha harorati tamoman mo'tadil darajada bo'ladi.



**9.4- rasm. Metaldan tayyorlangan rekuperatorlar.**

Metaldan tayyorlangan rekuperatorlar issiqlik uzatish tipiga qarab konvektiv va radiatsiyali rekuperatorlarga bo'linadi.

Konvektiv rekuperatorlar ham o'z navbatida 2 gruppaga bo'linadi:

- 1) gazlar kichik diametrlri temir quvur ichidan o'tadigan rekuperatorlar.
- 2) gazlar kichik diamtrli temir quvur tashqarisidan o'tadigan rekuperatorlar.

Katta bo'lmagan bosimda issiq havo olishda ishlatiladi.

Asosan 1- grupp rekuperatorlari ishlatiladi.

### **Cho'yan rekuperatorlar**

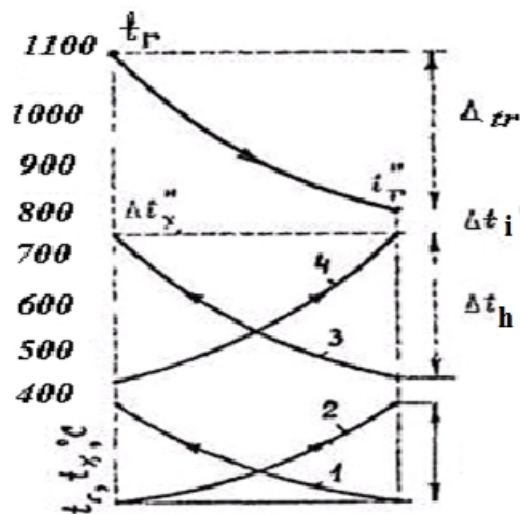
**Cho'yan rekuperatorlar.** Cho'yan ignasimon rekuperatorlar keng qo'llaniladi. Cho'yan ignasimon rekuperatorlarning asosiy konstruktiv elementi cho'ziq kesimli quvurdan (uzunligi 0,9-1,6 m) iborat, havo tomonidagi ignalarning balandligi 20 mm, oralaridagi masofa 14 mm, gaz tomonidan tegishlicha 40 mm va 18-28 mm. Ignalar issiqlik uzatishini oshiradi ("K" koeffisienta ortadi), ammo rekuperatorning qarshiligi va ifloslanishi ortib, quvurlarda termik kuchlanishlar paydo bo'ladi. Shuning uchun faqat havo tomonida ignalari bo'lgan rekuperatorlarning qo'llash afzalroq bo'ladi. Odatda rekuperatorlardagi tutun gazlarining tezligi 1-3 m/sek, havoniki esa 3-6 m/sek. Qizish yuzasining ifloslanish koeffisienti silliq gaz quvurlari uchun  $\psi = 0,8-0,9$ , ignasimon quvurlar uchun  $\mathfrak{S} = 0,5-0,8$ , demak, haqiqiy issiqlik uzatish koeffisienti  $KF = \mathfrak{S} \cdot K$  bo'ladi.

Ikki yo'lli cho'yan ignasimon rekuperatorining havo oqimiga ko'rsatadigan qarshiligi 20-25 dan to 100-150 mm. suv ust. gacha oraliqda bo'ladi; gaz oqimiga qarshiligi, undan ancha kam qiymatni tashkil qiladi. Ulanish joylaridan siriqib oqadigan havo 5-25% ga teng. Cho'yan ignasimon rekuperatorlarining xizmat muddati (havo 350-400°C gacha isitilganda) 3-5 yildan oshmaydi. Shuning uchun ularning kelajakdagi rivojlanish istiqboli ma'lum darajada cheklangandir.

#### **9.4.Nurlanishli (radiasion) po'lat rekuperatorlar**

**Tayanch iboralar:***nurlanishli (radiasion) po'lat rekuperatorlar, parallel oqimli, sovuq havo, qarshi oqimli issiq havo, doirali (tirqichli), ekran.*

Ma'lumki, nurlash yo'li bilan issiqlik berish tutun gazlarining harorati 750-800 °C dan kam bo'lmagan hollarda samarali bo'ladi.



**9.5-rasm. Nurlanish rekuperatorining havo bo'yicha ulanish usullari.**

- 1 - qarshi oqimli sovuq havo;
- 2 - parallel oqimli sovuq havo;
- 3 - qarshi oqimli issiq havo;
- 4 - parallel oqimli issiq havo.

Havoni isitish paytida tutun gazlari  $\Delta t_r = 1100 - 800 = 300$  °C ga soviydi, havo esa,  $\Delta t_x = 300 \cdot 1,25 = 375$  °C gacha isiydi. Agar havo qarshi oqim bo'yicha berilsa, (9.6 - rasm) qizish yuzasining past harorati va issiqlik qabul qilishini yuqori darajasi ta'minlanadi, ammo yuqori haroratli gazlar ( $= 800$  °C) foydalanilmay qoladi.

Shuning uchun ikki pog'onali rekuperatorni qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi: u havoni  $775 - 800$  °C gacha isitib, chiqib ketuvchi gazlar haroratini  $t_{q.r.} = 200 - 250$  °C ga tushirish imkonini beradi.

Ichki issiqlik berishni nurlanish bilan kuchaytirish usuli muhim ahamiyatga ega. Buni amalga oshirish uchun, ikkita silindrik yuzalar hosil qilgan tor aylanma kanal orqali havoni o'tkazish lozim (9.6 - rasm). Tashqi silindrik yuzi tutun gazlari bilan bevosita kizdiriladi va ichki silindrik yuzi esa issiqlikni tashqi yuzadan nurlanish yo'li bilan oladi. Tutun gazlaridan havoga o'tadigan solishtarma issiqlik oqimi:

$$q_r = q_o - \frac{d_p}{d_o}, \text{ kJoul/m}^2 \cdot \text{soat} \quad (9.7)$$

bunda:  $q_{\Gamma}$  - tutun gazlaridan metall yuzaga beriladigan solishtirma issiqlik oqimi, kJoul/m<sup>2</sup>(soat).

(9.7) tenglamani asosiy sovitish yuzasiga nisbatan ifodalasak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$q_O = \alpha_x \left[ (t_M - t_X) + (t_P - t_X) \frac{d_P}{d_O} \right], \text{ kJoul/m}^2(\text{soat}) \quad (9.8)$$

bunda  $\alpha(t_M - t_X)$  sovitalayotgan yuzaning ( $d_O$ ) har 1 m<sup>2</sup> dan havoga o'tayotgan konvektiv issiqlikni va  $\alpha_x(t_P - t_X)$  esa qo'shimcha yuzaning ( $d_P$ ) har 1 m<sup>2</sup> dan berilayotgan nurlanish issiqligini ifodalaydi.

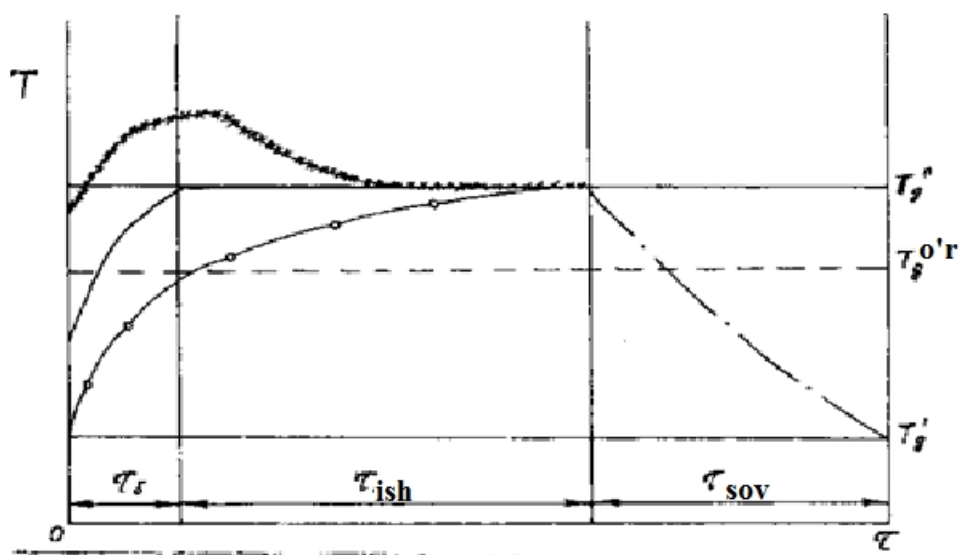
Bu holda nurlanish issiqligi:

$$\alpha_x(t_P - t_X) = C_K \left[ \left( \frac{T_M}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_P}{100} \right)^4 \right] \quad (9.9).$$

bunda:  $S_k$  - asosiy yuzaning keltirilgan nurlanish koeffisienta.

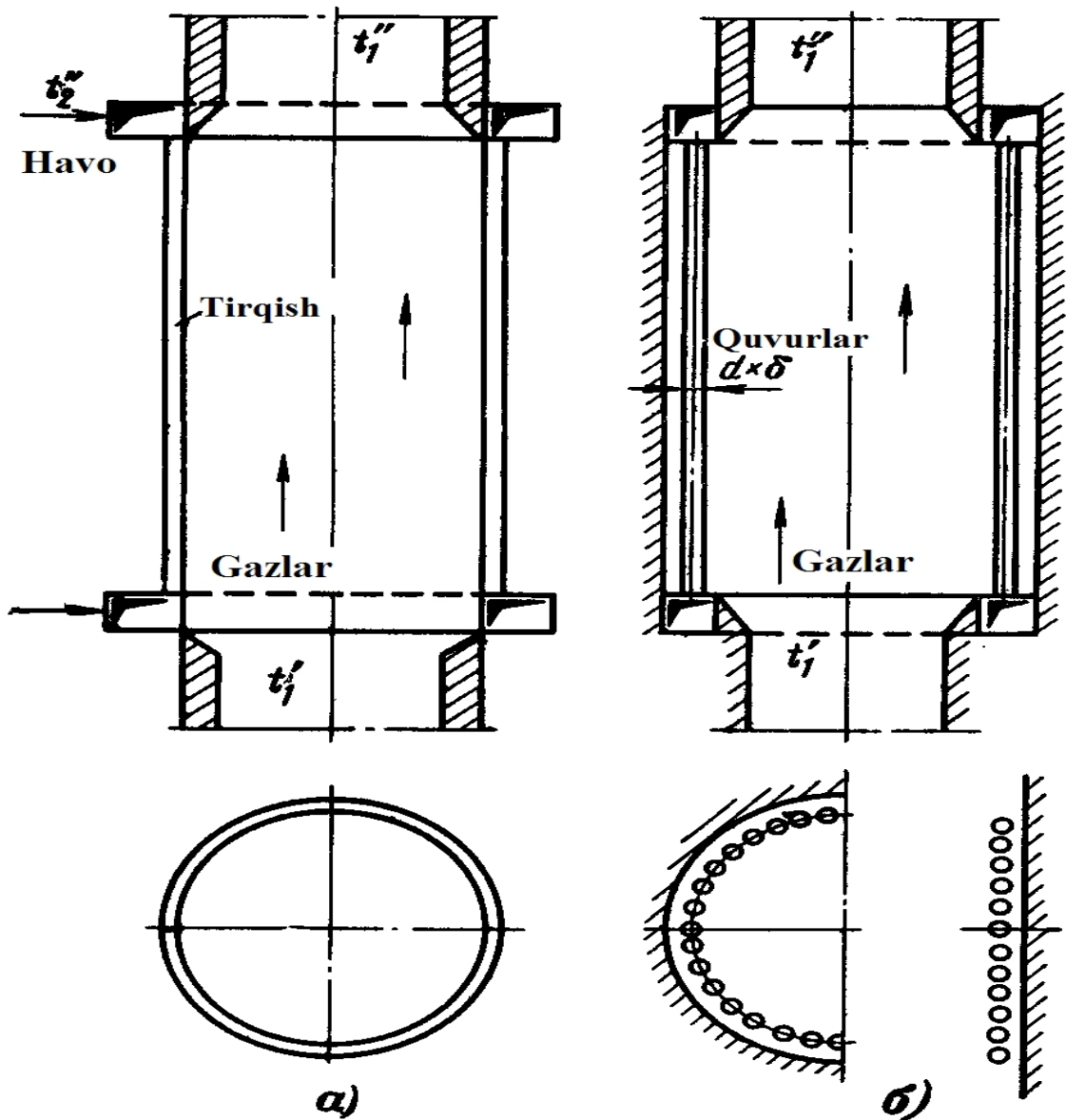
$$C_K = \frac{1}{\frac{1}{C_P} + \frac{d_P}{d_O} \left( \frac{1}{C_M} - \frac{1}{4,96} \right)} \text{ kJoul/m}^2 \cdot \text{soat} \left( \frac{^{\circ}K}{100} \right)^4 \quad (9.10)$$

bunda:  $C_K = \frac{1}{\frac{1}{C_P} + \frac{d_P}{d_O} \left( \frac{1}{C_M} - \frac{1}{4,96} \right)}$  - qo'shimcha (nurlanish) va asosiy metall yuzalarining nurlanish koeffisientlari; odatda 3,5-4,0 ga teng.



**9.6-rasm. Quvurli nurlanish rekuperatorining chizma tasviri.**

Shuni ta'kidlash joizki, aylanma kanalning ekvivalent diametri qanchalik kichik ( $d_e = 0,012 - 0,016$ ) bo'lsa, issiqlik almashinuvi shunchalik yuqori bo'ladi.



9.7-rasm. Radiatsiontemirlirekuperatorlarsxemasi.

a- doirali (tirqichli); b- birqatorekranbilanquvurli.

Regenerator nasadkasining qiziyotgan yuzasi quyidagi formula bilan topiladi:

$$N = \frac{Q_{HK(yo,k)}^{\tau}}{K\Delta t}$$

$Q_{HK(yo,k)}$  - gaz yoqilg'ining yoki havoning qizishida issiqlik kabul qilishi.

$\tau$  - ish siklining vaqti

$K$  - issiqlik uzatish koeffitsenti

$\Delta t$  - haroratlar farqi.

## 9.5. Bug'li qozon utilizatorlar

**Tayanch iboralar:** bug'li qozon utilizatorlar, bug'qizdirgich, isitkich quvurlar yuzasi, tutun quvuri, ekonomayzer, bug'latish yuzasi, bug' qizdirgich, baraban kollektor, sirkulyasiya nasosi, toshqol ushlagich, tutun so'rgich.

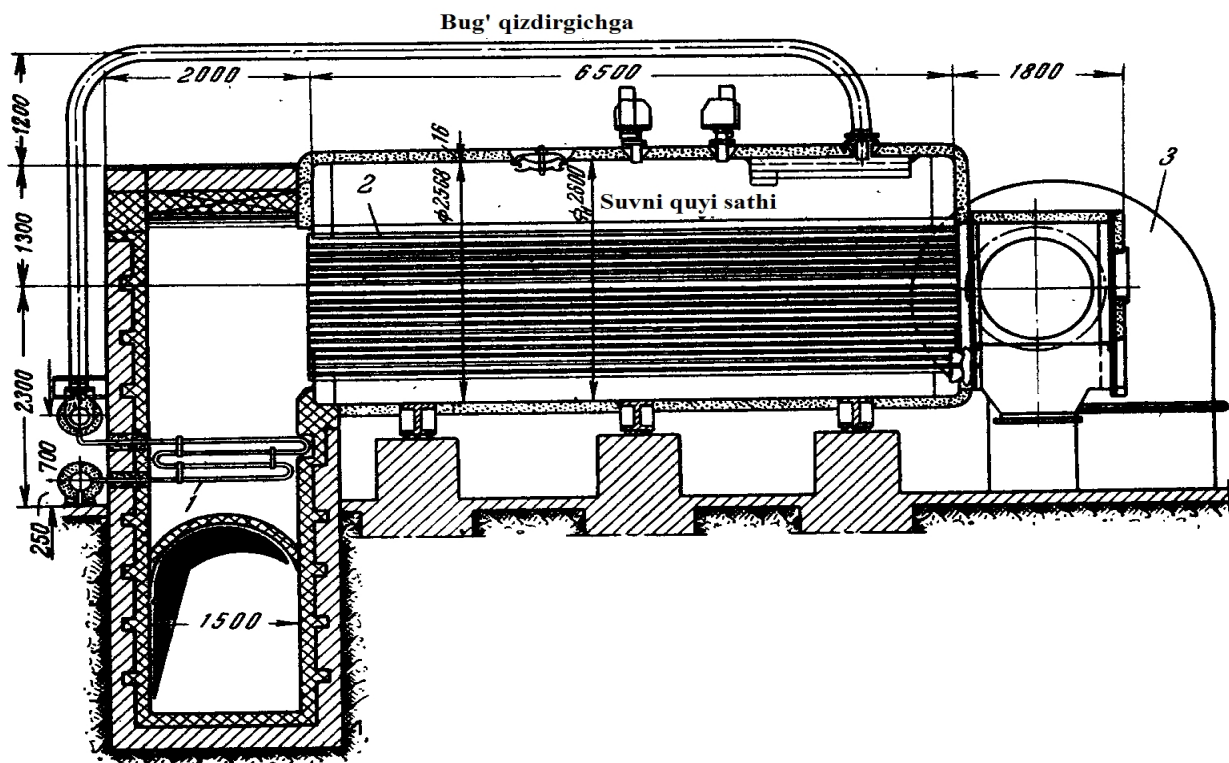
Pechdan chiqib ketayotgan issiq gazlarning umumiy issiqligining 30-40% havo qizdirgich rekuperatorlarda yo'qoladi. Qolgan issiqlikning bir qismi qozon utilizatorlarda bug' yoki issiq suv olish uchun ishlatiladi.

Shuning uchun qozonga kelayotgan gazning harorat katta rol o'ynaydi: bunga qarab biz yoqilg'isiz ishlaydigan qozongan 2 gruppaga bo'lishimiz mumkin.

1)  $t_g^1$  - 450 - 500 dan 800 - 900°C (past haroratli gruppaga)

2)  $t_g^1$  - 1200 - 1300°C va undan baland (yuqori haroratli gruppaga)

past harorat gruppali qozon utilizatorlarda suv bug'ining yo'nalishiga qarab ko'p marotabali ixtiyoriy aylanish (mP) va to'g'ri seplatsiyaga (PS) bo'lanadi.

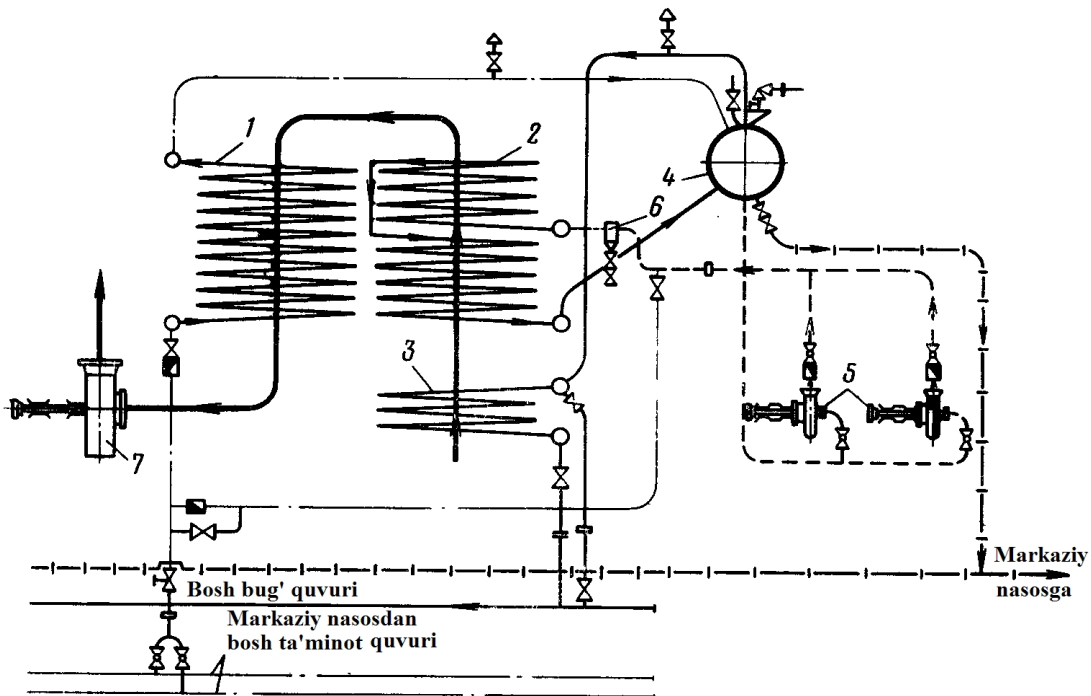


**9.8- rasm. KU – 40 tipidagi TKZ gaz quvurliqozonutilizator.**

1 - bug'qizdirgich, 2 - isitkichquvurlaryuzasi, 3 – tutunquvuri.

Bu usul ko'p ishlatilmaydi, bir xil vaqtlarda katta tozalikka ega bo'lgan suvni va

katta bosimli bug' olishda ishlatiladi.



**9.10-rasm. Ko'p marotaba majburiy sirkulyasiyalı qozon utilizator sxemasi.**

*1- ekonomayzer yuzasi, 2- bug'latish yuzasi, 3- bug' qizdirgich, 4- baraban kollektor, 5 – sirkulyasiya nasosi, 6- toshqol ushlagich, 7- tutunso'rgich.*

Bu usuldan past haroratli gazlar issiqligidan suvni isitishda foydalaniladi. Bunda ozroq energiya nasosga sarflanadi.

### **Nazorat savollar**

1. Regenerativ issiqlik almashinuv qurilmalari. G'ishtli regeneratorturiga gapirib bering.
2. Keramik (sopol) rekuperatorlarhaqida nimalarni bilasiz?
3. Metaldan tayyorlangan rekuperatorlarni aytib bering.
4. Cho'yan rekuperatorlarhaqida nimalarni bilasiz?
5. Nurlanishli (radiasion) po'lat rekuperatorlarqaysi sohalarda qo'llaniladi?
6. Bug'li qozon utilizatorlarturlarini aytib bering.

## **X- BOB. SANOAT PECHINING ISSIQLIK MUVOZANATI**



## 10.1. YuHQ larning issiqlik balansi (muvozanatlari)

Yuqori haroratli qurilma (yoki pech)larda issiqlikning taqsimlanishi energiyaning saqlanish qonuniga asoslangan issiqlik muvozanatlari (balanslari) bilan ifodalanadi. Demak, issiqlik muvozanati deb qurilmaga berilgan issiqlik bilan unda sarf qilingan issiqliklarning tengligiga aytiladi.

Pechning issiqlik balansi kurib chiqilganda uning ishlab chiqarish kursatkichlari bilan birga issiqlikdan foydalanish darajasini baholash, issiqlik tejamliligining past bulish sabablarini aniqlash va ish jarayonida yaxshilash buyicha tegishli chora-tadbirlarni belgilash mumkin buladi. Regenerativ yoki rekuperativ issiqlik almashtirgichlari va qozon-utilizatori bilan jihozlangan pechlar uchun quyidagi umumlashtirilgan issiqlik muvozanatlarini tuzish mumkin:

- 1) pechning ishchi bo'shlig'i uchun;**
- 2) regenerator (yoki rekuperator) lar bilan birgalikda ishchi bushlig'i uchun;**
- 3) butun bir yaxlit qurilma uchun (qozon-utilizator bilan).**

Bundan tashqari pechning ayrim qismlarini tahlil qilish uchun uning regeneratori, qozon - utilizatori va boshqalarning issiqlik balanslari tuziladi.

Davriy ishlaydigan pechlarning balansi uning bir ishchi sikli (masalan, bir eritish sikli, bir toblash sikli va hokazo) uchun va uzluksiz ishlaydigan pechlar uchun esa-bir soat ish vaqtiga nisbatan tuziladi.

Pechning issiqlik balansi tenglamasi umumiy holda quyidagi kurinishga ega:

$$\Sigma Q_{\text{kirim}} = \Sigma Q_{\text{chiqim}} .$$

yoki

$$Q^{yo_k} + Q^h_f + Q^{yo_m} + Q' + Q_{ekz} = Q''_m + Q_t + Q_{end} + Q_{ch.g} + Q_{e.g} +$$

$$+ Q_{k.ch.yo} + Q_{m.ch.yo} + Q_{a.-m} + Q_{qopl}; (10.1)$$

bunda:  $Q^{yo_k}$  - yoqilg'ining kimyoviy energiyasi (yoqilg'ining yonish issiqligi):

$Q^h_f$  - yonish jarayoniga berilgan havoning fizik issiqligi:

$Q^{yo_f}$  - yoqilg'ining fizik issiqligi:

$Q'_m$  - materialning boshlang'ich issiqligi:

$Q_{ekz}$ -ekzotermik reaksiyalarda shixta tarkibidagi uglerod, marganets, kremniy, fosfor, oltingugurt va temirning yonishida, toshqolning hosil bulishida ajralib chiqadigan icsiqlik:

$Q''_M$  - materialning oxirgi issiqligi:

$Q_T$ -texnologik chiqindilar (toshqol, kuyindi va hokazo) ning issiqligi:

$Q_{end}$  - endotermik reaksiyalarda (namlikning bug'lanishi, ohaktoshning parchalanishi, rudadan temirning tiklanishida ajralib chiqadigan issiqlik:

$Q_{ch.g}$  - pechdan chiquvchi gazlarning issiqligi:

$Q_{s.g}$ - atmosferadagi pechdan siqib chiquvchi gazlar issiqligi:

$Q_{k.ch.yo}$ -yoqilg'ining kimyoviy chala yonishi natijasida yuqotiladigan issiqlik:

$Q_{m.ch.yo}$  - yoqilg'ining mexanik chala yonishi natijasida yuqotiladigan issiqlik:

$Q_{z.m}$  - atrof-muhitga yuqotiladigan issiqlik:

$Q_{qopl}$ -pechning ichki qoplamasini qizdirishga yuqotiladi-gan issiqlik:

Marten pechlarida shixtani eritish paytida issiqlik ajralib chiqadigan va shuningdek, aksincha, issiqlik yutiladigan kimyoviy reaksiyalar kechishi mumkin. Ekzotermik reaksiyalarning issiqligi endotermik reaksiyalarning icsiqligidan odatda 2-3 barobar kup buladi va pech kamerasiga kiritilgan umumiy issiqlikning 10-15% ini tashkil qiladi.

Atrof - muhitga yuqotiladigan umumiy issiqlik quyidagi tashkil qiluvchilardan iborat:

$$Q_{a.-m} = Q'_{a.-m} + Q''_{a.-m} + Q'''_{a.-m} + Q_{sov} \quad (10.2)$$

bunda:  $Q'_{a.-m}$  - pech ichki qoplamasining issiqlik utkazuvchanligi natijasida yuqotiladigan issiqlik;

$Q''_{a.-m}$ -gazlarning filtratsiyasi (pech tirqichlaridan gazlar-ning silqib chiqishi) natijasida yuqotiladigan issiqlik;

$Q'''_{a.-m}$ -pechning ochiq ishchi tuynuklari va boshqa teshiklardan nurlanish yuli bilan yuqotiladigan issiqlik;

$Q_{sov}$  - pechning ayrim qismlarini sovitadigan suv bilan yuqotiladigan issiqlik;

Ishlov berilayotgan materialning bir birligiga ( masalan, tayyor mahsulotning 1kg,

ga ) sarflangan yoqilg‘ining miqdorini “b” deb belgilasak, balans tenglamasidagi yoqilg‘i sarfiga proporsional bulgan kattaliklarni quyidagicha yozish mumkin:

$$Q^{yo_k} = bQ^i_q; \quad Q^{h_f} = b \cdot H_h; \quad Q^{yo_f} = b \cdot H_{yo};$$

$$Q_{s.g} = \sigma \cdot b \cdot H_{s.g}; \quad Q_{ch.g} = (1-\sigma) b \cdot H_{ch.g}; \quad (10.3)$$

bunda:  $\sigma$  - ishchi bushliqdan sirqib chiquvchi gazlarning ulushi;

$H_H$ - yonishga berilgan havoning entalpiyasi;  $N_{yo}$  - yoqilg‘i entalpiyasi;

$H_{S.G}$  - sirqib chiquvchi gazlar entalpiyasi;

$H_{CH.G}$  - ishchi bushliqdan chiqib ketuvchi gazlarning

entalpiyasi. (Bu entalpiyalarning barchasi yoqilg‘i miqdorining bir birligiga nisbatan olingan).

Bu holda uzluksiz ishlaydigan pechning muvozanat tenglamasini quyidagi kurinishda yozish mumkin:

$$b[Q^I_Q + H_H + H_{YO} - \sigma H_{S.G} - (1-\sigma) H_{CH.G} - q_{K.CH.YO} - q_{M.CH.YO}] =$$

$$= Q_M'' - Q_M' + Q_T + Q_{END} - Q_{EKZ} - \Delta Q_F^{T.G} + Q_{A.M.}; \quad (10.4)$$

bunda :  $\Delta Q_F^{T.G}$  - eritish vannasidan ajralib chiqqan va vannada yutilgan texnologik gazlar entalpiyalarining farqi.

Bu tenglamadan materialning bir birligiga natural yoqilg‘ining solishtirma sarfi :

$$b = \frac{[Q_M'' - Q_M' + Q_T + \Delta Q_F^{TG} + Q_{END} - Q_{EKZ}] + Q_{A.M.}}{Q_Q^I + J_{YO} + J_H - \alpha J_F^{TG} - (1-\sigma) J_{CH.G} - q_{E.CH.YO} - q_{M.CH.YO}}; \quad (10.5)$$

Marten pechida texnologik jarayon uchun beriladigan issiqlik miqdori:

$$Q_{TEKN.} = Q_M'' - Q_M' + Q_T + \Delta Q_F^{T.G} + Q_{END} - Q_{EKZ};$$

Bu kattalikni (3-5) tenglamaga kiritsak, quyidagiga ega bulamiz:

$$b = \frac{Q_{TEKN.} + Q_{A.M.}}{Q_Q^I \eta_{FOYD}};$$

bunda  $\eta_{FOYD}$  - yoqilg‘idan foydalanish koeffitsienti.

Pech 1 soat davomida ishlagan paytda atrof - muhitga

yuqotilgan issiqlik:

$$Q_{A.M.} = \frac{Q_{a.m}^{soat}}{G} = \tau \frac{Q_{a.m}^{soat}}{P} = q_{A.M.}; \quad (10.6)$$

G P

bunda -  $\tau$  texnologik jarayonning davomiyligi, soat ; G - pechning soatli unumdorligi, R - pechdagi materialning miqdori.

Uzluksiz ishlaydigan pechga yoqilg'ining soatli sarfi:

$$V = b \cdot G, \text{ kg/soat}; \quad (10.7)$$

Davriy ishlaydigan pechlar uchun issiqlik muvozanati sikl uchun tuziladi va yoqilg'ining soatli sarfi:

$$V_{O'R} = \frac{V_s}{\tau} \text{ kg / soat}; \quad (10.8)$$

bunda:  $\tau$ - ishchi siklning davomiyligi, soat;  $V_s$  - sikl davomidagi yoqilg'i sarfi, kg/sikl.

Yoqilg'ining maksimal soatli sarfi:

$$V_{MAKS} = V_{O'R} \cdot \xi; \quad (10.9)$$

bunda :  $\xi$ - yoqilg'i sarfining notekislik koeffitsienti.

## 10.2. YuHQ lardagi foydali ish koeffitsientlari

Yuqori haroratli ishchi bo'shlig'ining foydali ish koeffitsienti shu kameraga kiritilgan issiqlikning qanday ulushi foydali ishlatilganini ko'rsatadi. U foydali ishlatilgan issiqlikni ishchi kameraga kiritilgan barcha issiqlik miqdoriga nisbatini ifodalaydi.

$$\eta_{I.K.} = \frac{Q}{Q_K^{YO} + Q_F^H + Q_F^{YO} + Q_{EKZ}} \cdot 100 \cdot \% \quad (10.10)$$

Texnologik foydali ish koeffitsienti pechga kiritilgan umumiy issiqlikning qanday ulushi berilgan texnologik jarayon uchun ishlatilishini kursatadi. U texnologik

jarayon-ning foydali issiqligini haqiqatda sarflangan issiqlik miqdori nisbatiga teng;

$$\eta_{TEXN} = \frac{Q}{Q_K^{YO} + Q_{EKZ}} \cdot 100 \cdot \% \quad (10.11)$$

Foydali ish koeffitsientini baholash paytida issiqlikning foydali sarfi sifatida quyidagi kattalik qabul qilinadi :

$$Q = Q_M'' - Q_M' + Q_{END} \quad (10.12)$$

Energetik foydali ish koeffitsienti butun pech qurilmasida foydalanilgan issiqlikni sarflangan issiqlikka nisbatiga teng:

$$\eta_{EN} = \frac{Q + Q_{QO'SH}}{Q_K^{YO} + Q_{EKZ}} \cdot 100 \cdot \% \quad (10.13)$$

Agar qurilmaning yordamchi jihozlari kup miqdorda elektr energiyasini iste'mol qilsa, shu energiyani ishlab chiqarishga sarflanadigan issiqlik miqdori  $Q_{EL}$  ni (10.13) tenglamaga kiritish lozim:

$$\eta_{EN} = \frac{Q + Q_{QO'SH}}{Q_K^{YO} + Q_{EKZ} + Q_{EL}} \cdot 100 \cdot \% \quad (10.14)$$

Pechning optimal ish holatini aniqlash paytida ishchi kamerada yoqilg'idan foydalanish koeffitsientini bilish zarurati tug'iladi, u quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta_{FOYD} = \frac{Q_{ISH}^I}{Q_{ISH}^I} \cdot 100 \cdot \% \quad (10.15)$$

bunda  $Q_{ISH}^I$ - ishlatilishi mumkin bo'lgan issiqlik, ya'ni yoqilg'ining kimyoviy issiqligi bilan yonish komponentlarining fizik issiqliklari yig'indisi.

### 10.3. YuHQlardagi issiqlik balansi qismlarini hisoblash

Materialni qizdirish uchun sarflanadigan issiqlikni quyidagi tenglikdan

aniqlanadi:

$$\Delta Q_M = Q''_M - Q'_M = P(H'' - H') = R(S''t'' - C't'); \quad (10.16)$$

bunda: R - qizdirilayotgan materialning massasi, kg;

H' va H'' - materialning boshlang'ich va oxirgi entalpiyasi, kJoul/kg;

t' va t'' - materialning boshlang'ich va oxirgi haroratlari, °C;

C' va S'' - materialning boshlang'ich va oxirgi haroratlari-dagi tegishli urtacha issiqlik sig'implari, kJoul/kg grad.

Agar material ham qizdirilib, ham eritiladigan bulsa, u holda;

$$\Delta Q_M = R(u + S''t'' - C't'); \quad (10.17)$$

bunda: u - erish issiqligi [pulat uchun 272, chuyan -143, mis-175, alyuminiy -377 va toshqol (shlak) uchun - 210 kJoul/kg].

Agar material tarkibida namlik bulsa, u holda qushimcha bug'lanish issiqligini - 2490 kJoul/kg - hisobga olish zarur.

Ekzotermik va endotermik reaksiyalarning issiqligi Q<sub>EKZ.</sub> va Q<sub>END.</sub> texnologik jarayonning material balansiga asoslangan maxsus hisoblar yordamida aniqlanadi.

Atrof-muhitga yuqotiladigan issiqlik Q<sub>a.-m</sub> yuqorida keltirilgan tenglamalar asosida aniqlanishi mumkin.

Sovitish suvi bilan yuqotiladigan issiqlik:

$$Q_{SOV} = D(t'' - t') \quad (10.18)$$

bunda: D- sovitish suvining sarfi, kg;

t' va t'' - suvning boshlang'ich va oxirgi haroratlari, °S.

YOqilg'ining entalpiyasi quyidagi tenglamadan aniqlanadi;

$$H_{YO} = C_{YO} \cdot t_{YO} \quad (10.19)$$

bunda: S<sub>YO</sub> - yoqilg'ining urtacha issiqlik sig'imi.

YOqilg'ini yoqish uchun beriladigan havoning entalpiyasi:

$$H_H = V_H S_H t_H; \quad (10.20)$$

bunda: V<sub>H</sub>- havo sarfi, m<sup>3</sup>/kg yoki m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; S<sub>H</sub>- havoning urtacha issiqlik sig'imi, t<sub>H</sub>- havoning harorati, °C.

Pechdan chiquvchi gazlar bilan yuqotiladigan issiqlik:

$$H_{CH.G.} = \sum V_{CH.G.} \cdot S_{CH.G.} \cdot t_{CH.G.}; \quad (10.21)$$

bunda:  $V_{CH.G.}$ - pechdan chiquvchi gazlarning miqdori,  $m^3/kg$ yoki  $m^3/m^3$  ;

$t_{CH.G.}$  - chiquvchi gazlarning harorati,  $^{\circ}C$  ;

$S_{CH.G.}$  - tutun gazlarining urtacha issiqlik sig'imi.

Pechning zich bulmagan joylaridan sirqib chiquvchi gazlar bilan yuqotiladigan issiqlik  $Q_{S.G.}$  ham shunday usulda aniqlanadi.

Kimyoviy chala yonish natijasida yuqotiladigan issiqlik quyidagi emperik tenglamalar asosida topiladi:

1) Gaz va mazut yoqilganda:

$$q_{K.CH.YO.} = (0,005 \div 0,015) Q^I_Q \quad (10.22)$$

2) Kumir yoqilganda:

$$q_{K.CH.YO.} = (0,015 \div 0,020) Q^I_Q :$$

Agar tutun gazlarining tarkibi ma'lum bulsa, quyidagi tenglamadan foydalanish mumkin:

$$q_{K.CH.YO.} = 0,01(Q_{SO} \cdot SO + Q_{H_2} \cdot N_2 + \dots) V_{CH.G.}; \quad (10.23)$$

bunda: CO va  $N_2$  - chiquvchi gazlar tarkibidagi uglerod oksidi, vodorod va boshqalarning miqdori, %.

Qattiq yoqilg'ining mexanik chala yonishi natijasida yuqotiladigan issiqlik:

$$q_{M.CH.YO} = 0,01 Q_S \cdot \Delta S ; \quad (10.24)$$

bunda:  $\Delta S$  - yonmay qolgan uglerodning miqdori.

**Misol.** Uzluksiz ishlaydigan kamerali pech uchun yoqilg'ining soatli sarfi aniqlansin. Yoqilg'i-mazut, pechning unumdorligi 741 kg/soat. Qizdirilayotgan metall massasining 1,3%i metall kuyindisiga aylanadi, kimyoviy chala yonish natijasida yo'qotilgan issiqlik yonish issiqligining 1,5%ini tashkil qiladi. Chiquvchi gazlarning harorati  $1300^{\circ}C$ . Bundan tashqari yonish uchun beriladigan havoni  $400^{\circ}S$  gacha qizdirilganda tejaladigan yoqilg'i miqdori aniqlansin. Atrof-muhitga yuqotiladigan issiqlik 131,5 kVt deb qabul qilinsin; metallni qizdirish harorati  $1250^{\circ}C$ .

**Echish.**  $90^{\circ}C$  dagi mazutning entalpiyasi:

$$H_{YO} = S_{YO} t_{YO} = 2,1 \cdot 90 = 189 \text{ Joul/kg.}$$

YOnish uchun beriladigan 90°Sli havoning entalpiyasi:

$$H_H = V^0 \alpha C_{H_H} = 10,7 \cdot 1,15 \cdot 1,295 \cdot 20 = 319 \text{ kJoul/kg.}$$

Kimyoviy chala yonish natijasida yuqotilgan issiqlik:

$$q_{K.CH.YO.} = 0,015 \cdot 39,5 \cdot 10^3 = 592 \text{ kJoul/kg.}$$

Mexanik chala yonishdan yuqotilgan issiqlik  $q_{M.CH.YO.} = 0$ ;

Pechdan chiquvchi 1300°C li gazlar bilan yuqotilgan issiqlik:

$$\begin{aligned} H_{CH.G.} &= (V_{CO_2} \cdot C_{CO_2} + V^0_{N_2} C_{N_2} + \Delta V_{HCH} + V_{H.P.} \cdot S_{H.P.}) t_{CH.G.} = \\ &= (1,586 \cdot 2,30 + 8,453 \cdot 1,425 + 1,601 \cdot 1,445 + 1,47 \cdot 1,806) \cdot 1300 = \\ &= 24000 \text{ kJoul/kg} \end{aligned}$$

YoOqilg'idan foydalanish koefitsienti;

$$\begin{aligned} \eta_{FOYD.} &= 1 + \frac{H_{YO} + H_H}{Q_K^I} - 1 + \frac{H_{YO} + H_H}{Q_K^{YO} + Q_F^H + Q_F^{YO} + Q_{EKZ}} = 1 + \\ &\frac{89 + 319}{39,5 \cdot 10^3} - 1 + \frac{592 + 24 \cdot 10^3}{39,5 \cdot 10^3} = 0,391 \end{aligned}$$

Metall kuyganda ajralib chiqadigan issiqlik;

$$Q_{EKZ.} \approx 5660 \cdot u/100 = 5660 \cdot 1,3/100 = 73,4 \text{ kJoul/kg.}$$

Texnologik jarayonga sarflangan issiqlik:

$$Q_{TEXN.} = (Q''_M - Q'_M) + (Q_T + Q^{T.G.}_K + Q_{EKZ.}) - Q_{EKZ.} = 838 + 0 - 73,4 = 764,6 \text{ kJoul/kg.}$$

bunda: 838 kJoul/kg - metall qizdirilganda entalpiyasining usishi, tegishli jadvaldan olindi. (A-4)

Atrof-muhitga yuqotilgan issiqlik (1 kg metallga):

$$Q_{A.M.} = \frac{131,5 \cdot 3600}{741} = 640 \cdot \text{kJ/kg}$$

Mazutning solishtirma sarfi:



$$b = \frac{Q_{\text{TEKN}} + Q_{\text{A.M.}}}{Q_Q^I \cdot \eta_{\text{FOYD}}} = \frac{764,6 + 640}{39,5 \cdot 10^3 \cdot 0,391} = 0,091 \cdot \text{kg} / \text{kg}$$

Shartli yoqilg'ining solishtirma sarfi:

$$b_{\text{SH}} = \frac{bQ_Q^I}{29,33 \cdot 10^3} = \frac{0,091 \cdot 39,5 \cdot 10^3}{29,33 \cdot 10^3} = 0,122 \text{kg} / \text{kg}$$

Mazutning soatli sarfi:

$$V = qb = 141 \cdot 0,091 = 67,6 \text{ kg/soat}$$

Havo rekuperatorida 400°Cgacha qizdiriladi, uning entalpiyasi 6570 kJoul/kg ga teng, bu holda:

$$\eta_{\text{FOYD}} = 1 + \frac{189 + 6570}{39,5 \cdot 10^3} = \frac{592 + 0 + 24 \cdot 10^3}{39,5 \cdot 10^3} = 0,539 \text{kg} / \text{kg}$$

Yoqilg'ining solishtirma sarfi:

$$b = \frac{764,6 + 640}{39,5 \cdot 10^3} = 0,062 \text{kg} / \text{kg}$$

10.1- jadval

Texnologikjara- yoningturi	pechturi	Materialni qiz- dirish harorati, °C	SHartli yoqilg'i- ning solishtir- masarfi, t/t
Temir rudalari- dan chuyan eritish	domna	—	0,6 - 0,8
	marten	1500-1600	0,15 - 0,30
Pulat eritish	qizdiruv	1250	0,03 - 0,05
Pulatga shakl	chi	1250	0,06 - 0,10

be-rish	metodik	1150-1250	0,16 - 0,25
Pulatni chig'irlash	kamerali		
Pulatga issiqlik ishlovi berish	metodik	950 - 1100	0,13 - 0,22
normalizatsiya toblash	metodik	800 - 925	0,06
CHuyan eritish	metodik	1300 - 1400	0,08 - 0,12
Bronza va jezni eritish	Vagrank	—	0,11 - 0,13
Sement klinkerini toblash (pishirish)	a		
SHamotli utga chi-damli materiallar-ni pishirish	kamerali	1430	0,15 - 0,24
Qizil g'ishtni pi-shirish	aylanuvchi		
		1250-1350	0,20 - 0,30
	tunelli	800-900	0,043
	tunelli		

Yoqilg'ining soatli sarfi:

$$V = 0,0662 \cdot 741 = 49,0 \text{ kg/soat.}$$

Tejalganyoqilg'i:

$$\Delta V = \frac{67,6 - 49,0}{67,6} \cdot 100 = 27,5\%$$

Bundan tashqari, rekuperatorning urnatilishi qurilma-ning unumdorligini ham oshiradi.

#### **10.4. Yoqilg'iinig solishtirshma sarfi va uni kamaytirish usullari**

Yoqilg'idan foydalanish darajasini baholash paytida tayyor mahsulotning har bir tonnasiga sarflangan shartli yoqilg'i (yonish issiqligi-29330 kJoul/kg)ni ifodalovchi solishtirma birliklardan foydalaniladi.

Bir tonna material yoki buyum uchun yoqilg'ining hisobiy solishtirma sarfi:

$$b_{SH} = \frac{bQ_Q^I}{29330}, t/t \quad (10.25)$$

bunda: b- natural yoqilg'ining solishtirma sarfi, t/t.

### **Ba'zi texnologik jarayonlar uchun shartli yoqilg'ining solishtirma sarflari**

Bir tonna tayyor mahsulot uchun shartli yoqilg'ining solishtirma sarfi:

$$b_{SH} = \frac{bQ_Q^I \cdot K_2}{29330 \cdot K_1}, t/t \quad (10.26)$$

bunda:  $K_1 < 1$  - tayyor mahsulot chiqishini ifodalovchi koeffitsient;

$K_2 > 1$  - takroriy qizdirishlarni, pechning salt yurishini va boshqalarni hisobga oluvchi koeffitsient.

Bu koeffitsientlar hisoblab topiladi.

Shartli yoqilg'ining solishtirma sarfi bilan texnologik foydali ish koeffitsienti urtasida quyidagi bog'liqlik mavjud:

$$b_{SH} = \frac{Q}{29330 \cdot \eta_{TEXN}}, t/t \quad (10.27)$$

yoki

$$\eta_{TEXN} = \frac{Q}{29,33 \cdot b_{SH}} \quad (10.28)$$

bunda:  $b_{SH}$  -shartli yoqilg'ining solishtirma sarfi, t/t;

$\eta_{TEXN}$  - texnologik FIK ;

$Q_{TEXN}$  - 1 tonna mahsulotga texnologik ishlov berish uchun foydali sarflangan

issiqlik;

29,33 GJoul-1 tonna shartli yoqilg'ining yonish issiqligi.

Yuqorida keltirilgan (10.28) tenglamaga asosan bir tonna pulatni 1200°C gacha qizdirish uchun issiqlikning foydali sarfi:  $Q = 0,838$  GJoul/t.

Demak, bu jarayonning texnologik foydali ish koeffitsienti:

$$\eta_{TEXN} = \frac{0,838}{29,33(0,25 \div 0,16)} = 0,11 \div 0,18$$

Yuqorida keltirilgan pechlarning issiqlik balanslarini va ularning ayrim qismlarini ko'rib chiqish natijasida yoqilg'i sarfini kamaytirish bo'yicha qanday chora-tadbirlar ko'rish lozimligi hal qilinadi. Bu jihatdan pechning ishchi bo'shlig'idan chiqib ketuvchi gazlar bilan yuqotiladigan issiqlikni kamaytirish juda muhimdir. Ular odatda pechga sarflanadigan issiqlikning 30÷60%ini tashkil qiladi. Bu yuqotilishlarni kamaytirish uchun gazlarning issiqligidan ko'proq foydalanishga va chiqib ketuvchi gazlarning miqdorini kamaytirishga intilish lozim (pechga tashqaridan havo surilishini bartaraf qilish, havoning quyi ortiqligida yoqilg'ini yoqish va hokazo). Gazlarning issiqligidan tularoq foydalanish uchun pechning ishchi bushlig'idagi issiqlik almashuvini jadallashtirish lozim. Pechdan chiqib ketuvchi gazlarning issiqligidan foydalanish uchun yonishga beriladigan havoni va gazli yoqilg'ini regenerativ moslamalarda qizdirish lozim. Agar bu issiqlik nisbatan ko'p bulsa, undan qozon-utilizatorlarda foydalanish mumkin. Yonish komponentlarining haroratini oshirish, alangani vanna buylab berish yoqilg'i sarfini kamaytiradi va pechning unumdorligini oshiradi. O'tga chidamli materiallarni toblashda qullaniladigan davriy ishlovchi kamerali pechlarni uzluksiz ishlaydigan tunelli pechlar bilan almashtirish pech qoplamasini davriy qizdirishga sarflanadigan issiqlik  $Q_{QOPL}$  ni va chiqib ketuvchi gazlar bilan yuqotiladigan issiqlik  $Q_{CH.G}$  ni kamaytiradi. Bu paytda yoqilg'ining sarfi 2-3 marta qisqaradi.

Yuqori haroratli pechlarda tutun gazlarining retsirkulyasiyasi katta samara berishi mumkin.

Yoqilg'ining kimyoviy va mexanik chala yonishi bilan bog'liq bulgan yuqotilishlar ( $Q_{K.CH.YO} + Q_{M.CH.YO}$ )ni yonish jarayonini tug'ri tashkil qilish yuli bilan, ya'ni

yoqish moslamalari konstruksiyalarini yaxshilash va ularni tugʻri ishlatish bilan kamaytirish mumkin.

Atrof-muhitga yuqotiladigan issiqlik  $Q_{A.M}$  ga va pechning ichki qoplamasini qizdirishga ketadigan issiqlik  $Q_{QOPL}$  ga katta ahamiyat berish lozim. Bu yuqotilishlar umumiy issiqlik sarfining salmoqli ulushini tashkil qiladi, masalan,  $Q_{A.-M}$  marten va shisha eritish pechlarida umumiy issiqlikning 30% iga teng va  $Q_{QOPL}$  esa davriy ishlaydigan pechlarda, masalan, sopol buyumlarni pishirish pechlarida, 30% dan ham ortadi. Atrof-muhitga yuqotiladigan issiqlikni kamaytirish uchun pechning qubbasi va pastki qismi issiqlik oʻtkazmaydigan materiallardan, birinchi galda-diatomitli gʻishtlardan ishlanadi, ularning issiqlik oʻtkazuvchanlik koeffitsienti oddiy gʻishtnikiga nisbatan 3-5 marta kamdir.

Pech devorining qoplamasi kup qatlamli qilib bajariladi - ichki qatlami utga chidamli gʻishtdan, urta qatlami-diatomitli gʻishtdan va tashqi qatlami-qizil gʻishtdan ishlanadi.

Shuni taʼkidlash lozimki, sanoat pechlarining koʻpchiligi past foydali ish koeffitsientiga ega - ularning amaldagi qiymatlari 6-30% ga teng. Nazariy jihatdan esa juda yuqori F.I.K larga erishish mumkin. Bu sohada erishilgan bilimlar darajasi 75% va undan yuqori F.I.K. li pechlarni qurish imkonini beradi.

Maʼlumki, sanoat pechlari va shu kabi yuqori haroratli qurilmalar juda koʻp miqdorda yuqori sifatli yoqilgʻilarni isteʼmol qiladi, shu sababli ularning tejankorligini oshirish katta iqtisodiy ahamiyatga ega.

### **10.5. Metallurgiya zavodining issiqlik balansi (muvozanati)**

Metallurgiya zavodi domna, marten, metallni chigʻirib yoyish, energetik va yordamchi sexlardan iborat. Odatda koks ishlab chiqaradigan korxonalar metallurgiya zavodiga yaqin masofada joylashgan buladi. Bunday yaqinlik metallurgiya zavodining marten va qizdirish pechlariga koks gazini etkazib berishni osonlashtiradi. Agar metallurgiya zavodiga beriladigan yoqilgʻining barcha

kimyoviy energiyasini 100% deb qabul qilsak, uning 75,9% i kokslash uchun keltirilgan kumirda mujassamlangan buladi. Koksning yirik qismi domna sexiga beriladi va mayda qismi esa aglomeratsiya uchun va elektr stansiyaning qozonlarida yoqish uchun ishlatiladi. Koks zavodi kumirdan tashqari yana quyidagilarni oladi: domna gazini (10,2%), bug‘ni (3,3%), va elektr energiyasini (0,96%). Koksning kimyoviy issiqligi zavod ishlatgan issiqlikning 47,7% ini, koks gazining kimyoviy issiqligi 16,1% ini va koks maydasining kimyoviy issiqligi 12,2% ini tashkil qiladi. Yuqotilgan issiqlik 14,5% ga va koks zavodining foydali ish koefitsienti 84% ga teng.

**Domna sexining** issiqlik balansi kurib chiqilganda quyidagilarga e‘tibor berish lozim: domna pechiga yuklanadigan koksning kimyoviy bog‘langan issiqligi 43,92% ni tashkil qiladi; chetga chiqarilgan koks kukunlari 3,78%, havoni qizdirish uchun kauperlarda yondiriladigan domna gazi 3,54% ; domnalarga yonish uchun beriladigan havoni uzatishga sarflanadigan birlamchi yoqilg‘i 5,38% ; elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun sarflanadigan yoqilg‘i zavodga berilgan hamma yoqilg‘ining 0,36 % ini va bug‘ olish uchun esa - 0,84% ini tashkil qiladi. Zavodga berilgan issiqlikning umumiy miqdori 57,82% ga teng. CHuyanni eritish paytidagi kimyoviy reaksiyalarning yig‘indi issiqligi 15,7% ni, domna gazining kimyoviy bog‘langan issiqligi 27,1% ni, marten pechlarida foydalaniladigan chuyanning fizik issiqligi 3,53% ni tashkil qiladi.

Foydali sarflanadigan issiqlik quyidagilardan tarkib topadi: domna jarayoniga sarflangan issiqlik (kimyoviy reaksiyalarning issiqligi) - 15,7%, domna gazining kimyoviy bog‘langan issiqligi - 27,1%, koks kukunining yonish issiqligi-3,78%, marten pechida foydalaniladigan chuyanning fizik issiqligi - 3,53%. Demak, foydali sarflangan issiqlik zavodga berilgan umumiy issiqlikning 50,11% ini tashkil qiladi. SHuning uchun sexning foydali ish koefitsienti  $(50,11/57,82) \cdot 100 = 86,8\%$  ga teng. Foydali ish koefitsientini yanada oshirish uchun quyidagi chora-tadbirlarni amalga oshirish lozim: a) domna pechlarida bug‘lanishli sovitish usulini qullash, hosil bulgan bug‘dan texnologik va energetik maqsadlarda foydalanish ; b) toshqol (shlak) ning fizik issiqligidan foydalanish ;

v) yonish uchun beriladigan havoning namligini oshirish va uni kislorod bilan boyitish va hokazo.

**Marten sexiga** koks va domna gazlari beriladi, ularning issiqligi zavodga beriladigan barcha yoqilg‘i issiqligining tegishlicha 10,44% va 3,53% ini tashkil qiladi. Pechlarga quyiladigan suyuq chuyanning issiqligi 3,53% ga teng. Sex iste‘mol qiladigan elektr energiyasini va alohida bug‘ni ishlab chiqarish uchun sarflanadigan yoqilg‘ining kimyoviy bog‘langan issiqligi tegishlicha 0,56% va 0,42%ni tashkil qiladi. Marten sexining foydali ish koeffitsienti:  $(4,51/18,48) \cdot 100 = 24,4\%$ . Bu juda past kursatkich hisoblanadi. Pechlarda bug‘lanishli sovitish usulini qullash, gazlarning issiqligidan qozon-utilizatorlarda foydalanish, pechdagi issiqlik almashuvi jarayonlarini jadallashtirish hisobiga marten pechlarining foydali ish koeffitsientini 50-65% gacha, ya‘ni 2 va undan kup marta oshirish mumkin.

**Metallni chig‘irlab yoyish (prokat) sexining** issiqlik balansi tahlil qilinganda shuni kurish mumkinki, metallni qizdirishga sarflangan issiqlik zavodga berilgan umumiy issiqlikning 2,53% ini tashkil qiladi, shu paytda sexga kiritilgan issiqlik esa 15,4%ga teng. SHunday qilib, chig‘irlab yoyish sexining foydali ish koeffitsienti  $(2,53/15,4) \cdot 100 = 16,4\%$ , ya‘ni juda kichik. Uni oshirish uchun chiqib ketuvchi gazlarning issiqligini regeneratsiya qilish darajasini kutarish, issiqlik yuqotilishlarini va shuningdek, elektr energiyasining solishtirma sarfini kamaytirish lozim.

Zavodning energetik qurilmalarida yoqilg‘i umumiy miqdorining 24,1%i sarflanadi. Undan tashqari domna gazining ortiqcha qismi ham yoqiladi.. Energetika sexiga beriladigan yoqilg‘ining kup qismi elektr energiyasini ishlab chiqarishga sarflanadi (zavoddagi yoqilg‘ining 16,5%i) undan tashqari bug‘ ishlab chiqarishga (6,58%) va domna pechlariga beriladigan havo bosimini oshirishga (5,38%) sarflanadi.

Bayon etilgan issiqlik balansi **berk balans** hisoblanadi: kauperlar (havo qizdirgichlari) va koks batareyalari domna gazida ishlaydi, marten hamda qizdirish pechlari esa koks va domna gazlarining aralashmasida ishlaydi. Qattiq yoqilg‘i quyidagicha sarflanadi: kumir - energetik sexlarda -IEMda va havoni bosim bilan



haydash stansiyasida; koks esa - domna pechlarida. Kislorod qullanilganda eritish davomiyligi 4-5 soatgacha tushirilishi mumkin. Koks gazining solishtirma sarfi 3,15 GJoul/t. ni tashkil qiladi (kislorod qullanilmaganda -3,75GJoul/t). Kislorodning sarfi 34m<sup>3</sup>/t. ga teng. Marten pechlari koks gazida ishlaydi; domna gazi asosan IEM da va qizdirish pechlarida ishlatiladi. Koks gazi issiqligi (3,15GJoul/t)ning 34%i, ya'ni 1,08GJoul/t. qozon-utilizator-larda foydalaniladi. Ishlab chiqarilgan bug' kislorod stansiyasi-

ni va chig'irlash dastgohlarini yuritish uchun elektr energiyasini hosil qilishga sarflanadi.

Agar erigan chuyanga qushiladigan metallurgiya chiqindilarining miqdori 1/3 nisbatdan ortmasa, bunday kislorod konverterlariga yoqilg'i sarflanmaydi. Bu paytda kislorodning sarfi 47- 49m<sup>3</sup>/t. ni tashkil qiladi.

Yuqorida keltirilgan issiqlik balanslari davriy ishlaydigan korxonalar uchun taalluqlidir. Pulatni uzluksiz quyishiga utilganda zavodning issiqlik balansi sezilarli darajada uzgaradi. Masalan, metall quymalarini qayta qizdirishga xojat qolmaydi va hokazo. Buning natijasida elektr energiyasi va issiqlikning sarfi sezilarli kamayadi. Bunday tashqari tayyor mahsulotning chiqishi taxminan 12% ga ortadi.

### **10.6.Ayrim sanoat korxonalarinnig issiqlik balansi**

Og'ir mashinasozlik korxonalarida mazut yoki tabiiy gazda ishlovchi marten pechlari urnatiladi. Og'ir mashinasozlik zavodining issiqlik balansi 3.4-rasmda keltirilgan. Bu zavodning pulat quyish sexi marten pechlari bilan va chuyan quyish sexi esa-vagrankalar bilan jihozlangan.

Silikatlar ishlab chiqaradigan zavodning issiqlik balansi nisbatan soddaroq buladi. Bunday zavodning pechlari tabiiy gazda, mazutda yoki kumir. kukunida ishlaydi. Qattiq yoqilg'i shaxtali pechlarda va qatlamli utxonasi bulgan kamerali pechlarda qullaniladi. Chiqib ketuvchi gazlardan va toblab pishirilgan tayyor mahsulotni sovituvchi havodan turli material va buyumlarni quritish uchun foydalanish imkoniyatining mavjudligi silikat zavodlarining uziga xos xususiyati

hisoblanadi.

Yana bir misol sifatida neftni qayta ishlash zavodining issiqlik muvozanatini keltiramiz. Bu zavod quvurli pechlar bilan jihozlangan, ularda neftning krekingi va pirolizi amalga oshiriladi. Bunday usulda hosil qilingan va qayta ishlangan mahsulotlar issiqlik almashtirgichiga beriladi va ularda motor yoqilg'ilari, moy va shuningdek, mazut, kreking gazi, piroliz gazi va boshqalar olinadi.

Neftni qayta ishlash zavodining issiqlik

(yoqilg'i-energetik) balansi.

I. Kiritilgan issiqlik, % :

- a) Yoqilg'ining yonish issiqligi . . . . . 55,8
- b) Zavodga beriladigan bug' va issiq suvning issiqligi . . . 36,8
- v) Iste'mol qilingan elektr energiyasiga ekvivalent  
issiqlik . . . . . 7,4

-----  
Jami-100,0

II. Sarflangan issiqlik, %:

- a) Issiqlik yuqotilishlari . . . . . 86,0
- shu jumladan: sovitish suvi bilan . . . . . 54,1
- chiquvchi gazlar bilan . . . . . 16,5
- atrof- muhitga . . . . . 8,0
- yoqgich bug'i bilan . . . . . 0,21
- issiqlikni uzatish paytida . . . . . 2,3
- elektr energiyasini uzatish paytida . . 0,1
- kondensatni qaytarmaslik sababli . . 2,4
- boshqa issiqlik yuqotilishlari . . 2,39
- b) Foydali ishlatilgan issiqlik . . . . . 14,0
- shu jumladan: elektr yuritgichlarga va yoritishga . 7,3
- umumzavod xujaligiga . . . . . 3,9
- tayyor mahsulot issiqligi . . . . . 1,4
- qaytarilgan kondensat issiqligi . . . 1,4

---

Jami: 100,0

Sovitish suvi va chiquvchi gazlar bilan yuqotiladigan issiqlik asosiy yuqotilishlar hisoblanadi. Pechdan chiquvchi gazlarning issiqligi odatda qozon-utilizatorlarda bug' ishlab chiqarish uchun foydalaniladi.

### MASALA YECHISH NAMUNALARI

**1-masala.** Mis eritish pechiga sovuq havo va alohida issiq havo berilgan paytdagi ish holatlari uchun uning unumdorligi aniqlansin. Havo avtonom qizdirgichda 800°C gacha isitiladi. Yoqilg'i - mazut.

Havoning ortiqlik koeffitsienti  $\alpha = 1,1$ . Ishchi bo'shlig'ining o'lchamlari: vannaning umumiy uzunligi  $L' = 32$  m. Eritish zonasining uzunligi  $L = 26$  m; shipning kengligi  $B=7,5$  m; gaz katlamining balandligi  $h = 1,5$  m; eritish vannasining yuzasi  $F_0 \cong H_{NUR}=7,5 \cdot 26=195 \text{ m}^2$ . Mazutning tarkibi:  $C^i=83,4\%$ ;  $H^i=10\%$ ;  $S^i_A = 2,9 \%$ ;  $O^i + N^i = 0,4$ ;  $W^i = 3,0\%$ ;  $A^i = 0,3\%$ . Quyi yonish issiqligi  $Q^i_K=38,4$  MJoul/kg.

quruq havoning nazariy kerakli miqdori:

$$V^0 = 0,0889(C^i + 0,375 S^i_A) + 0,265H^i - 0,0333 \cdot O^i = 0,0889 \cdot$$

$$\cdot (83,4 + 0,375 \cdot 2,9) + 0,265 \cdot 10,0 - 0,0333 \cdot 0,2 = 10,15 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Azotning nazariy miqdori:

$$V^0_{N_2} = 0,79 \cdot V^0 + 0,8 N^i/100 = 0,79 \cdot 10,15 + 0,8 \cdot 0,2/100 = 8,02 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Quruq uch atomli gazlarning miqdori

$$V_{RO_2} = 0,01866(C^i + 0,375 S^i_A) = 0,01866 (83,4 + 0,375 \cdot 2,9) = 1,58 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Suv bug'larining nazariy miqdori

$$V^0_{H_2O} = 0,111H^i + 0,0124W^i + 0,0161 \cdot V^0 = 0,111 \cdot 10,0 + 0,0124 \cdot 3,0 + 0,0161 \cdot 10,15 = 1,32 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Suv bug'larining miqdori :

$$V_{H_2O} = V^0_{H_2O} + 0,0161(\alpha - 1)V^0 = 1,32 + 0,0161 \cdot 0,1 \cdot 10,15 = 1,336 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Tutun gazlarining miqdori

$$V_{\Gamma} = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O} + (\alpha - 1)V^0 = 1,58 + 8,02 + 1,32 + 0,1 \cdot 10,15 = 11,94 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Gazlarning atmosfera bosimiga nisbatan ulushlarda olingan partial bosimlari:

$$P_{RO_2} = P \cdot r_{RO_2} = P \cdot V_{RO_2}/V_g = 1 \cdot 1,58/11,94 = 0,132;$$

$$P_{H_2O} = P \cdot r_{H_2O} = P \cdot V_{H_2O}/V_g = 1 \cdot 1,336/11,94 = 0,112.$$

Yoqilg'ini yokish uchun pechga beriladigan sovuq havoning harorati  $t_h = 20^{\circ}\text{C}$ , solishtirma issiqlik sig'imi  $C_h = 1,3 \text{ kJoul/m}^3 \cdot \text{grad}$ .

Sovuq havoning entalpiyasi:  $H_h = \alpha V^0 C_h t_h = 1,1 \cdot 10,15 \cdot 1,3 \cdot 20 = 290 \text{ kJ/kg}$ .

Mazut yoqishdan oldin  $t_{yo} = 90^{\circ}\text{C}$  gacha isitiladi.

Mazutning issiqlik sig'imi:  $C_{yo} = 1,74 + 0,00251 \cdot T_{yo} = 1,74 + 0,00251 \cdot 90 = 1,966 \text{ kJ/kg grad}$ ;

mazutning entalpiyasi:  $H_{yo} = C_{yo} t_{yo} = 1,966 \cdot 90 = 177 \text{ kJoul/kg}$ .

Sovuq havo ishlatilganda yonishning kalorimetrik haroratini  $t_K = 2050^{\circ}\text{C}$  ga teng deb qabul qilamiz va shu haroratdagi tegishli issiqlik sig'imlarini olamiz:

$C_{CO_2} = 2,43 \text{ kJoul/m}^3 \text{ grad}$ ;  $C_{N_2} = 1,49 \text{ kJoul/m}^3 \text{ grad}$ ;

$C_{H_2O} = 1,975 \text{ kJoul/m}^3 \text{ grad}$ ;  $C_x = 1,505 \text{ kJoul/m}^3 \text{ grad}$

Havoning harorati  $t_h = 20^{\circ}\text{C}$  bo'lgandagi kalorimetrik harorat:

$$t_K = \frac{Q_K^i + H_K + H_{YO}}{V_{RO_2} C_{CO_2} + V^0_{N_2} C_{N_2} + V^0_{H_2O} C_{H_2O} + (\alpha - 1)V^0 C_K} =$$

$$= \frac{38,4 \cdot 10^3 + 290 + 177}{1,58 \cdot 243 + 8,02 \cdot 1,49 + 1,366 \cdot 1,975 + 0,1 \cdot 10,15 \cdot 1,505} = 2050^{\circ}\text{C}$$

Pechda issiq havo ishlatilganda bu havoning harorati

$t_K = 800^{\circ}\text{C}$  га тенг. Havoning solishtirma issiqlik sig'imi:  $C_h = 1,385 \text{ kJoul/m}^3 \cdot \text{град}$ ;

Issiqlik havoning entalpiyasi

$H_h = 1,1 \cdot 10,15 \cdot 1,385 \cdot 800 = 12400 \text{ kJoul/kg}$ .

Issiqlik havo ishlatilganda yonishning kalorimetrik haroratini  $t_K = 2560^{\circ}\text{C}$  ga teng deb qabul qilamiz va tegishli issiqlik sig'imlarini olamiz;  $C_{CO_2} = 2,50 \text{ kJoul/m}^3 \cdot \text{град}$ ;

$C_{N_2} = 1,52 \text{ kJoul/m}^3 \cdot \text{град}$ ;  $C_{H_2O} = 2,08 \text{ kJoul/m}^3 \cdot \text{град}$ ;  $C_K = 1,535 \text{ kJoul/m}^3 \cdot \text{град}$ .

Havoning harorati  $t_h = 800^{\circ}\text{C}$  bo'lgandagi kalorimetrik harorat:

$$t_h = \frac{38,4 \cdot 10^3 + 12400 + 177}{1,58 \cdot 2,50 + 8,02 \cdot 1,52 + 1,366 \cdot 2,08 + 0,1 \cdot 10,15 \cdot 1,535} = 2560^\circ \text{C}$$

Bu harorat nazariy harorat  $t_H$  dan juda kam farq qiladi.

Pechdan chiqib ketuvchi gazlarning harorati  $t_{ch.k} = 1260^\circ \text{C}$ . Pechdagi materialning harorati  $t_M = 1250^\circ \text{C}$ . Sovuq havo ishlatilgandagi gazlarning o'lchamsiz harorati.

$$\theta_{CH.G} = \frac{t_{CH.G} + 273}{t_{YO} + 273} = \frac{1260 + 273}{2050 + 273} = 0,66$$

Qizdirilayotgan yuzaning o'lchamsiz harorati;

$$\theta_M = \frac{t_M + 273}{t_{YO} + 273} = \frac{1260 + 273}{2050 + 273} = 0,655$$

To'rtinchi darajali o'lchamsiz haroratlar farqining o'rtacha qiymati:

$$\Delta_{2O'R} = 0,774\theta_{CH.G}^2 - \theta_M^4 = 0,774 \cdot 0,66^2 - 0,655^2 = 0,154.$$

Qizdirilayotgan materialning qoralik darajasi  $\varepsilon_M = 0,7$ .

Pech bo'shlig'ining keltirilgan qoralik darajasi

$$\varepsilon_K = 0,6$$

Nurlanuvchi yuza ifloslanishining shartli koeffitsienti

$$\xi = 0,62.$$

U holda pechning issiqlik quvvati:

$$\begin{aligned} \theta_{quv} &= C_0 \varepsilon_M \varepsilon_K H_L \xi^4 \Delta_{2O'r} = 5,67 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 195 \cdot 0,62^4 = \\ &= \frac{2050 + 273}{100} = 13,6 \cdot 10^6 \text{ Vt} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kVt}. \end{aligned}$$

Pechning nazariy unumdorligi:

$$G_{quv} = \frac{Q_{quv}}{q_{sh}} = \frac{1,36 \cdot 10^3}{1,55 \cdot 10^3} = 8,77 \text{ kg / sek}$$

Bunda:  $q_{sh} = 1,55 \cdot 10^3 \text{ kJoul/kg}$  - pechda 1 kg shixtani eritish va qizdirish uchun issiqlikning solishtirma sarfi.

Pechga isitilgan havo berilganda uning o'lchamsiz parametrlari quyidagicha bo'ladi:

$$\theta_{CH.G} = \frac{1260 + 273}{2560 + 273} = 0,542; \quad \theta_M = \frac{1260 + 273}{2560 + 273} = 0,538.$$

To'rtinchi darajali o'lchamsiz haroratlar farqining o'rtacha qiymati:

$$\Delta_{20^{\circ}\text{rP}} = 0,774\theta_{\text{ch}}^2 - \theta_{\text{M}}^4 = 0,774 \cdot 0,542^2 - 0,538^4 = 0,143.$$

Pechga isitilgan havo berilganda uning issiqlik quvvati:

$$Q_{\text{IS}} = 5,67 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 195 \cdot 0,62 \cdot \left(\frac{2560 + 273}{100}\right)^4 = 26,4 \cdot 10^6 \text{ Vt} = 26,4 \text{ MVt}.$$

Pechga issiq havo berilganda uning nazariy unumdorligi:

$$G_{\text{IS}} = \frac{26,6 \cdot 10^3}{1,55 \cdot 10^3} = 17 \text{ kg / sek}$$

Sovuq va isitilgan havo berilgan paytda pech tagining har  $1\text{m}^2$  yuzasidan olinadigan mahsulot miqdori tegishlicha quyidagilarga teng bo'ladi:

$$q_{\text{quv}} = \frac{24 \cdot 3600 G_{\text{quv}}}{1000 \cdot F_{\text{O}}} = \frac{24 \cdot 3600 \cdot 8,77}{1000 \cdot 195} = 3,9 \text{ t / sutka}$$

$$q_{\text{IS}} = \frac{24 \cdot 3600 \cdot 17,0}{1000 \cdot 195} = 7,92 \text{ t / sutka}$$

Hisoblash natijalari shuni ko'rsatadiki, pechga issiq havo berilganda uning unumdorligi keskin ortadi.

**2 – masala.** 1kg slanes to'la yonganda hosil bo'ladigan yonish mahsulotlarining massasi va ulardagi kulning kontsentrasiyasi aniqlansin. Slanesning tarkibi:  $C^i = 20,6\%$ ;  $H^i = 2,7\%$ ;  $S^i = 1,7\%$ ;  $N^i = 0,1\%$ ;  $O_2^i = 2,8\%$ ;  $A^i = 46,0$ ;  $W^i = 11,5\%$ ;  $CO_2^i = 16,4\%$ , yonish mahsulotlari tomonidan olib ketiladigan kulning ulushi  $\alpha_{\text{O.K.}} = 0,95$ . O'txonadagi havoning ortiqlik koeffitsienti  $\alpha_{\text{or}} = 1,3$ .

**Yechish.** Yoqilgidagi kulning miqdori (parchalanmagan karbonatlarni hisobga olganda):  $A^i_{\text{K}} = A^i + (1-K) CO_2^i = 46,0 + (1-0,7) 16,4 = 50,9\%$ . 1 kg yoqilg'ini to'la yonishi uchun lozim bo'lgan havoning nazariy hajmi:  $V^0 = 0,089C^i + 0,266H^i + 0,33(S^p - O^i) = 0,089 \cdot 20,6 + 0,266 \cdot 2,7 + 0,33(1,7 - 2,8) = 2,52 \text{ m}^3/\text{kg}$ . Yonish mahsulotlarining massasi:

$$M_{\text{g}} = 1 - 0,01A^i_{\text{K}} + 1,306\alpha_{\text{O}} \cdot V^0 + 0,01 \cdot CO_2^i \cdot K = 1 - 0,01 \cdot 50,9 + 1,306 \cdot 1,3 \cdot 2,52 + 0,01 \cdot 16,4 \cdot 0,7 = 4,9 \text{ kg/kg}.$$

Tutun gazlaridagi kulning kontsentrasiyasi:

$$\mu_{\text{K}} = \frac{A^i \alpha_{\text{O.K.}}}{M_{\text{G}}} = \frac{46 \cdot 0,95}{4,9 \cdot 100} = 0,0892$$

**3- masala.** Pech o'txonacida tabiiy gaz yoqiladi, uning tarkibi quyidagicha:  $CO_2 = 0,2\%$ ,  $CH_4 = 98,2\%$ ,  $C_2H_6 = 0,4\%$ ,  $C_3H_8 = 0,1\%$ ,  $C_4H_{10} = 0,1\%$ ,  $N_2 = 1,0\%$

O'txonadagi havoning ortiqlik koeffitsienti  $\alpha_{O'} = 1,2$ . To'la yonish mahsulotlarining o'txonadan chiqish joyidagi hajmi, shuningdek  $1 \text{ m}^3$  tabiiy gazning yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy va haqiqiy hajmlari aniqlansin.

**Yechish:**  $1 \text{ m}^3$  yoqilg'ining to'la yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy hajmi:

$$V^0 = 0,0478 [0,5 \text{ CO} + 0,5 \text{ H}_2 + 1,5 \text{ H}_2\text{S} + 2 \text{ CH}_4 + \Sigma(m+n/4) \text{ C}_m\text{H}_n - \text{O}_2] = 0,0478 (2 \cdot 98,2 + 3,5 \cdot 0,4 + 5 \cdot 0,1 + 6,5 \cdot 0,1) = 9,51 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

$\alpha_{O'} = 1,2$  bo'lgan paytda quruq gazlarning hajmi:

$$V_{\text{K.Г.}} = V_{\text{RO}_2} + V_{\text{N}_2}^0 + (\alpha_{O'} - 1)V^0 = 0,01(\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{H}_2\text{S} + \text{CH}_4 + 2\text{C}_2\text{H}_6 + 3\text{C}_3\text{H}_8 + 4\text{C}_4\text{H}_{10}) + 0,79V^0 + \text{N}_2/100 + (\alpha_{O'} - 1)V^0 = 0,01(0,2 + 98,2 + 2 \cdot 0,4 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1) + 0,79 \cdot 9,51 + 1,0/100 + (1,2 - 1) 9,51 = 10,42 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

Suv bug'larining hajmi ( $\alpha_{O'} = 1,2$  da):

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,01(\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2 + 2\text{CH}_4 + 3\text{C}_2\text{H}_6 + 4\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{C}_4\text{H}_{10} + 0,124d_r) + 0,0161 \cdot 1,2 \cdot 9,51 = 2,17 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

To'la yonish mahsulotlarining hajmi:

$$V_g = V_{\text{1.g.}} + V_{\text{H}_2\text{O}} = 10,42 + 2,17 = 12,59 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

## MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

**1– masala.**  $1 \text{ kg}$  ko'mir to'la yonganda hosil bo'ladigan gazlar massasi va ulardagi kulning kontsentrasiyasi aniqlansin. Ko'mir tarkibi:  $C^i = 54,7\%$ ;  $H^i = 3,3\%$ ;  $S^i = 0,8\%$ ;  $N^i = 0,8\%$ ;  $O^i = 4,8\%$ ;  $A^i = 27,6\%$ ;  $W^i = 8,0\%$ .  $a_{O.K.} = 0,85$ ,

Havoning ortiqlik koeffitsienti  $\alpha_{O'} = 1,3$ .

**Javob:**  $M_g = 9,25 \text{ kg/kg}$ ;  $\mu_K = 0,0253$ .

**2–masala.**  $1 \text{ m}^3$  tabiiy gaz to'la yoqilganda hosil bo'ladigan yonish mahsulotlarining massasi aniqlansin. Tabiiy gazning tarkibi

$$\text{CO}_2 = 0,2\%; \text{CH}_4 = 98,2\%; \text{C}_2\text{H}_6 = 0,4\%;$$

$$\text{C}_3\text{H}_8 = 0,1\%, \text{C}_4\text{H}_{10} = 0,1\%; \text{N}_2 = 1,0\%$$

quruq gazning zichligi  $\rho_{\text{K.g.}} = 0,728 \text{ kg/m}^3$ . Havoning ortiqlik koeffisienti  $\alpha_{O'} = 1,15$ .

**Javob:**  $M_g = 15 \text{ kg/m}^3$ .

**3–masala.** Qozon qurilmasida ishlab chiqarilgan issiqlik miqdori aniqlansin. Pechdan chiquvchi gazlar entalpiyasi  $I_r = 9800 \text{ kJ/m}^3$ , qozon qurilmasidan chiquvchi gazlar harorati  $t = 200^\circ\text{C}$ , havoning ortiqlik koeffisienti  $\alpha = 1,3$ , yoqilg'i sarfi  $B = 0,036 \text{ m}^3/\text{s}$ , issiqlikning yo'qotilish koeffisienti  $\zeta = 0,1$ . Pechlarda yoqiliyotgan tabiiy gazning tarkibi:  $\text{CO}_2 = 0,8\%$ ;  $\text{CH}_4 = 84,5\%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6 = 3,8\%$ ;  $\text{C}_3\text{H}_8 = 1,9\%$ ;  $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,9\%$ ;  $\text{N}_2 = 7,8\%$ .

**Javob:**  $Q = 138 \text{ kJ/s}$ .

**4– masala.** 2kg slanes to'la yonganda hosil bo'ladigan yonish mahsulotlarining massasi va ulardagi kulning konsentratsiyasi aniqlansin. Slanesning tarkibi:  $C^i = 41,2\%$ ;  $H^i = 5,4\%$ ;  $S^i = 3,4\%$ ;  $N^i = 0,2\%$ ;  $O_2^i = 5,6\%$ ;  $A^i = 92,6$ ;  $W^i = 23,0\%$ ;  $\text{CO}_2^i = 32,8\%$ , yonish mahsulotlari tomonidan olib ketiladigan kulning ulushi  $a_{o.k.} = 1,9$ . O'txonadagi havoning ortiqlik koeffitsienti  $\alpha_{or} = 2,6$ .

**Javob:**  $\mu_k = 0,1784$

**5 – masala.** Ishchi massasiga ko'ra tarkibi:  $C^i = 54,7 \%$ ;  $H^i = 3,3 \%$ ;  $S_u^i = 0,8 \%$ ;  $N^i = 0,8 \%$ ;  $O^i = 4,8 \%$ ;  $A^i = 27,6 \%$ ;  $W^i = 8,0 \%$  bo'lgan 1 kg K markali Qarag'anda ko'miri to'liq yonishidan hosil bo'layotgan yonish mahsulotlari massasi va kul miqdori aniqlansin. Bunda yoqilg'i kulining yonish mahsulotlari bilan chiqish ulushi  $\alpha_{ch} = 0,85$ , o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffisiyenti  $\alpha_{yo} = 1,3$  deb qabul qilinsin.

**javob:**  $M_g = 9,25 \text{ kg/kg}$ ;  $\mu_{kul} = 0,0253$ .

**6 – masala.** Tarkibi:  $\text{CO}_2 = 0,2 \%$ ;  $\text{CH}_4 = 98,2 \%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,4 \%$ ;  $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,1 \%$ ;  $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,1 \%$ ;  $\text{N}_2 = 1,0 \%$  bo'lgan  $1 \text{ m}^3$  tabiiy gaz to'liq yonganda, yonish mahsulotlarining massasi aniqlansin. Bunda quruq gaz zichligi  $\rho_{yo.g}^q = 0,728 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , o'txonadagi havoning ortiqchalik koeffisiyenti  $\alpha_{yo} = 1,15$  deb qabul qilinsin.

**Javob:**  $M_g = 15 \text{ kg/m}^3$ .

## Nazorat savollar



1. YuHQ larning issiqlik balansi (muvozanatlari) to'g'risida gapirib bering.
2. YuHQ lardagi foydali ish koeffitsientlari qanday aniqlanadi?
3. YuHQ lardagi issiqlik balansi qismlarini hisoblashni tushuntiring.
4. Yoqilg'ining solishtirishma sarfi va uni kamaytirish usullari aytib bering.
5. Metallurgiya zavodining issiqlik balansi (muvozanati) haqida nimalarni bilasiz?
6. Ayrim sanoat korxonalarining issiqlik balansi qanday aniqlanadi?

## **XI-BOB. YUQORI HARORATLI QURILMALARNI MATEMATIK MODELLASH VA LOYIHALASH**

### **11.1 .Asosiy tushunchalar**

**Tayanch iboralar:** *model (nusxa), fizik modellashlar, matematik modellashlar, analog hisoblash mashinalari, raqamli hisoblash mashinalari, model-analoglar va strukturali analog.*

Ob'ektning o'zini tadqiq qilish qiyin, qimmat va ko'p vaqt talab qiladi yoki ayrim hollarda umuman tadqiq qilish mumkin bo'lmaydi (masalan, loyihalash paytida), bunday vaqtlarda **modellashga** zarurat tug'iladi.

**Model (nusxa) - bu biror bir obyektning kichiklashtirilgan vaqulaylashtirilgan nusxasi bo'lib, uning xarakteristikalarini o'rganish uchun yaratiladi.**

***Modellarni tegishli qo'yidagi turlarini:***

**1). fizik modellashlar**

**2). matematik modellashlar** turlarini aytib o'tishimiz mumkin.

***Fizik modellashda*** haqiqiy obyekt bilan uning modeli (nusxasi) bir xil fizik tabiatga ega bo'ladi.

***Matematik modellashda*** hodisaning o'zi bilan emas, balki undan olingan nazariy "namuna", ya'ni modeli ustida ish olib boriladi. Bu model tekshirilayotgan hodisa bo'ysunadigan asosiy qonuniyatlarni matematik formada ifodalaydi.

**Matematik model** - bu tadqiq qilinayotgan real obyektning ayrim xarakteristikalarini ifodalovchi matematik nisbatlar sistemasidir.

Matematik nisbatlarning u yoki bu turkumi matematik model deb atalishi uchun ular obyektning asosiy xossalari va o‘zaro bog‘lanishlarini to‘la aks ettirishi shart.

Matematik modellashda o‘zaro bog‘langan turli parametrlarni o‘zgartirish yo‘li bilan jarayonni EHM yordamida tadqiq qilinadi. Bu o‘rganilayotgan jarayon kechishining turli ko‘rinishlari haqidagi ma’lumotlarni tez olish va modelning, shu bilan birga o‘rganilayotgan real jarayonning optimal variantlarini aniqlash imkoniyatini beradi.

**Yuqori haroratli qurilmalarni modellashni ikki turdagi hisoblash mashinalaridan foydalanish mumkin:**

*1). analog hisoblash mashinalaridan foydalaniladi;*

*2). raqamli hisoblash mashinalaridan foydalaniladi.*

*Analog mashinalarida* analogiya (o‘xshashlik) prinsipidan foydalaniladi; bu prinsip asosida fizik tabiati turlicha bo‘lgan hodisalarga tegishli matematik modellarning izomorfizmi yotadi.

Misol tariqasida quyidagi hodisalarni ifodalovchi differensial tenglamalarni keltiramiz:

suyuqliqdagi ishqalish (Nyutonning ishqalanish qonuni)

$$\tau = \mu \frac{d\omega}{dx}$$

issiqlik uzatilishi (Furye qonuni)  $q = -\lambda \frac{dt}{dx}$

modda almashinuvi (Fik qonuni)  $g\vartheta = -D \frac{dc}{dx}$

elektr uzatilishn (Om qonuni)  $i = -\frac{dU}{\rho dx}$

Ko‘rinib turibdiki, bu tenglamalarning barchasiga tegishli gradiyentlar: tezlik  $d\omega/dx$ , harorat  $dt/dx$ , konsentratsiya  $dc/dx$ , kuchlanish  $dU/dx$  kiradi.

Agar boshqacha o‘lchov bilan hisoblash imkonini beradigan tegishli koeffitsiyentlar kiritilsa, har qanday hodisani elektr uzatilishidagi kabi modellash mumkin. Bunday analogiyalar prinsipi bitta muayyan misolni yechish natijasida

o'xshash matematik tenglamalar bilan ifodalanadigan butun bir sinfga tegishli obyektlarning xossalari haqida axborot olish imkonini beradi.

***Analog mashinalari bajariladigan EHMLar turlari:***

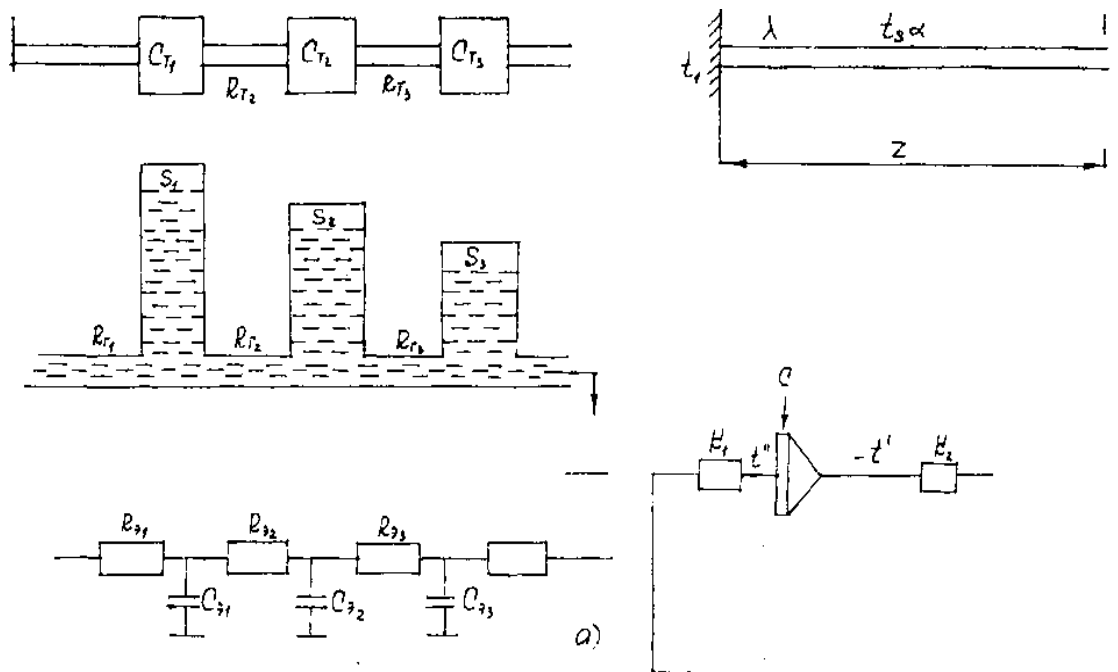
1).fizik modellash bajariladigan EHMLar;

2).matematik modellash bajariladigan EHMLarga bo'linadilar.

Ular tegishlicha **model-analoglar** va **strukturali analog** hisoblash mashinalari deyiladi. Ikki turdagi analog mashinalarining o'ziga xos tomonlari 11.1-rasmda aks ettirilgan.

Keltirilgan 11.1- "a" rasmda issiqlik sxemasi va uning gidravlik hamda elektr model-analoglari ko'rsatilgan. Bu modellarni o'zaro taqqoslash shuni ko'rsatadiki, harorat "T" ning analogi bo'lib gidravlik modelda gidravlik siquv "N" va elektr modelda esa - kuchlanish "U" xizmat qiladi. Termik qarshilik  $R_T = S/\lambda$  ning analogi bo'lib gidravlik qarshilik  $R_g$  va rezistorning elektr qarshiligi  $R_e$  xizmat qiladi. Shuningdek, issiqlik sig'imi  $S_T$  ning analogi suyuqlik joylashgan idish kesimining yuzasi  $S$  va elektr modelida esa - kondensator sig'imi  $S_E$  bo'ladi.

Ushbu 11.1- "b" rasmda haroratning sterjen (metall tayokcha) bo'ylab statsionar taqsimlanishi haqidagi masalaning **strukturali sxemasi** keltirilgan. Bu yerda xar bir integrator shunday ishlaydiki, uning kirish qismiga ixtiyoriy fizik o'zgaruvchi berilganda uning chiqish qismida kirish kattaligining mustaqil o'zgaruvchi vaqt bo'yicha integralidan iborat bo'lgan fizik kattalik hosil qilinadi.



11.1-rasm.EHM analoglarida tekshirish uchun a) model - analog va b) tarkibiy sxema.

Keltirilgan 11.1-“b” rasmdagi sxema  $x=0$ ;  $t=t_1$ ;  $dt/dx=c$ ; chegaraviy shartlarda olingan quyidagi tenglamani yechish imkonini beradi:

$$\frac{d^2 t}{dx^2} = \frac{\alpha \rho}{\lambda f} f$$

bunda:  $\alpha$  - issiqlik berish koeffitsiyenti (sterjendan muhitga);

$r$ ,  $f$ -sterjening perimetri va kesim yuzasi;

$\chi$  -issiqliko‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti.

Model-analog mashinalari ko‘prok, **ixtisoslashtirilgan** bo‘ladilar; ularning tuzilishi tadqiq qilinadigan fizik sistemalarning xususiyatlari bilan belgilanadi. Strukturali analog EHMlari universalrok, bo‘ladi.

**Raqamli elektron hisoblash mashinalari** mutlaq universallik xususiyatiga ega bo‘lib, murakkab tenglamalar bilan ifodalangan masalalarni yechish va matematik modellashtirish imkoniyatini beradilar.

**Analog EHMlarining afzalligi**- tez ishlashi, berilganlarni kiritish va chiqarishning soddaligi, ishlatish uchun oldindan ko‘p tayyorgarlik ko‘rishning zarur emasligi, turli vaqt masshtablarida ishlash imkoniyatiga ega bo‘lishlik va hokazo.

**Analog EHMLarining kamchiligi** - hisoblash natijalarining aniq emasligi va ularning tor darajada ixtisoslashganligidir.

Turli darajadagi chiziqli va chiziqli bo‘lmagan differensial tenglamalar sistemasining yechimini analog EHMLar yordamida aks ettirish eng katga samara beradi. *Raqamli EHMLar yuqori aniqlikka ega, ammo ularda masalani yechishga tayyorlash uchun ko‘p vaqt va mehnat talab qilinadi.*

Oxirgi paytda analog-raqamli hisoblash mashinalari qo‘llanila boshlandi, ular ikkala sinfdagi hisoblash mashinalarining afzal-liklarini o‘zlarida mujassamlantirgan.

## **11.2. YuHQ lar ishlashini matematik modellash bosqichlari**

**Tayanch iboralar:***YuHQning matematik modelini shakllantirish, hisoblash algoritmini tanlash,EHM uchun dasturni tuzish,tuzilgan dastur asosida, hisoblash ishlarini amalga oshirish,hisoblash algoritmini*

**Yuqori haroratli qurilmalar (YuHQ)ni matematik modellash jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat:**

- 1).YuHQning matematik modelini shakllantirish, hisoblash algoritmini tanlash;*
- 2).EHM uchun dasturni tuzish;*
- 3).tuzilgan dastur asosida EHQda hisoblash ishlarini amalga oshirish;*
- 4).natijalarni tahlil qilish.*

YuHQning matematik modeli qo‘yilgan masalaning xususiyatiga bog‘lik holda besh xil murakkablik darajasiga ega bo‘lishi mumkin. Masalan, sanoat korxonolari

turkumining yokilg'i-energetik balansini optimallashtirish paytida tuziladigan matematik modellar tayyor mahsulot qiymatining yoqilgi va boshqa turdagi energiyalar sarfiga statik bog'likligi asosida shakllanishi mumkin. Korxonada miqyosida faqat berilgan ma'lum haroratdagi YuHQning ish holati uchun tuzilgan material va energetik balanslarni aks ettiruvchi matematik modellardan foydalanish mumkin.

Ikkala misolda ham murakkabligi **birinchi darajali murakkablikka** bo'lgan matematik modelga ega bo'lamiz.

YuHQ ning **ikkinchi darajali murakkablikka** ega bo'lgan modeli shu qurilmaning reaktori (ishchi bo'shlig'i) dagi issiqlik va massa almashuvi dinamikasini hisobga oladi. Bu model ishlab turgan YUHQlarning va sexning yoqilgi - energetik majmui ish holatlari parametrlarini optimallashtirish masalasini yechishga imkon beradi.

YuHQ ning **uchinchi darajali murakkablikka** ega bo'lgan matematik modellari issiqlik va massa almashuvi jarayonlarining qurilma reaktoring konstruktiv xususiyatlariga bog'likligini hisobga oladi. Bunday modellar YuHQning faqat ish holatlarini emas, balki uning asosiy konstruktiv parametrlarini va birinchi galda reaktor kamerasining geometrik xarakteristikalarini optimallashtirish imkonini beradi. Ammo uchinchi darajali matematik modellar YuHQning faqat oldindan berilgan turiga aks ettiradi. YuHQning uchinchi darajali modellari matematik ifodalanishi jihatdan juda murakkab bo'lgan jarayonlar (yopik, hajmdagi gazlarning harakati, yoqilgining alangali yonish jarayoni va boshqalar) fizik modellarda olingan empirik tenglamalar orqali ifodalanadi. Uchinchi darajali modellar YuHQni avtomatik loyihalash tizimini ishlab chiqish uchun asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

YuHQning **to'rtinchi darajali murakkablikka** ega bo'lgan matematik modellari oldindan qabul qilinadigan konstruktiv sxema bilan cheklanmaydi, balki texnologik jarayonni amalga oshirish paytida qatnashadigan fizik hodisalarning ketma-ketligi oldindan berilgan bo'ladi.

Nihoyat, YuHQning eng **yuqori-beshinchi darajali murakkablikdagi**

matematik modeli maqsadga erishish uchun, ya'ni rejalashtirilgan sifatga ega bo'lgan mahsulotni olish uchun, fizik vositalarni tanlashda cheklanmagan bo'lishi kerak. *Beshinchi darajali matematik model universal* deb qaralishi mumkin, chunki undan ayrim bloklarni ketma-ket chiqarish yo'li bilan har qanday darajadagi modelni olish mumkin.

Hisoblash algoritmini tanlash paytida yechiladigan masala xususiyatlarini nazarda tutish lozim. Masalani yechishga o'tishdan oldin optimal algoritmi tanlashga ma'lum miqdorda vaqt sarflab, keyinchalik ko'plab soatni tejash mumkin. Tegishli masalalarni yechish uchun optimal algoritmlarni tanlash bo'yicha mamlakatimizda ishlab chiqilgan va chet tillardan tarjima qilingan yetarli miqdorda qo'llanmalar mavjud.

EHM uchun dastur tuzish bosqichi amaliy dasturlar paketi borligini hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Masalan, yoqilgi yonishini hisoblash, yoqish moslamalarini hisoblash, rekuperatorlarni hisoblash, to'siq orqali o'tadigan issiqlik oqimlarini hisoblash va boshqalar bo'yicha dasturlar mavjud. Oldindan tuzilgan va sozlangan dasturlar asosida qator hisoblashlar bajariladi, ular natijasida obyekt ishini ifodalovchi sonlar turkumi hosil bo'ladi.

Oxirgi bosqichda natijalar tahlil qilinadi. Bu bosqichda odatda matematik modelga va hisoblash algoritmiga aniqlik kiritiladi va matematik modellar sikli yanada mukammalroq asosda takrorlanadi. Matematik modellar va uni qo'llash natijasida ko'zlangan maqsadga erishish uchun aniq miqdoriy shaklda ifodalangan amaliy tavsiyalar beriladi.

### **11.3. Matematik modellar tuzilishi**

**Tayanchiboralar:** *submodellar, "material balans" submodeli, haroratlar maydonini aniqlash, tezliklar va bosimlar maydonini aniqlash, issiqlikning ajralib chiqish maydonini aniqlash, modelning chiqish parametrlari*

Odatda murakkab matematik modellar alohida jarayonlarni yoki hisoblash

bosqichlarini aks ettiruvchi oddiy modellardan tashkil topadi. Bunday oddiy modellarni ba'zida **submodellar** deb ataydilar. Submodellardan YuHQ reaktorning ixtiyoriy darajadagi murakkablikka ega bo'lgan matematik modelini yigish mumkin.

Umumiy model to'rtta submodellardan tuzilgan; ular kirish va chiqish parametrlari: YuHQning material balans, YuHQning energetik balans, YuHQ ichidagi issiqlik va massa almashuvi, nazorat va diagnostika orqali bir-biri bilan o'zaro bog'langan.

O'z navbatida har bir submodel bir yoki bir necha hisoblash bloklaridan iborat bo'lishi mumkin. Masalan, **“material balans” submodeli uchta hisoblash blokidan iborat:**

1) *yonish harorati va havo sarfi koeffitsiyentining berilgan qiymatlarida yonish mahsulotlarining tarkibi va miqdorini aniqlash;*

2) *metall yuzasida haroratning ma'lum o'zgarishi bo'yicha va pech atmosferasining ma'lum tarkibi sharoitida metallning kuyishini (kuyindisini) aniqlash;*

3) *texnologik jarayon davomida hosil bo'ladigan qo'shimcha mahsulot va moddalarning miqdori hamda tarkibini aniqlash.*

**“Energetik balans” submodeli** material balans parametrlari bo'yicha va “issiqlik va massa almashuvi” submodeli chikarib beradigan ayrim parametrlar (chiqib ketuvchi gazlar harorati, reaktor o'lchamlari) bo'yicha yoqilgi (yoki boshka turdagi energiya) sarfini aniqlashga mo'ljallangan hisoblash blokidan iborat.

**“Issiqlik va massa almashuvi” submodeli uchta hisoblash blokidan iborat:**

1).*haroratlar maydonini aniqlash;*

2).*tezliklar va bosimlar maydonini aniqlash;*

3).*issiqlikning ajralib chiqish maydonini aniqlash.*

Har bir hisoblash bloki tarkibida differensial tenglamalar bo'lib, bu bloklarning har biri tegishli berilgan kirish parametrlarida avtonom holda ishlashi mumkin.

“Haroratlar maydoni” blokida metall, gaz va reaktor devorlarining haroratlar



maydoni aniqlanadi. Bu maydonlarning o‘zaro aloqadorligi YUHQning turiga bog‘lik bo‘lgan chegaraviy shartlar bilan belgilanadi. Masalan, yoqilgi yokiladigan qizdirish pechlarining chegaraviy shartlariga metall zaxi (kuyindisi) qatlamining termik qarshiligi va metallning oksidlanish issiqligi kiradi. Mifel pechlarida qizdirilayotgan jismning, gaz va to‘siqlarning haroratlar maydoni mufel devorining haroratlar maydonini hisobga olgan holda aniqlanadi. Alangali eritish pechlarida chegaraviy shartlar ishlov berilayotgan jism bilan alanga o‘rtasida vositachi-jism vazifasini bajaradigan sirtki erigan qatlam paydo bo‘lishini hisobga oladi.

Metodik pechlarda chegaraviy shartlar glissaj (sirpanish) quvurlari va boshqa sun‘iy sovitiladigan elementlar bilan bo‘ladigan issiqlik almashuvini hisobga olishi kerak.

Gazli jismning xaroratlar maydonini aniqash paytida energiya balansi tenglamasidan foydalaniladi. Agar gazli jism qator zonalarga bo‘lingan bo‘lsa, tegishli tenglamalar sistemasini yechish uchun, odatda interatsion jarayonni amalga oshirish talab qilinadi.

Uchinchi darajali murakkablikka ega bo‘lgan modelning kirish parametrlari quyidagi berilganlardan iborat bo‘ladi: energiya manbai (xususan, yoqilg‘ining elementar yoki tarkibiy tahlili), qurilmaning unumdorligi va uning ish holatlari, YuHQ ning to‘siq va devorlari yasalgan materiallarning issiklik-fizik xossalari, issiqdnk bilan ishlov beriladigan jismlarning o‘lchamlari va xossalari, termik kuchlanishlar va mahsulotga ishlov berish sifatiga qo‘yiladigan cheklovchi talablar yoki reaktor va ishchi kameraning o‘lchamlari.

Yoqilg‘i yoqiladigan YuHQ lar uchun qo‘shimcha holda yoqilg‘ining yonish holatlari, yonish mahsulotlarining yoqgich kanalidan YuHQ ning ishchi bo‘shlig‘iga chiqish tezligi, yoqishga beriladigan havoning solishtirma sarfi va harorati; elektr YuHQ lari uchun reaktordagi atmosferaning parametrlari va harakatlanish tezligiga berilishi kerak.

Modelning chiqish parametrlari material va energetik balanslar bo‘yicha quyidagi ma’lumotlarni berishi kerak: energiya (yoqilg‘i) sarfi; mahsulot, qo‘shimcha mahsulot va texnologik jarayon chiqindilari (xususan, chiqib ketuvchi

gazlar) ning chiqishi, tarkibi va haroratlari; qurilmaning tashqi devorlari orqali energiyaning atmosferaga tarqalishi. YuHQ ni ishlatish sharoitlarini nazorat qilish uchun chiqish parametrlarida haroratlar maydonlari bo'yicha issiqlik berish koeffitsiyent, nurlanish koeffitsiyenti va qurilma oynalari yaqinidagi gazlar bosimi bo'yicha ba'zi ma'lumotlarga ega bo'lish maqsadga muvofiq bo'ladi. "Nazorat va diagnostika" submodelida YuHQ matematik modelining tuzilishi qaytariladi, ammo har bir element eng oddiy tenglamalar sistemasi asosida shakllanadi. Bunday oddiy elementlar modellarni yig'ishva sozlash paytida "tiqinlar" deb ataladi, ular yordamida dasturni sozlash jarayoni sezilarli darajada soddalashadi. Model elementlarini tegishli tiqinlarga ketma-ket almashtirish yo'li bilan model ishlamay qoladigan yoki ma'nosiz natija beradigan element EHM tomonidan aniqlanadi. "Nazorat va diagnostika" submodeliga alohida elementlarning va butun modelning barcha chiqish parametri og'ishining yo'l qo'yilgan chegaralari kiritilgan bo'ladi, Nazorat operatsiyalari boshqa submodellarda hisoblash ishlari bajarayotgan paytda ham amalga oshirilishi mumkin.

YuHQ ning matematik modelini tuzishni amalda ko'p marta sinalgan modullar yordamida olib borish qulay bo'ladi. Modul - u yoki bu jarayonning yoki uning ayrim bosqichining mustaqil elementar matematik modeli hisoblanadi.

U mustaqil kichik dastur (podprogramma) ko'rinishida amalga oshiriladi. Hisoblash jarayonida bu kichik dastur (modul) berilgan asosiy dastur hajmida ko'p karra foydalaniladi. Masalan, YuHQ da ixtiyoriy shakldagi jism qizdirilgan paytda uni juda ko'p elementar parallelepipedlardan tashkil topgan deb qabul qilish mumkin. Bu parallelepipedlardan ixtiyoriy shakl va o'lchamdagi jismni "yig'ish" mumkin bo'ladi va ularning harorat maydonlarini tegishli birlashtirib (to'rtinchi turdagi chegaraviy shartlardan foydalanib), izlangan umumiy haroratlar maydonini olish mumkin. Demak, ko'rilayotgan holda modul - elementar parallelepiped bo'lib, issiqlik o'tkazuvchanlikning Furye differensial tenglamasi:

$$C_p \rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = \Sigma \frac{\partial}{\partial X} \lambda \frac{\partial t}{\partial X} + q_v$$

Bu parallelepipedning ixtiyoriy berilgan kirish va chegaraviy shartlarida haroratlar

maydonini aniqlaydi va u elementar matematik model bo‘lib, kichik dastur ko‘rinishida amalga oshiriladi.

Masalani EHMda yechish davomida o‘zgaruvchi chegaraviy shartlarda parallelepipedning haroratlar maydoni hisoblanadigan kichik dasturga ko‘p marta murojaat qilinadi. YuHQni hisoblash paytida chegaraviy shartlarni oldindan tanlab olingan modullar (masalan, “metallnngkuyishi”, “mufel”, “tagbilankontakt” vaboshqalar) gamoslab qabul qilish yanada qulay bo‘ladi.

Gaz hajmining matematik modelini tuzish paytida hisoblash modellaridan - kub shaklidagi elementar gaz hajmlarining issiqlik balanslaridan foydalanish mumkin. Bu kublardan gaz hajmining ixtiyoriy shaklini yig‘ish mumkin.

#### **11.4. YuHQ reaktori matematik modelining asosiy tenglamalari**

**Tayanch iboralar:** *YuHQ reaktori matematik modelining, “Material balans” submodelida, reaktorning nurlanish harorati, devor ichki yuzasining harorati, gaz harorati, nurlanish koeffitsiyentlari*

YuHQ reaktorining matematik modeli ko‘p darajada unda amalga oshirilayotgan texnologik jarayonning turiga va ishlov berilayotgan materialga bog‘lik bo‘ladi.

Metallni qizdirish uchun mo‘ljallangan reaktorning matematik ifodalanishini ko‘rib chiqamiz. Bunday modelning tuzilishi 11.2-rasmda keltirilgan.

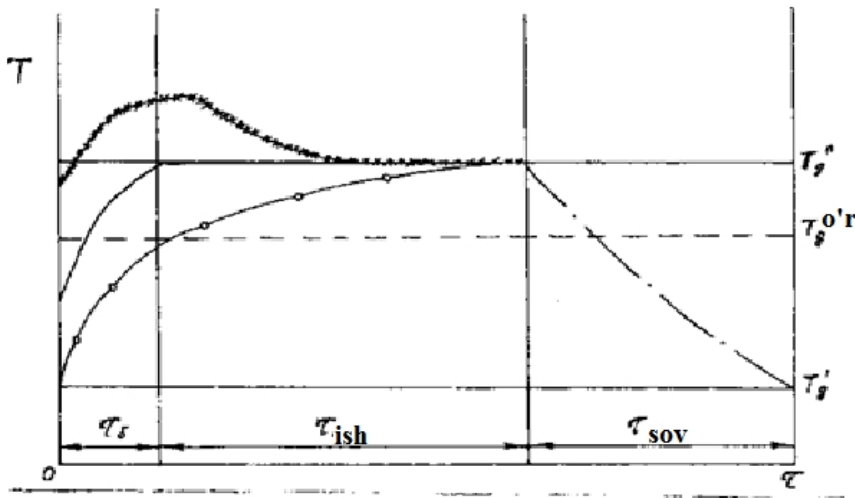
“Material balans” submodelida termodinamik muvozanatlik sharoitida yonish mahsulotlarining chiqishi va tarkibi hisoblanadi. Hisoblash blokining kirish parametrlari quyidagilar: yokilg‘i tarkibi, uning yonish issiqligi, havoning solishtirma sarfi, yonish jarayoni tugaydigan harorat. Bunga qo‘shimcha holda texnologik jarayon davomida hosil bo‘ladigan metall kuyindisinnng qalinligini va metallnng oksidlanishiga ketadigan kislorod sarfini hisoblab aniqlanadi.

“Energetik balans” submodelida energetik balans tenglamasn asosiy

hisoblanadi.

"Haroratlar maydonlari" blokida 11.2-rasmda ko'rsatilgan turg'un holatdan foydalaniladi. Bu holatda YuHQning ish sikli uni oldindan qizdirish vaqtidan  $\tau_b$  reaktoring o'zgarmas haroratda ishlagan vaqtidan  $\tau_{ish}$  va sovitish vaqtidan iborat bo'ladi. 11.2-rasmda devor ichki yuzasining harorati -  $T_d$  o'zining minimal qiymati  $T'_d$  dan to maksimal qiymati  $T''_d$  gacha o'zgarishi ko'rsatilgan.

Qizdiriladigan material  $R=R_v$  o'lchamli plastina (yassi taxta) ko'rinishida berilgan bo'lib,  $T_g = \text{const}$  holatida  $T_{o'r}(0) = T_o$  dan to  $T_{o'r}(\tau_{ox}) = T_{o'rox}$  gacha qizdiriladi. Plastina kesimida harorat kvadrat parabola ko'rinishida o'zgaradi, shuning uchun:



**11.2-rasm. Kamerali qizdirish YuHQ sining ish holati haroratlari.**

- x— reaktoring nurlanish harorati;
- devor ichki yuzasining harorati;
- x-x— gaz harorati;
- devor ichki yuzasining vaqt bo'yicha o'rtacha harorati.

$$T_M = T(I, F_0) = T_{o'r}(F_0) + \frac{q_{pm} \cdot R}{3\lambda(T_{o'r})}$$

bunda

$$q_{PM} = \alpha(T_g - T_m) + \lambda M(T_g^2 - T_M^4)$$

Bundan tashqari  $q(I, \tau) = \frac{2\lambda}{R} \Delta t = q$  ekanini nazarda tutsak,

$\Delta T(\tau_{ox}) < \Delta T_{0X}$  sharoiti uchun quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$q_{PM}(\tau_{ox}) = \frac{2\lambda(T_{o'rox})\Delta T_{ox}}{R}$$

Yuqoridagi tenglamalarni hisobga olganda va  $q_{PM}(\tau_{ox})$  ma'lum bo'lganda gaz jismining ishchi haroratini anglash uchun quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz:

$$q_{PM}(\tau_{ox}) = \alpha(T_g - T_{o'rox} - \frac{2}{3}\Delta T_{ox}) + \delta_M(T_g^4 - (T_{o'rx} - \frac{2}{3}\Delta T_{ox})^4)$$

bunda:  $\alpha$  va  $q_m$  - tegishli  $T_g$  va  $T_m$  larga, reaktor ishchi bo'shlig'ining o'lchamlariga va yoqilgi sarfiga bog'lik bo'lgan parametrlar.

Bu yerda  $\tau_{ox}$  ni topish uchun  $T_{o'r}$  ning  $T_0$  dan to  $T_{o'rox}$  gacha o'zgarish intervali ita teng bo'laklarga bo'linadi va ularning har biri uchun yuqoridagi tenglamadan  $q_{PM}$  ning qiymati aniqlanadi. Har bir bo'lakdagi qizdirish vaqti  $\tau_i$  issiqlik balansidan topiladi:

$$q_{PM}\tau_i = \rho R \Delta H_i$$

bunda:  $\Delta H_i$  berilgan bo'lakchada material entalpiyasining ortishi, u bo'lakcha chegarasidagi o'rtacha haroratlar orqali aniqlanadi. Umumiy vaqt  $\tau_{ox}$  barcha  $\tau_i$  larni qo'shish natijasida topiladi.

YuHQning devorlari, odatda murakkab shaklli va ko'p qatlamli bo'ladi. Ikkinchi daraja murakkablikdagi modellar uchun devorlar shaklini cheksiz plastina yoki ichki radiusi  $R_0 = 3V_{ib}/F_0$  bo'lgan silindrik yoki sferik yuza deb qabul qilish mumkin (bunda:  $V_{ib}$  va  $F_0$  - ishchi bo'shliqning tegishli hajmi va ichki yuzasi). Devor qatlamlari o'rtasidagi chegaraviy radiuslar tegishli qatlamlar uchun alohida aniqlanadi. Masalan, birinchi qatlam uchun  $R_1$  quyidagi tenglamadan topiladi:

$$V_1 = \frac{3}{2}\pi(R_1^3 - R_0^3)$$

Ikkinchi qatlamning chegarasi uchun:  $V_2 = \frac{3}{2}\pi(R_2^3 - R_1^3)$  va hokazo.

Qurilma devorining haroratini hisoblash uchun quyidagi chegaraviy shartlarniqabulqilamiz:

$$t_i = (x, 0) = t_{aM}$$
$$\alpha = [t(R_{\text{tash}} \tau) - I_{AM}] = \lambda_{\text{tash}} \Delta t(R_{\text{tash}}, \tau)$$
$$\alpha = [t_g - t(R_0 \tau)] = -\lambda_o \Delta t(R_0, \tau)$$

bunda:  $I_{AM}$ - atrof-muhitharorati;  $\alpha$  - issiqdik berish koeffitsiyenti

Hisoblash natijaviy farqlanishlarni anglash usulida olib boriladi. Issiqdik almashuvi koeffitsiyentining konvektiv tashkil qiluvchisi quyidagi formuladan aniqlanadi;

$$\alpha_k = 0,056 \lambda_g \sqrt{\left( \frac{IRv}{Vg v \mu} \right)}$$

bunda:  $\lambda_g, \nu, \mu$  - yonish mahsulotlarining issiqlik -fizik parametrlari,

$R_g$ - gazli hajmning umumlashtirilgan o'lchami;

$I$  - ishchi bo'shlig'iga kiritilayotgan yangi yonish mahsulotlari oqimining impulsi.

$R_g$  va  $V_g$  ning qiymatlari (xususan,  $R_g = V_2/F_2$ ) reaktorning o'lchamlari asosida aniqlanadi. Reaktorning o'lchamlari esa, o'z navbatida, YuHQning unumdorligi va qizdirish vaqti  $\tau_{ox}$  bo'yicha aniqlanadi. Oqimlarning impulsi yokilg'i sarfi "V" va yonish mahsulotlarining yoqgichdan chiqish tezligi asosida aniqlanadn.

Gaz - devor - metall sistemasidagi nurlanishnig keltirilgan koeffitsiyenti V.I.Timofeyev formulasidan aniqlanadn; unga gaz jismining nurlanish koeffitsiyenti - $\varepsilon_g$ , devorning issiqlikka chidamli qoplamasining rivojlantirilganlik darajasi -  $w$  [xususan,  $w = (\tau_{ox, T_g})$ ] kiradi.

Agar  $\tau_b < \tau < \tau_h$  bo'lsa, gazli hajmning harorati YuHQdan chiqib ketuvchi gazlarning haroratiga teng va o'zgarmas deb qabul qilinadi. Reaktorning qizishi davomida  $0 < \tau < \tau_b$  bo'lsa, gazlar haroratining o'rtacha qiymati  $T_g$  devorlar tomonidan yutilgan issiqlik  $Q_b$  va devorning vaqt bo'yicha o'rtacha harorati  $T_{db}$  bilan belgilanadi:

$$Q_b = \alpha_{kb} (T_g - T_{db}) F_o \tau_b + \delta_{gd} (T_g^4 \frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_g} - T_{db}^4) F_o \tau_b$$

$$\delta_{gd} = \delta_o \left( \frac{1}{\varepsilon_g} + \frac{1}{\varepsilon_d} - 1 \right)^{-1}$$

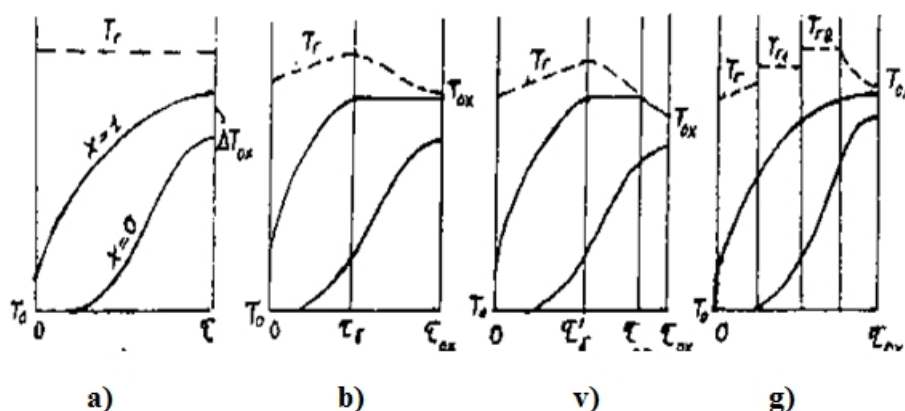
bu yerda  $\varepsilon_g$  va  $\varepsilon_d$  n gazlarning va devorning tegishlicha o'rtacha haroratlari  $t_g$  va  $t_d$  dagi nurlanish koeffitsiyentlari.

## 11.5. YuHQ ning ish holatini EHM da optimallashtirish

**Tayanch iboralar:** YuHQ ning ish holatini EHM da optimallashtirish, kamerali statsionar, kamerali ikki pog'onali, kamerali ikki pog'onali va sovitishli.

**Optimallashtirish** deganda shunday jarayon yoki amallar ketma-ketligi tushuniladiki, ular yordamida ma'lum optimallik me'zonining optimumini (maksimum yoki minimumini) olish mumkin bo'ladi. Metallni qizdirishga mo'ljallangan YuHQ uchun optimallik me'zoni sifatida yoqilg'ining solishtirma sarfi, metallning ko'yishi, qizdirish jarayonining davomiyligi, qizdirishning keltirilgan xarajatlari (iqtisodiy ko'rsatgichlar) va boshqalarni qabul qiliish mumkin.

Metallni qizdirish holati deganda metallning qizdirilgan yuzasi haroratining boshlang'ich qiymati  $T_0$  dan to berilgan oxirgi qiymati  $T_{ox}$  gacha ma'lum vaqt davomida  $\varphi(\tau)$  o'zgarishi tushuniladi. Amaliyotda turli holatlar  $\varphi(\tau)$  kuzatiladi. Metallni qizdirish paytidagi YuHQ ning ba'zi holatlari 11.3- rasmda ko'rsatilgan.



**11.3-rasm. Qizdirish YuHQ larining odatdagi ish holatlari.**

a - kamerali statsionar; b- kamerali ikki pog'onali; v- kamerali ikki pog'onali va sovitishli; g- metodik (qat'iy rejali) to'rt zonali.

Keltirilgan 11.3-rasm, "a" da statsionar ishlaydigan kamerali YuHQ lar uchun xarakterli bo'lgan **birinchi sinf** ish holatlari ko'rsatilgan.

$\varphi(\tau)$  chiziqlarining ko'rinishi jismning issiqdik sig'iruvchanligiga, konvektiv va nurlanish yo'li bilan issiqlik berish jadalligiga, haroratga qarab jismning issiqlik-fizik xossalari o'zgarishiga va boshqa omillarga bog'lik



bo'ladi. Ammo barcha  $\varphi(\tau)$  egri chiziqlari uchun umumiy bo'lgan jihat shundan iboratki,  $\tau$  ning ortishi bilan jismning harorati gaz jismining harorati  $T_g$  ga asimptotik ravishda yaqinlashib boradi. Bundan tashqari  $\tau = 0$  bo'lgan paytda jism harorati o'sishining tezligi juda yuqori bo'ladn. Amalda  $T_g$  qiymatini ko'tarish va pasaytirish yo'li bilan qizdirish vaqtini yoki qizdirish sifatini o'zgartirish mumkin. Qizdirish sifati reaktordan chiqayotgan tayyor mahsulot kesimidagi haroratlar farqining maksimal qiymati  $\Delta T_{0X}$  bilan belgplanadi. Ammo  $\Delta T_{0X}$  va  $\tau_{ox}$  mustaqil o'zgaruvchilar ko'rinishida emas, balki  $\Delta T_{ox}(\tau_{ox})$  bog'liqlik ko'rinishida beriladi.

Ish holatlarining **ikkinchi sinfi** vaqt davomida harorati o'zgaradigan  $T_g(\tau)$  kamerali YuHQ lar uchun xosdir. Ularda, odatda ikki pog'onali ish holatlari (11.3-rasm, b) amalga oshiriladi. Birinchi pog'ona (bosqich)da reaktor yolgichlari to'la quvvatda ishlaydi va qizdiriladigan jism yuzasining harorati  $T_{ox}$  ga yetganda - ikkinchi pog'ona (bosqich) boshlanadi, unda yuza harorati  $T_{ox}$  o'zgarmas holda saqlab turiladi. Saqlab turish bosqichining davomiyligi berilgan sifat parametri  $\Delta T_{0X}$  bilan belgilanadi. Bu ikki pog'onali ish holatida  $\tau_{ox} = \tau_b + \tau_{st}$  va  $\Delta T_{0X}$  parametrlari mustaqil o'zgaruvchilar sifatida berilishi mumkin, ammo bu paytda  $\tau_{ox} > \tau_{st}$  shart bajarilishi lozim.

Agar texnologiya bo'yicha quyumning yuzasi vaqtinchalik  $\delta T_{ox}$  qiymatga o'ta qizitiladigan bo'lsa (11.3 -rasm, v), u holda birinchi bosqichni quyum yuzasining harorati  $T_{ox} + \delta T_{0X}$  ga yetishi ta'minlanadigan  $\tau_b$  vaqt bilan cheklab quyilishi maqsadga muvofiq bo'ladi. Ikkinchi bosqich davomida esa, yoqgichlar quvvatini rostlash yo'li bilan  $T_{ox} + \delta T_{0X}$  qiymatni o'zgarmas holda saqlash va quyumni YuHQ dan bir oz vaqt  $\tau_{st}$  o'txazib chikarish mumkin bo'ladi. Quyum tashqariga chiqarilgandan keyin unng yuzasi talab qilingan harorat  $T_{ox}$  gacha tez ( $\tau_o$  vaqtda) soviydi va bu paytga kelib quyum kesimidagi haroratning og'ishi  $\Delta T_{0X}$  qiymatdan ortmaydi, shuning uchun qizdirishning talab qilingan sifati ta'minlanadi. Bu holatdagi yig'indi vaqt  $\tau_{ox} + \tau_{st} + \tau_o$  oddiy ish holatidagi  $\tau_b + \tau_{st}$  yig'indidan kichik bo'ladi va shunga ko'ra sovitishli ikki pog'onali ish holati afzalroq bo'lishi

mumkin. Bunda  $\tau_0$  ning qiymatni  $\delta T_{ox}$  bilan belgilanadi. Ish holatini optimallashtirish paytida bu parametrlarni ish holatining o'gartiriladigan parametri deb qaralishi lozim.

**Uchinchi sinfga** metodik pechlardagi qizdirish holatlarini kiritish mumkin (11.3-rasm, g).

Klassik talqin bo'yicha pechning bunday ish holatlari metallning metodik, ikkita payvandlanish va qizib toblanish qismlaridan o'tishini o'z ichiga oladi. Metodik zonada metall qizigan gazlarning o'zgaruvchan haroratida qizdiriladi. Payvandlanish qismlarida ba'zi xarakterli va o'zgarmas haroratlar  $T_{g1}$  va  $T_{g2}$  o'rnatiladi.

Metodik pechning qizitib toblash qismida odatda  $T_{ox} = \text{const}$  sharoiti saqlanadi. EHM dan foydalanish pechning qizitib toblash va payvandlanish qismlaridagi yoqilg'ini sarfini chegaraviy shartlar sifatida qabul qilishni va metallni qizdirish jarayonining boshidan oxirigacha xarakterli uzluksiz qonun  $\varphi(\tau)$  amal qilishini ta'minlaydi.

Avval ta'kidlanganidek, optimallashtirishning turli mezonlarini tanlash mumkin. Masalan, optimallashtirish mezonini sifatida metallni to'xtatish harorat  $T_{ox}$  gacha qizdirish uchun sarflanadigan minimal vaqt qabul qilinishi mumkin. Bu ish holati katta yoqilg'ini sarfi bilan amalga oshirilishi mumkin. Boshqa hollarda optimallashtirish mezonini qilib yoqilg'ining minimal sarfi va metallning minimal kuyishi qabul qilinadi. "Aniq" ish holatlari ma'lum, ularda metall massasi uchun berilgan o'rtacha haroratga nisbatan metall kesimidagi haroratning og'ishi minimal qiymatda bo'ladi. YuHQning ish holati bilan yoqilg'ining sarfi, metallning kuyishi va qurilma unumdorligi o'rtasidagi bog'liklikni hisobga oluvchi universal mezon - keltirilgan xarajatlardir.

**Optimallashtirishdan maqsad** - optimallashtirishning qabul qilingan mezonini minimumlashtiruvchi funksional  $\varphi(\tau)$  ni topishdan iborat. Ko'rilayotgan masalaning xususiyatlariga qarab bu funksionalni hisoblashning klassik variatsion usullari bilan yoki L.S.Pontryagin taklif qilgan maksimumlik prinsipi yordamida aniqlash mumkin. Ammo masalaning analitik yechimini faqat juda oddiy hollardagina topish mumkin. Shuning uchun amaliy masalalarning optimal

yechimini sonli usullar asosida topiladi.

Optimallashtirishning eng samarali usullaridan biri - to'g'ri usuldir; unda funksional  $\varphi(\tau)$  ketma-ket yaxshilanishi (aniqlashishi) ning interatsion jarayoni amalga oshiriladi. Qizdirishning optimal holatini topish uchun  $\varphi(\tau)$  nio'zgartirish yo'li bilan optimallashtirish mezonining global (keng qamravli) ekstremumi aniqlanadi.

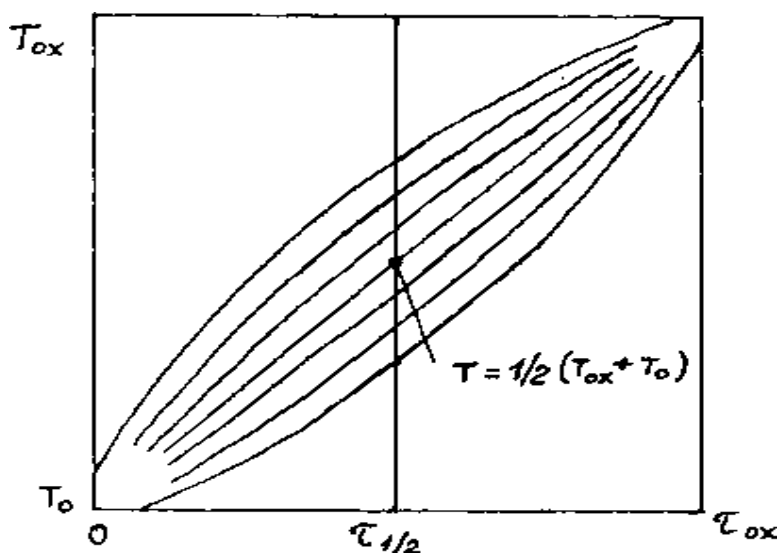
11.4-rasmda YuHQ ning ayrim ish holatlarida haroratning vaqtga bog'liqligi keltirilgan.

$\varphi(\tau)$  ning o'zgarish qonuniyati quyidagi egri chizikli tenglik bilan ifodalanishi mumkin:

$$\varphi(\tau) = T_0 + v_1 \tau + v_2 \tau^2 ;$$

bunda:  $v_1 = v_2 \tau_{ox} + (T_{ox} - T_0) / \tau_{ox}$  bo'ladi - ikkinchi koeffitsiyent ( $v_2$ ) ning qiymati vaqt  $\tau_{ox}/2$  bo'lganda yuzaning berilgan harorati asosida aniqlanadi. Masalan,  $T = 0,5 (T_{ox} + T_0)$  bo'lsa,  $v_2 = 0$  bo'ladi. Vaqt  $\tau_{ox}/2$  bo'lgan paytda haroratni ma'lum qiymatga oshirib yoki kamaytirib,  $v_2$  koeffitsiyenti orqali qurilmaning ish holati  $\varphi(\tau)$  nio'zgartirish mumkin.

Bir maromdagi qizdirish holatlari uchun  $\varphi(\tau)$ ni approksimatsiya qilish mumkin. Umumiy holda ifodani uchinchi darajali polinom bilan aproksimatsiya qilish lozim. Bu paytda  $\tau_{ox}/3$  va  $2\tau_{ox}/3$  vaqtlarga to'g'ri keluvchi ikkita harorat o'zgartiriladi, bu esa variantlar sonini va EHM da sarflanadigan vaqtni keskin orttiradi.



11.4- rasm. YuHQda haroratnng vaqtga bog'liqlik grafigi

Vaqtini tejash uchun o'zgartirishlar tartibini tajribani rejalashtirish nazariyasi asosida belgilash maqsadga muvofiq bo'ladi.

Optimallashtirish modeli YuHQning matematik modeli va optimallashtirish blokidan iborat. Optimallashtirishning kirish parametrlari (unumdorlik, yoqilg'i, xom ashyo, qizdirish sifati bo'yicha shartlar, yoqgichlar quvvati va boshqalar) odatda o'zgartirilmaydi, chunki ular ishlab chiqarish texnologiyasi tomonidan qat'iy belgilangan yoki YuHQ sxemasini optimallashtirish davomida olingan bo'ladi. Optimallashtirish mezonining ekstremumiga javob beruvchi chiqish parametrlari va shuningdek, yoqilg'i sarfi  $V$ , metallning kuyishi, qizdirishning kesim bo'yicha notekisligi  $\Delta T_{ox}$  texnologik kartalarni ishlab chiqarish uchun ahamiyatga ega; ulardan YuHQ ishini qo'l bilan yoki avtomatik boshqarish paytida foydalanish mumkin.

## **11.6. YuHQ ni avtomatlashgirilgan loyihalash tizimi (ALOT)**

**Tayanch iboralar:** *avtomatik loyihalash tizimi - (ALOT), texnik sistema, perfolentalarni tayyorlash, dastgohlar avtomatlashtirilgan, loyihalash muddatini, qiymatini va mehnat sarfini, loyihachining ishchi o'rni.*

XX asrning 60 inchi yillarida muhandislik iqtisodiyotida yangi tushuncha paydo bo'ldi:

- **avtomatik loyihalash tizimi - (ALOT)** paydo bo'ldi. Eng avval u radio elektron sanoatida, keyinchalik kompyuter texnikasida, aviatsiyada, qurilish va avtomobilsozlikda qo'llanila boshlandi. ALOT tushunchasining ma'nosi nima va u zamonaviy ilmiy - texnik inqilobda qanday o'rin tutadi?

Ta'riflanishi bo'yicha **AJIOT tashkiliy-texnik sistema** bo'lib, loyihalashni avtomatlashtirish vositalari majmuidan iborat. ALOT ni yaratishdan maqsad loyihalashtiriladigan obyektlarning sifatini, texnik- iqtisodiy darajasini va mehnat unumdorligini oshirish, loyihalash muddatini, qiymatini va mehnat sarfini kamaytirishdir. ALOT ning asosiy vazifasi obyektning loyihalashning barcha bosqichlarida avtomatik loyihalashni bajarishdan iborat. Shuning uchun ALOT

an'anaviy loyihalash jarayonini tubdan o'zgartiradi. Loyihachining ishchi o'rni sifat jihatdan yuksak darajaga ko'tariladi .

Avtomatlashtirilgan ishchijoylari ularni boshqarish uchun maxsus bilim va ko'nikmalarga ega bo'lishni talab qiladi. Bu talablar butun tashkilot ko'lamida loyihalash texnologiyasini o'zgartirishni taqozo etadi. Natijada loyihalash mehnatining unumdorligi an'anaviy loyihalash usullariga nisbatan 2-5 marta ortadi. Demak, murakkab qurilma yoki sistemani 1-3 yil davomida loyihalash o'rniga uni 0,5-1,0 yilda tugallash mumkin. Bu hol fan va texnikaning jadallik bilan rivojlanayotgan davrida juda muhimdir. Ammo texnik taraqqiyotga ALOT ning ta'siri faqat loyihalash paytidagi mehnat unumdorligini oshirish bilan cheklanib qolmaydi. ALOTning ishlashini ta'minlovchi sistemalar loyihalashtirilayotgan qurilma kesimlari konstruksiyalarining faqat chizmalarini beribgina qolmay, balki raqamli boshqarish dasturiga ega bo'lgan dastgoh, (stanok) lar uchun perfolentalarni ham tayyorlab beradi. Bu dastgohlar avtomatlashtirilgan ishlab chikarish tizimi (AIT) ning asosini tashkil qiladi. ALOT/AIT ning yagona majmui yaratilganda sanoatning tegishli sohasidagi ishlab chikarish darajasi yangi, yanada yuqori pogonaga ko'tariladi.

Xozirgi paytda ayrim sohalarda, masalan, radiotexnika va aviatsiyada, qo'llanilayotgan ALOTlar yirik sistemaning ayrim qismlari darajasida ishlatilmoqda. Energetikada avtomatlashtirilgan loyihalash tizimi yaratilgandan keyin bu sohada mehnat unumdorligining keskin o'sishini kuzatish mumkin bo'ladi.

### **11.7. YuHQALOTning tarkibi va tuzilishi**

**Tayanch iboralar:** *YuHQlar bir-biridan texnologik sxemalari, konstruksiyalari, chizma (grafik) qismlar, rekuperativ qurilmalari, gaz yo'llari, qurilish konstruksiyalari*

YuHQlar bir-biridan texnologik sxemalari, konstruksiyalari, joylashtirilishi va ish holatlarining parametrlari bilan keskin farq qiladilar. YuHQ ning har bir turi odatda faqat o'ziga xos bo'lgan xususiyatga ega. Loyihalash amaliyotida barcha

YuHQlar uchun namunaviy bo'lgan yechimlar mavjud emas, ammo qurilmaning Ayrim qismlarini loyihalashda amaliy sinovdan o'tgan namunaviy yechimlardan foydalaniladi.

YuHQning avtomatlashirilgan loyihalash tizimi bu qurilmaning barcha xususiy tomonlarini hisobga oluvchi umumiy ko'rinishda ishlab chiqilgan bo'lishi kerak. Shu munosabat bilan YuHQ to'la ALOTning umumiy tuzilish sxemasi 11.6-rasmda keltirilgan ko'rinishga ega bo'lishi mumkin. ALOT ning bunday tuzilishi har qanday yirik qurilma yoki sistemani loyihalash uchun xosdir. Keltirilgan 11.6- rasmdan ko'rinadiki, YuHQ ALOTning tarkibigaturli ta'minlash tizimlari kiradi. Ular qatorida tashkiliy, texnik, uslubiy, lingvistik, axborot, dasturiy va matematik tizimlar bor. Tuzilish tarkibida asosiy ishlovchi xodimlarning va avtomatlashtirilgan loyihalash tizimini yaratish va rivojlantirish xizmati xodimlarining soni nazarda tutilgan bo'lishi lozim.

YuHQ ALOTning yuqorida keltirilgan tuzilishi alohida tarkibiy qismlarning oddiy to'plami emas, balki butun sistemaning samarali ishlashini ta'minlovchi o'zaro bog'langan kichik maxsus sistemalarning yagona majmuidan iborat. Turli tarkibiy qismlar o'rtasidagi gorizontal bog'lanishlar bunitasdiqlaydi.

**YuHQ ning ALOTi turli tarkibiy qismlardan iborat bo'lib (11.5-rasm), ularni ikki guruhga bo'lish mumkin:**

***1). hisoblash qismlari;***

***2). chizma qismlari.***

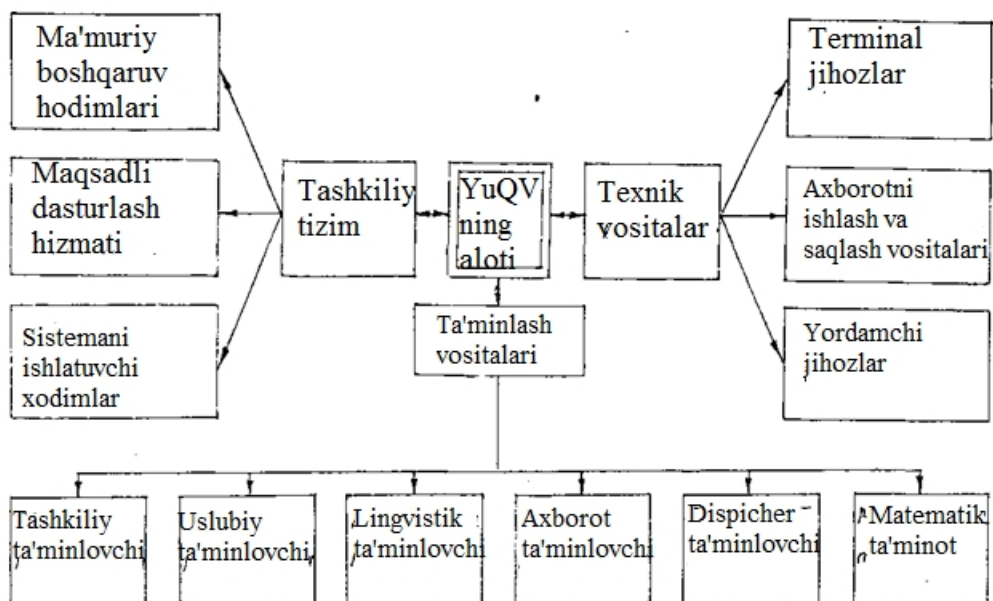
Chizma (grafik) qismlar meyoriy hujjatlar asosida barcha turdagi loyihalash ishlarini bajarishga mo'ljallangan. Bu bilan loyihalash paytidagi ish unumdorligini oshirish ta'minlanadi. Ular birinchi galda loyiha hujjatlarini tayyorlash muddatlarini qisqartirishga qaratilgan bo'lib, ishlar kam mehnat sarf qilingan holda va yuqori sifatli qilib bajariladi. YuHQ ning ALOTida bunday tarkibiy qismlarning soni bir necha undan ortiq, bo'lishi mumkin, ularning har biri muayyan konstruksiya va sistemani loyihalashga mo'ljallangan.

**YuHQning ALOTi tarkibiga quyidagilari kiradi:**

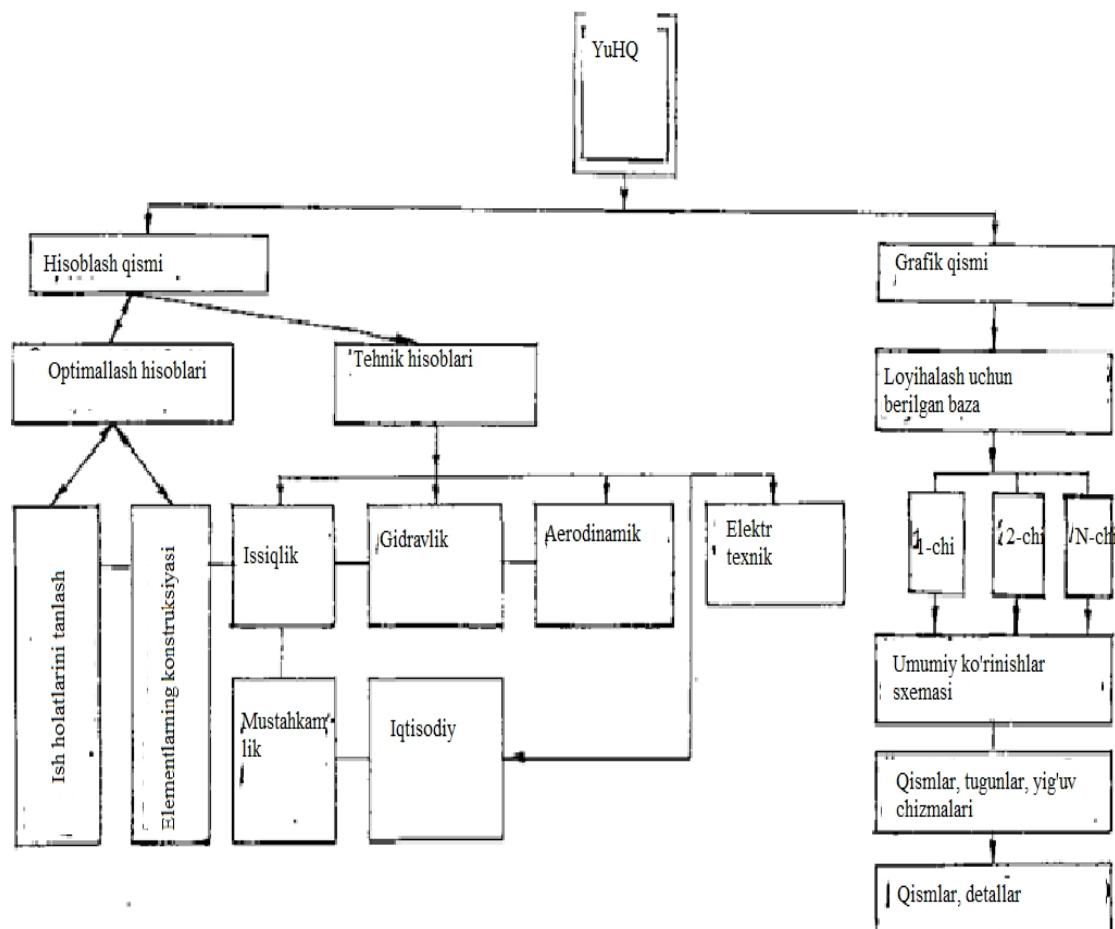
***1). qurilmareaktorini;***

- 2).materialni kiritish va chiqarish tizimlarini;
- 3).regenerativ varekuperativ qurilmalarni;
- 4). gaz yo'llarini;
- 5).qurilish konstruksiyalarini;
- 6).yordamchi jihozlarni;
- 7).YuHQ ga xizmat qo'rsatuvchi turli tizimlar (yoqilg'i,havo, gaz va suv ta'minoti)ni loyihalash qismlari.

Ularning soni YuHQning murakkabligiga qarab o'zgarishi mumkin. Odatda YuHQ to'la ALOTning 10-20% ini hisoblash qismlari tashkil qiladi. Bu qismni bajarish uchun grafik qismdagiga nisbatan ko'proq mehnat sarflanadi.



11.5-rasm. YuHQ to'la A LOT ining yiriklashtirilgan tuzilish sxemasi.



**2.6-rasm. YuHQ ALOT ining tarkibi**

### **11.8.ALOT ishlashini ta'minlovchi tizimlar**

**Tayanch iboralar:** *ALOT ishlashini ta'minlovchi tizimlar, sistemali dasturlash, muammoli dasturlash, xizmat ko'rsatishni ta'minlash, dasturlash.*

YuHQning ALOTi muvaffaqiyatli ishlashi uchun ta'minlash tizimlarining yagona majmuini yaratish lozim. U yuqori haroratli qurilmalarni loyihalash amaliyotiga ALOTini qo'llashni osonlashtiradi. Ular ichidagi dasturiy va matematik ta'minlash tizimlari asosiylar qatoriga kiradi.

**Dasturiy ta'minlash odatda uch turga bo'linadi:**

- 1). sistemali dasturlash;**
- 2). muammoli dasturlash;**



### ***3).xizmat ko'rsatishni ta'minlash dasturlash.***

Sistemali dasturlash ALOT vositalari majmuining ishlashini tashkil qilish uchun mo'ljallangan. U loyihalovchini maxsus maqsadli soha dasturlari bilan ta'minlaydi. Ular amaliy dasturlar to'plami (ADT) ko'rinishida yaratilgan bo'lishi va muayyan masalalarni hal qilishi, masalan, regenerativ havo qizdirgichning qismlari chizmasini chizib berishi yoki metall buyumlar qizitilgan paytdagi issiqlik hisobini bajarib berishi kerak. Xizmat ko'rsatish dasturi sistemali va muammoli dasturlashga xizmat ko'rsatish uchun mo'ljallangan. U sistemaga xizmat ko'rsatishni qulaylashtiradi va osonlashtiradi. Uning yordamida, masalan, boshqa turdagi EHM da ishlash uchun foydalaniladigan tegishli axborotni tayyorlash mumkin (perfo- va magnit tasmalarini qayta yozish, qayta kodlash va hokazo).

Matematik ta'minlash texnologik qurilmalarning maxsus matematik modellariga va shuningdek, texnologik jarayonlarni boshqarish uchun mo'ljallangan funksional modellarga tayanadi. Loyihalashtirilayotgan qurilmalarni sistemali tahlil qilish uchun va tegishli dastur algoritmlarini ishlab chiqish uchun zarur bo'lgan barcha matematik usullar shular jumlasiga kiradi.

Ahamiyati bo'yicha keyingi o'rinda ta'minlashning texnik vositalari turadi. Ularga EHMLar, termik moslamalar, aloqa asboblari, axborotni aks ettiruvchi va xujjatlashiruvchi vositalar kiradi. Texnik vositalarning ro'yxati doimo kengayib, o'zgarib turadi. Sistemani tashkiliy va uslubiy jihatdan ta'minlash tegishli xujjatlar bilan belgilanadi; ularda ALOT vositalarining tarkibi, tanlanish tartibi va ishlatilishi aks ettiriladi. Ta'minlash vositalari ALOT dan foydalanuvchilarni o'kuv va uslubiy adabiyotlar bilan ta'minlaydi, loyihachilarning texnik malakasini oshirish bo'yicha tegishli chora- tadbirlarni amalga oshiradi.

YuHQ ALOT ini axborot bilan ta'minlashni tashkil qilishga alohida talablar qo'yiladi. YuHQ ni loyihalash uchun quyidagi ma'lumotlar zarur: meyoriy va texnologik axborot, topshiriqlarni ifodalash va sistemani boshqarish tillarining lug'ati, loyihalash obyekti haqidagi axborotlar to'plami, mamlakatimizda va horijda ishlatilayotgan jihozlarning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari haqidagi ma'lumotlar.

Lingvistik ta'minlash loyihalash tillarining majmuidan iborat, ularga maxsus atama va ta'riflar ham kiradi.

### **Asosan uch xil til farq qilinadi:**

**1).dasturlash tili;**

**2). loyihalanadigan obyekt bayon qilinadigan til;**

**3).loyihalash jarayoni boshqariladigan til.**

Maxsus ishlab chiqilgan muammoli-yo'naltirilgan tildan foydalanib, har qanday qurilmani yoki har qanday qism chizmasini kodlash (shartli belgilar bilan yozish) mumkin.

ALOT ning ta'minlash tizimlarini yaratish tegishli soha uchun juda katta muammo hisoblanadi, uni amalga oshirish uchun mutaxassis -loyihachilar va mutaxassis-programmachi (dasturlovchi)lar kuchini birlashtirish lozim.

### **11.9. ALOTni yaratish va rivojlantirish bosqichlari**

**Tayanch iboralar:***ALOTni yaratish va rivojlantirish bosqichlari,kichik modellar paketi, maxsus chetki moslamalar,loyihalash jarayoni, issiqlik ta'minoti tizimi, avtomatlashtirilgan tizimlar.*

ALOT tizimini yaratish birinchi galda loyihalash uchun ko'p miqdorda kapital mablag' va vaqt sarflanadigan qurilmalar uchun rejalashtirilishi lozim. Yuqori haroratli qurilma (YuHQ) lar shular qatoriga kiradi. ALOTni ishlab chiqish juda qimmatga tushishi mumkin, ammo loyihalash paytida u beradigan afzalliklar barcha harajatlarni 3-5 yil davomida to'la qoplaydi.

#### **ALOT rivojlanishining uchta darajasini farqlaydilar:**

**a) kichik modellar paketi yordamida ayrim masalalarni yechish;**

**b) EHM yordamida maxsus chetki moslamalardanva berilgankattaliklar to'plamidan foydalanib va shuningdek, loyihalash jarayoniniva tegishli chizmalarni aks ettiruvchi moslamalarni boshqarish vositalaridan foydalangan holda yirik loyihalash ishlarini bajarish.**

**v) loyihalash jarayonini to'la avtomatlashtirish, ALOT bilan boshqa**

avtomatlashtirilgan tizimlar o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik, sistemani rivojlantirish va uni loyihalashtirilayotgan obyektga moslashtirish imkoniyatlari, sistema bir paytning o'zida ko'p kishilar tomonidan ishlatilganda tegishli so'zlashuv ish holatlarini tashkil qilish.

YuHQning ALOTini yaratish va rivojlantirish paytida bir qator tamoyillarga rioya qilish lozim. Ulardan eng muhimi - sistemaning birligi tamoyili (prinsipi)dir, ya'ni ayrim kichik sistemalar o'rtasidagi aloqalar butun sistemaning yaxlitligini ta'minlashi zarur. Va yana muhim ahamiyatga ega bo'lgani - funksional to'liklik prinsipidir, ya'ni loyihalash ishlarining barcha funksiyalarini asta-sekin kompyuterli asosga o'tkazish. Ahamiyati bo'yicha keyingi o'rinlarda ulanish (qo'shilish) va rivojlanish tamoyillari turadi.

Kelajakda YuHQning ALOTi yanada umumiy bo'lgan ALOT (masalan, qayta tiklangan issiqlikdan foydalanuvchi issiqlik ta'minoti tizimi) tarkibiga kiritiladi, demak, uni shunday tuzish kerakki, unda barcha ta'minlash turlarinn kuchaytirish va takomillashtirish (yoki yangilash) hamda ALOTning eng yuqori va quyi avtomatlashtirilgan tizimlari bilan o'zaro aloqasi ta'minlanishi lozim.

ALOTning rivojlanishi eng oddiy kichik sistemalardan to murakkab sistemalgacha intilish sxemasi bo'yicha amalga oshiriladi. Shuning uchun YuHQ ALOTining tarkibiy qismlari va kichik sistemalarini takomillashtirish va yangilash paytida yuqorida keltirilgan tamoyillarga rioya qilish shart. Loyihalash ishining kelajagi avtomatlashtirilgan tizimlarga bog'lik. Bu kelajakni faqat texnolog, loyihachi va ALOT sohasi bo'yicha maxsus tayyorgarlikdan o'tgan dasturchi (programmachi)larning birgalikda qilgan mexnati natijasida yaqinlashtirish mumkin.

**Nazorat savollar**

1. Asosiy tushunchalar to'g'risida gapirib bering.
2. YuHQ lar ishlashini matematik modellash bosqichlari qancha?
3. Matematik modellarning tuzilishi turlarini aytib bering.
4. YuHQ reaktori matematik modelining asosiy tenglamalarini yozib bering.
5. YuHQ ning ish holatini EHM da optimallashtirish haqida nimalarni bilasiz?
6. YuHQ ni avtomatlashgirilgan loyihalash tizimi (ALOT) qanday ishlaydi?
7. YuHQ ALOTining tarkibi va tuzilishini aytib bering.
8. ALOT ishlashini ta'minlovchi tizimlar to'g'risida gapirib bering.
9. ALOTni yaratish va rivojlantirish bosqichlari turlarini aytib bering.

## **ILOVALAR**

**“Yuqori haroratli jarayonlar va qurilmalar” fanidan Shaxtali kuydirish pechining issiqlik energetik hisobi” mavzusidagi kurs loyihasi variantlaridan**

<b>№</b>	<b>Yoqilg‘ining temperaturasi <math>t=20^0</math> C</b>	<b>Pechning unumdorligi <math>R=kg/sek</math></b>	<b>Namlik miqdori <math>d_{t,m}</math></b>	<b>Zichligi <math>\rho_{t,m}</math></b>	<b>Jarayoning harorat darajasi <math>T_{m,n}^{max}</math></b>	<b>Bo‘laklarning o‘rtacha diametri <math>d_b</math></b>	<b>Termik dissotsiatsiyalashning boshlanish harorati <math>t_t</math></b>
1	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=21^0$ C	$R=1.28kg/sek$	$0.29kg/kg$	$2328kg/m^3$	$1328^0C$	$d_b=0.28m$	$t_t. 927^0C$
2	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=22^0$ C	$R=1.29kg/sek$	$0.30kg/kg$	$2329kg/m^3$	$1329^0C$	$d_b=0.29m$	$t_t. 928^0C$
3	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=23^0$ C	$R=1.30kg/sek$	$0.31kg/kg$	$2330kg/m^3$	$1330^0C$	$d_b=0.30m$	$t_t. 929^0C$
4	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=24^0$ C	$R=1.31kg/sek$	$0.32kg/kg$	$2331kg/m^3$	$1331^0C$	$d_b=0.31m$	$t_t. 930^0C$
5	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=25^0$ C	$R=1.32kg/sek$	$0.33kg/kg$	$2332kg/m^3$	$1332^0C$	$d_b=0.32m$	$t_t. 931^0C$
6	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=26^0$ C	$R=1.33kg/sek$	$0.34kg/kg$	$2333kg/m^3$	$1333^0C$	$d_b=0.33m$	$t_t. 932^0C$
7	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=27^0$ C	$R=1.34kg/sek$	$0.35kg/kg$	$2334kg/m^3$	$1334^0C$	$d_b=0.34m$	$t_t. 933^0C$
8	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=28^0$ C	$R=1.35kg/sek$	$0.36kg/kg$	$23358kg/m^3$	$1335^0C$	$d_b=0.35m$	$t_t. 934^0C$
9	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=29^0$ C	$R=1.36kg/sek$	$0.37kg/kg$	$2336kg/m^3$	$1336^0C$	$d_b=0.36m$	$t_t. 935^0C$
10	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=30^0$ C	$R=1.37kg/sek$	$0.38kg/kg$	$2337kg/m^3$	$1337^0C$	$d_b=0.37m$	$t_t. 936^0C$
11	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=31^0$ C	$R=1.38kg/sek$	$0.39kg/kg$	$2338kg/m^3$	$1338^0C$	$d_b=0.38m$	$t_t. 937^0C$
12	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=32^0$ C	$R=1.39kg/sek$	$0.40kg/kg$	$2339kg/m^3$	$1339^0C$	$d_b=0.39m$	$t_t. 938^0C$
13	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=33^0$ C	$R=1.40kg/sek$	$0.41kg/kg$	$2340kg/m^3$	$1340^0C$	$d_b=0.40m$	$t_t. 939^0C$
14	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=34^0$ C	$R=1.41kg/sek$	$0.42kg/kg$	$2341kg/m^3$	$1341^0C$	$d_b=0.41m$	$t_t. 940^0C$
15	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=35^0$ C	$R=1.42kg/sek$	$0.43kg/kg$	$2342kg/m^3$	$1342^0C$	$d_b=0.42m$	$t_t. 941^0C$
16	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=36^0$ C	$R=1.43kg/sek$	$0.44kg/kg$	$2343kg/m^3$	$1343^0C$	$d_b=0.43m$	$t_t. 942^0C$
17	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=37^0$ C	$R=1.44kg/sek$	$0.45kg/kg$	$2344kg/m^3$	$1344^0C$	$d_b=0.44m$	$t_t. 943^0C$
18	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=38^0$ C	$R=1.45kg/sek$	$0.46kg/kg$	$2345kg/m^3$	$1345^0C$	$d_b=0.45m$	$t_t. 944^0C$
19	Yoqilg‘ining temperaturasi $t=39^0$ C	$R=1.46kg/sek$	$0.47kg/kg$	$2346kg/m^3$	$1346^0C$	$d_b=0.46m$	$t_t. 945^0C$

20	Yoqilg'ining temperaturasi $t=40^{\circ}\text{C}$	$R=1.47\text{kg/sek}$	$0.48\text{kg/kg}$	$2347\text{kg/m}^3$	$1347^{\circ}\text{C}$	$d_b=0.47\text{m}$	$t_t. 946^{\circ}\text{C}$
21	Yoqilg'ining temperaturasi $t=41^{\circ}\text{C}$	$R=1.48\text{kg/sek}$	$0.49\text{kg/kg}$	$2348\text{kg/m}^3$	$1348^{\circ}\text{C}$	$d_b=0.48\text{m}$	$t_t. 947^{\circ}\text{C}$
22	Yoqilg'ining temperaturasi $t=42^{\circ}\text{C}$	$R=1.49\text{kg/sek}$	$0.50\text{kg/kg}$	$2349\text{kg/m}^3$	$1349^{\circ}\text{C}$	$d_b=0.49\text{m}$	$t_t. 948^{\circ}\text{C}$
23	Yoqilg'ining temperaturasi $t=43^{\circ}\text{C}$	$R=1.50\text{kg/sek}$	$0.51\text{kg/kg}$	$2350\text{kg/m}^3$	$1350^{\circ}\text{C}$	$d_b=0.50\text{m}$	$t_t. 949^{\circ}\text{C}$
24	Yoqilg'ining temperaturasi $t=44^{\circ}\text{C}$	$R=1.51\text{kg/sek}$	$0.52\text{kg/kg}$	$2351\text{kg/m}^3$	$1351^{\circ}\text{C}$	$d_b=0.51\text{m}$	$t_t. 950^{\circ}\text{C}$
25	Yoqilg'ining temperaturasi $t=45^{\circ}\text{C}$	$R=1.52\text{kg/sek}$	$0.53\text{kg/kg}$	$2352\text{kg/m}^3$	$1352^{\circ}\text{C}$	$d_b=0.52\text{m}$	$t_t. 951^{\circ}\text{C}$
26	Yoqilg'ining temperaturasi $t=46^{\circ}\text{C}$	$R=1.53\text{kg/sek}$	$0.54\text{kg/kg}$	$2353\text{kg/m}^3$	$1353^{\circ}\text{C}$	$d_b=0.53\text{m}$	$t_t. 952^{\circ}\text{C}$
27	Yoqilg'ining temperaturasi $t=47^{\circ}\text{C}$	$R=1.54\text{kg/sek}$	$0.55\text{kg/kg}$	$2354\text{kg/m}^3$	$1354^{\circ}\text{C}$	$d_b=0.54\text{m}$	$t_t. 953^{\circ}\text{C}$
28	Yoqilg'ining temperaturasi $t=48^{\circ}\text{C}$	$R=1.55\text{kg/sek}$	$0.56\text{kg/kg}$	$2355\text{kg/m}^3$	$1355^{\circ}\text{C}$	$d_b=0.55\text{m}$	$t_t. 954^{\circ}\text{C}$
29	Yoqilg'ining temperaturasi $t=49^{\circ}\text{C}$	$R=1.56\text{kg/sek}$	$0.57\text{kg/kg}$	$2356\text{kg/m}^3$	$1356^{\circ}\text{C}$	$d_b=0.56\text{m}$	$t_t. 955^{\circ}\text{C}$
30	Yoqilg'ining temperaturasi $t=50^{\circ}\text{C}$	$R=1.57\text{kg/sek}$	$0.58\text{kg/kg}$	$2357\text{kg/m}^3$	$1357^{\circ}\text{C}$	$d_b=0.57\text{m}$	$t_t. 956^{\circ}\text{C}$

### Metallarning zichligi

Material	Zichligi, $\text{kg/m}^3$
Po'lat	7850
Kulrang choyan	7250
Mis	8800
Latun	8500
Alyuminiy	2700
Qo'rgoshin	11400

**Har-xil isitish yuzalaridagi ishchi jismning issiqlikni o'ziga olishining taqsimlanishi**

O'ta qizigan bug'ning bosimi, Mpa	O'ta qizigan bug'ning harorati, °C	Ta'minot suvining harorati, °C	Isitish sirtlarida issiqlik taqsimlanishi, %		
			Bug'lan-tiruvchilar	Bug'ni o'ta qizdiruvchilar	Ekonomayzerlar
4	440	145	62	19	19
10	540	215	49	30	21
14	560	230	40	35	25
14	545/545	240	35	44	21
26,5	565/570	260	--	58	42

### Gazlarning atomligi va molekulyar massasi

Ko'rsatkichlar	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	SN <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	SN <sub>3</sub>	Ar	N <sub>2</sub> O	voz-dux	NN <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>
Atomligi	2	2	2	2	3	5	3	4	1	2	3	4	3
Molekulyar massasi	32	2	28	28	44	16	64	17	40	18	29	17	64

### Gazlarning molyar issiqlik sig'imi

Gazlar	Issiqlik sig'imi, kJ/kmol·°C
--------	------------------------------

	$\mu_{SV}$	$\mu_{CR}$
Bir atomli	12,56	20,93
Ikki atomli	20,93	29,31
Uch va ko'p atomli	29,31	37,68

### Gazlarning massaviy va hajmiy issiqlik sig'irlari

Gaz	Issiqlik sig'iri, kJ/kg·°C	
	massaviy	hajmiy
1	2	3
O <sub>2</sub>	$s_{rm} = 0,9127 + 0,00012724 \cdot t$	$c'_{rm} = 1,3046 + 0,00018183 \cdot t$
	$c_{vm} = 0,6527 + 0,00012724 \cdot t$	$c'_{vm} = 0,9337 + 0,00018183 \cdot t$
N <sub>2</sub>	$s_{rm} = 1,0258 + 0,00008382 \cdot t$	$c'_{rm} = 1,2833 + 0,00010492 \cdot t$
	$c_{vm} = 0,7289 + 0,00008382 \cdot t$	$c'_{vm} = 0,9123 + 0,00010492 \cdot t$
SO	$s_{rm} = 1,0304 + 0,00009575 \cdot t$	$c'_{rm} = 1,2883 + 0,00011966 \cdot t$
	$c_{vm} = 1,7335 + 0,00009575 \cdot t$	$c'_{vm} = 0,9173 + 0,00011966 \cdot t$
Havo	$s_{rm} = 0,9952 + 0,00009349 \cdot t$	$c'_{rm} = 1,2870 + 0,00012091 \cdot t$
	$c_{vm} = 0,7084 + 0,00009349 \cdot t$	$c'_{vm} = 1,9161 + 0,00012091 \cdot t$
N <sub>2</sub>	$s_{rm} = 1,8401 + 0,00029278 \cdot t$	$c'_{rm} = 1,4800 + 0,00023551 \cdot t$
	$c_{vm} = 1,3783 + 0,00029378 \cdot t$	$c'_{vm} = 1,1091 + 0,00023551 \cdot t$
SO <sub>2</sub>	$s_{rm} = 0,6314 + 0,00015541 \cdot t$	$c'_{rm} = 1,8472 + 0,00004571 \cdot t$



	$c_{vm}=0,5016+0,00015541 \cdot t$	$c'_{vm}=1,8472+0,00004571 \cdot t$
0 - 1500 °C haroratlar chegarasida o'rtacha issiqlik sig'imi		
N <sub>2</sub>	$s_{rm} = 14,2494+0,00059574 \cdot t$	$c'_{rm} = 1,2803+0,00005355 \cdot t$
	$c_{vm}=10,1241+0,00059574 \cdot t$	$c'_{vm}=1,9094+0,00005355 \cdot t$
SO <sub>2</sub>	$s_{rm} = 0,8725+0,00024053 \cdot t$	$c'_{rm} = 1,7250+0,00004756 \cdot t$
	$c_{vm}=0,6837+0,00024053 \cdot t$	$c'_{vm}=1,3540+0,00004756 \cdot t$

### Kislorodning issiqlik sig'imi

Harorat, ° C	Issiqlik sig'imi, kJ/kmol·°C			
	massaviy		hajmiy	
	$s_{rm}$	$c_{vm}$	$c'_{rm}$	$c'_{vm}$
0	0,9148	0,6548	1,3059	0,9349
100	0,9232	0,6632	1,3176	0,9466
200	0,9353	0,6753	1,3352	0,9462
300	0,9500	0,6900	1,3561	0,9854
400	0,9651	0,7051	1,3775	1,0065
500	0,9793	0,7193	1,3980	1,0270
600	0,9927	0,7327	1,4168	1,0459
700	1,0048	0,7448	1,4344	1,0634
800	1,0157	0,7557	1,4479	1,0789
900	1,0258	0,7658	1,4645	1,0936

1000	1,0350	0,7750	1,4775	1,1066
1100	1,0434	0,7834	1,4892	1,1183
1200	1,0509	0,7913	1,5005	1,1296
1300	1,0580	0,7984	1,5106	1,1396

### Azotning issiqlik sig'imi

Harorat, °C	Issiqlik sig'imi, kJ/kmol·°C			
	massaviy		hajmiy	
	$S_{rm}$	$C_{vm}$	$c'_{rm}$	$c'_{vm}$
0	1,0392	0,7423	1,2987	0,9278
100	1,0404	0,7427	1,3004	0,9295
200	1,0434	0,7465	1,3038	0,9328
300	1,0488	0,7519	1,3109	0,9399
400	1,0567	0,7599	1,3205	0,9496
500	1,0660	0,7691	1,3322	0,9613
600	1,0760	0,7792	1,3452	0,9743
700	1,0869	0,7900	1,3586	0,9877
800	1,0974	0,8005	1,3716	1,0006
900	1,1078	0,8110	1,3845	1,0136
1000	1,1179	0,8210	1,3971	1,0178
1100	1,1271	0,8302	1,4089	1,0379

1200	1,1359	0,8395	1,4202	1,0492
1300	1,1447	0,8478	1,4306	1,0597

**Is gazi(SO)ning issiqlik sig'imi**

Harorat, °C	Issiqlik sig'imi, kJ/kmol·°C			
	massaviy		hajmiy	
	$c_{sm}$	$c_{vm}$	$c'_{rm}$	$c'_{vm}$
0	1,0396	0,7427	1,2992	0,9282
100	1,0417	0,7448	1,3007	0,9307
200	1,0463	0,7494	1,3071	0,9362
300	1,0538	0,7570	1,3167	0,9458
400	1,0634	0,7666	1,3289	0,9579
500	1,0748	0,7775	1,3427	0,9718
600	1,0861	0,7892	1,3574	0,9864
700	1,0978	0,8009	1,3720	1,0011
800	1,1091	0,8122	1,3862	1,0153
900	1,1200	0,8231	1,3996	1,0287
1000	1,1304	0,8336	1,4126	1,0417
1100	1,1401	0,8432	1,4248	1,0538
1200	1,1493	0,8566	1,4361	1,0651
1300	1,1577	0,8608	1,4465	1,0756

### Karbonat angidridning issiqlik sig'imi

Harorat, °C	Issiqlik sig'imi, kJ/kmol·°C			
	massaviy		hajmiy	
	$s_{m}$	$c_{vm}$	$c'_{m}$	$c'_{vm}$
0	1,8148	0,6259	1,5998	1,2288
100	1,8658	0,6770	1,7003	1,3293
200	1,9102	0,7214	1,7373	1,4164
300	1,9487	0,7599	1,8627	1,4918
400	1,9826	0,7938	1,9297	1,5587
500	1,0128	0,8240	1,9887	1,6178
600	1,0396	0,8508	2,0411	1,6701
700	1,0639	0,8746	2,0884	1,7174
800	1,0852	0,8964	2,1311	1,7601
900	1,1045	0,9157	2,1692	1,7982
1000	1,1225	0,9332	2,2035	1,8326
1100	1,1384	0,9496	2,2349	1,8640
1200	1,1530	0,9638	2,2638	1,8929
1300	1,1660	0,9772	2,2898	1,9188

### Suv bug'ining issiqlik sig'imi

Harorat, °C	Issiqlik sig'imi, kJ/kmol·°C			
	massaviy		hajmiy	
	$s_{m}$	$c_{vm}$	$c'_{m}$	$c'_{vm}$
0	1,8596	1,3980	1,4943	1,1237
100	1,8728	1,4114	1,5052	1,1342
200	1,8937	1,4323	1,5223	1,1514
300	1,9192	1,4574	1,5424	1,1715
400	1,9477	1,4863	1,5654	1,1945
500	1,9778	1,5160	1,6148	1,2188
600	2,0092	1,5474	1,6402	1,2439
700	2,0419	1,5805	1,6402	1,2703
800	2,0754	1,6140	1,6680	1,2971
900	2,1097	1,6483	1,6957	1,3247
1000	2,1436	1,6823	1,7229	1,3519
1100	2,1771	1,7158	1,7501	1,3791
1200	2,2106	1,7488	1,7769	1,4059
1300	2,2429	1,7815	1,8028	1,4319

## **FOYDALI MA'LUMOTLAR-MASLAHATLAR**

Yuqori haroratli jarayonlar va qurilmalar – energetika sohalari va a'nanaviy energiya manbalari asosiy masaladir. Bu masalani hal etishda konstruksiya elementi ishlash sharoiti va qanday maqsadda foydalanishini hisobga olib mos kelgan material tanlab olinishi zarur.

Fanining rivoji va takomillashuvida asosiy namoyonda (olim) larning xizmatlari beqiyosdir. O'quv jarayonida o'qitiladigan amaliy fanlardan birinchisi bo'lib, talabani ilk bor muxandislik olamiga olib kiradi va yuqori malakali muxandislar tayyorlashda muhim o'rin egallaydi.

Kelajakda engil elementlar sintezidan hosil bo'ladigan termoyadro

energiyasidan foydalanish muammosi ustidan ishlar olib borilmoqda. Bu muammo hal etilsa, energiya zahiralarning tugab borayotganligiga qaramasdan insoniyat energiyaga bo'lgan kelajakdagi ehtiyoji to'la qondirilishi mumkin.

Energetik tizimlarni loyihalashtirayotganda, ularni rivojlantirish va foydalanish davomida atrof muhitga ta'siri barcha jihatlarini tomonidan ko'rib chiqilishi kerak. Shuning uchun muhandis-energetikka tabiat va unda bo'layotgan hodisalar to'g'risida bilimlar juda zarur.

Zamonaviy muhandis nafaqat maxsus texnik doirada yaxshi fikrlashi kerak, balki qabul qilinayotgan qarorlarni atrof muhitga ta'sirini ko'ra bilishi lozim. Masalan, suv elektr stansiyasi qurilishda, katta joydagi erlarni suvga ko'milishi oqibatida aholini yashash joylaridan ko'chirishga to'g'ri keladi, bu o'z navbatida odamlarning kundalik hayotini o'zgartirishga va qishloq xo'jaligiga zarar etkazishga olib keladi. Bundan tashqari bu stansiyaning qurilishi tabiat mikroklimatiga ham ta'sir etadi. Agar qo'llanilayotgan birlamchi energiya manbalarini 100% deb hisoblasak, undan faqat 30-40% energiya olinadi; energiyani qolgan katta qismi issiqlik ko'rinishida yo'qotiladi.

Energiya yo'qotishlar asosan hozirgi davrdagi energetik mashinalarning texnik tavsiflari bilan ifodalanadi.

Bizni koinotimizda 6 mlrd. odam yashashligini hisobga olsak, yil davomida har bir odamga  $25 \text{ mlrd.t} / 6 \text{ mlrd.odam} = 4,1$  tonna energetik zahira to'g'ri keladi. Issiqlik kondensasion elektr stansiyalar organik yoqilg'i energiyasini avval mexanik, so'ngra elektr energiyasiga aylantirib beradi.

Bug' qozonlarini samaradorligini oshirish uchun suv barabaniga berilishdan oldin eknomayzerda 5, o'txonaga berilayotgan havo esa havo qizdirgichda 6 isitiladi. Barabandan chiqayotgan bug' qozonlarda suv va suv-bug' qarishmasi ularning zichliklar hisobiga tabiiy aylanadi. Bug'ni harorati va bosimi ortishi bilan suv-bug' zichliklari farqi kamayadi va aylanishi yomonlashadi.

Bug' qozonidan  $6000^{\circ}\text{C}$  haroratda va 30 MPa bosimda olingan bug' bug'quvuri orqali soploga uzatiladi. Soplo bug' ichki energiyasi molekulasini tartibli harakati kinetik energiyasiga qayta hosil qilib berish uchun mo'ljallangan.

Hozirgi davrda turbinalar ko'p pog'onali qilib yasaladi, bir turbinaning o'zida ham reaktiv, ham aktiv turbina jam qilinishi mumkin.

IEM da markazlashgan issiqlik bilan ta'minlangan holda, 20-30% elektr energiyasi ishlab chiqarish mumkin. Kondensatsion stansiya ishi faqat katta miqdorda elektr energiyasi ishlab chiqarish bilan izohlanadi. Shuning uchun, IEM ning afzalliklari bo'lishiga qaramasdan, kelajakda asosan kondensasion elektr stansiyalari quriladi.

IEM larda keng miqiyosda gaz turbina qurilmalari dan foydalanilmoqda. Ularda ishchi jism sifatida yoqilg'i yonish mahsulotlari, katta bosim va haroratda qizdirilgan havodan foydalanilmoqda. GTQ da gazlarni issiqligini turbina rotorini aylantirish kinetik energiyasiga qayta hosil qilinadi. Konstruktiv va energiyani qayta hosil qilish jihatidan gaz turbinalar bug' turbinalardan farq qilmaydi. Lekin gaz turbinalar bug' turbinalarga qaraganda ixchamroq.

GTQ da ishlatilgan gazlar yuqori haroratga ega bo'ladi, bu esa termodinamik siklning FIK ga salbiy ta'sir etadi. Gaz va bug' turbina qurilmalarini birlashtirish, yoqilg'ini yonishdan hosil bo'lgan issiqlikdan umumiy foydalanish hisobiga ishchi qurilmaning samaradorligini 8-10% ga oshiradi va tannarxini 25% ga kamaytiradi. Oxirgi vaqtlarda gorizontaal agregatlar (kapsulalar) qo'llana boshladi, ularda generator suv o'tmaydigan germetik kapsulaga joylashtirilgan. Bu agregatlar gidravlik xususiyatlarining yaxshiligi hisobiga ularning FIK yuqori (95-96%).

Pechning energiya, uran yadrosining parchalanishi natijasida hosil bo'lgan energiyadan issiq bug' yoki gaz olinib undan elektr energiyasi hosil qilinadi. Uran yadrosining parchalanishi uni neytronlar bilan bombardimonlash hisobiga sodir bo'ladi, buning natijasida yadro parchalari-neytronlar va boshqa parchalanish mahsulotlari hosil bo'ladi. Ular katta tezliklarga, ya'ni kinetik energiyaga ega. Yadro bo'linishi natijasida hosil bo'lgan energiya to'liq issiqlikka aylantiriladi. Boshqariladigan zanjirli yadro bo'linish reaksiyasi ketadigan qurilmaga yadro reaktori deyiladi. Energetik reaktorning quvvati, aktiv zonadan issiqlikni tez olish imkoniyatlari bilan belgilanadi.

AES xavfsizligini ta'minlashda birinchi navbatda uni aholi joylaridan 180-200



km uzoqlikda joylashtirish zarur. Bu joy seysmik jihatdan xatarsiz bo'lishi lozim. Qo'lga kiritilgan yutuqlarga qaramasdan MGD-generatorlar uchun ishlatiladigan material olish hozirgacha hal etilgani yo'q. Elektr energiyasini bo'linishi cheksiz imkoniyatlar beradi. Katta va kichik quvvatlarga ega bo'lga qurilmalarni yaratishga imkon beradi.

Sanoat korxonalarini ishlab chiqarish sur'atlarini oshirish, yordamchi robot qurilmalarini elektrlashtirilganiga ham bog'liq. Yordamchi va transport ishlarini elektrlashtirish, asosiy ishlab chiqarish vositalarini ishlab chiqarishdan ko'ra 3-4 marotaba samarali.

Kelajakda shahar ichki transportida, elektr energiyasini akkumlyatordan oluvchi, elektromobil va elektrobuslardan foydalanish kutilmoqda. Tizimdagi iste'mol sur'atlari pasayganda, akkumlyatorlarni zaryadlab olish mumkin. Insoniyat faoliyati natijasida har yili atmosferaga (350-400) (106 tonna chang chiqarib yuboriladi, tabiiy ofatlar natijasida esa bu ko'rsatkichdan 10 barobar ko'p chang chiqarilib yuboriladi.

Atmosferaga chiqarilib yuborilayotgan chang va boshqa chiqindilar koinotimiz bo'ylab notekis tarqalgan. Shahar joylarining changlanganligi qishloq joylariga qaraganda 9-10 marotaba yuqori.

Energetikani rivojlanishi natijasida erning yuza qismi ham ifloslanmoqda. Toshko'mirda ishlovchi IES va qozon qurilmalari katta kultepalar hosil qilinib, 1 GVt quvvatga ega IES yiliga yuzasi 0,5 km<sup>2</sup> va balandligi 2 metr bo'lgan kultepa hosil qiladi. Kultepalarni kulini qurilish materiallari sifatida foydalanish hozirgi davrda eng muhim masalalaridan biri.

Mutaxassislar fikriga ko'ra, biosfera muammosini echish va uni zahiralarini muhofaza qilish uchun, atrof muhitga inson tomonidan etkazilayotgan o'zgarishlar to'g'risidagi bilimlarni oshirish zarur va bu zararli ta'sirlarni kamaytirish yo'llarini izlash kerak.

## FANNING IZOHLI LUG'ATI ( GLOSSARIY)

- 1. Yuqori haroratli jarayonlar** – yuqori haroratlarni tashkil etilishi .
- 2. Yoqilg'ilar** –(mazut,gaz,koks gazi,kumir) .
- 3. Gorelkalar**-yoqish qurilmalari .
- 4. Texnologik qurilmalar** – issiqlik bilan ishlov berish .
- 5. Pishirish** –xar xil jisimlarni aniq issiqlikda pishirish .
- 6. Murakkab jarayonlar** –yoqilarni yonishi,gazlanish,tutun gazlarini harakati .
- 7.Eelektrik pechlar**-elektr energiyasida ishlovchi pechlar.
- 8. Elektr yoyi** –elektr qizdirgichlar,elektr tegel, elektr oqim.
- 9. Sanoat pechlari** –sanoatda ishlatiladigan barcha pechlar (erituvchi qizdiruvchi, pishiruvchi ).
- 10. Ishchi bushlig'i**–(kamerali ,shaxtali ,tunelli).
- 11. Gz harakati** –yongan gazlarning harakatlanishi, issiqlikni uzatilishi .
- 12. Izolyatsion materiallar** – o'tga chidamli materiallar , qoplamalar
- 13. Regenerativ qurilma** – havoni yongan gazlar hisobiga qizdirib beruvchi

qurilmalar.

14. **Marten pechi** – aka –uka Martenlar sharafiga quyilgan ular ixtiro qilgan .

15. **Issiqlikni ishlatish qurilmasi** –pechdan chiqayotgan gaz issiqligini ishlatish uchun xizmat qiladi .

16. **So'rish qurilmasi** –yonib bo'lgan gazni havoga chiqarish xizmat qiladi .

17. **Havo haydash qurilmasi** –yonilg'i yonish uchun kerak bo'lgan havoni yetkazib beradi.

18. **Mexanik jih'ozlar**- pech ichidagi qizdirilayotgan jisimlarni h'arakati uchun xizmat qiladi .

19. **Avtomatik rostlagichlar** – pech ichidagi va tashqarida bo'ladigan jarayonlarni rostlash uchun xizmat qiladi .

20. **Sanoat pechlarining klassifikatsiyasi** – texnologik yo'nalishiga qarab (metallurgiya, mashinasozlik, qurilish).

21. **Domna pechining vazifalari** – chuyan eritish uchun xizmat qiladi .

22. **Koks gaz** –toshko'mirni havosiz muhitda qizdirish orqali olinadi.

### **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.**

1.Алимбоев А.У. Саноат ва иситиш қозонхоналари. Ташкент.ТашГТУ, 1998-130б.

2.Қаландаров Р.Конструкция материаллар технологияси.Тошкент “Ўқитувчи” 1989й.254б.

3.Алимбоев А.У. Юқори ҳароратли техник жараёнлар ва қурилмалар. Ўқув кўлланма. Тошкент давлат техника университети. Тошкент, 2002. 140 б.

4.Алимбоев А.У. Юқори ҳароратли техник жараёнларни моделлаш. Ўқув кўлланма.ТошДТУ.2002 йил.64 б.

5.Беляев А.А. Сжигание высокозольных топлив в топках с кипящим слоем промышленных котлов. – М.: МЭИ. 2004 г.

Асосий адабиётлар

6.Rafael Kandiyoti Alan Herod Bartle Trevor Morgan, Solid Fuels and Heavy Hydrocarbon liquids: Thermal Characterization and Analysis, 2016

7.Zhongyang lu Michalis Agraniotis, Low-rank Coals gor Power Generation,Fuel

and Chemical Production, 2017.

8.Шукин А.А.Промышленниу печи и газове хозяйство заводов .Учебник.-М:Энергия, 2001,-224 с.

9.Ключников А.Д.Высокотемпературные теплотехнические процессы и установки.Учебное пособие.-М:Энергоатомиздат,2004,-336 с.

10.Клименко А.В.Промешленная теплоэнергетика и теплотехника.Справочник(Теплоэнергетика и теплотехника, Кн.4),4-е издание.-М: МЭИ,2007.-632 с.

11.Лебедев О.Д.,Щукин А.А. Теплоиспользующие установки промишленных предприятий.Учебник.М: «Энергия» 2000.

12.Чечеткин А.В.Высокотемпературные теплоносители. Учебник.М: «Энергия» 2001.

13.Забродский С.С. Высокотемпературные установки с псевдоожиженным слоем.Учебник.М: «Энергия» 2001.

14.Несенчук А.П.Огнетехнические установки и топливоснабжение.. Учебник.М: Высшая школа, 2002.

15.Аверин С.И.Расчет на нагревательных печей. Учебник.-Харьков. 2009.

16.Вальченко Н.А.,Гурко В.В. Практические пособие по выполнению курсового проекта по курсу «.Высокотемпературные теплотехнические процессы и установки».-ГГТУ.2001.

17.Основы современной энергетики. Том 1. современная теплоэнергетика. – М.: МЭИ, 2004 г., - 376 с.

18.Всероссийскому теплотехническому институту 80 лет. Спец. Выпуск журнала «Теплоэнергетика». 2001 г. – 125 с.

19.Под.ред. Седлова А.С. Повышение экологической безопасности ТЭС. Учебное пособие для вузов. – М.: МЭИ. 2001 г. – 370 с.

20.Троянкин Ю.В. Проектирование и эксплуатация высокотемпературных технологических установок. – М.: МЭИ. 2002 г. – 324 с.

21.Alimbaev A.U.Sanoatdagi ikkilamchi energiya manbalari. O'quvqo'llanmasi.Toshkent, ToshDTU, 1996 , 72 bet.

22. Лебедев О. Д., Щукин А. А. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий(учебник). М., «Энергия», 2000.
23. Четкин А. В. Высокотемпературные теплоносители(учебник). М., «Энергия», 2001.
24. Забродский С. С. Высокотемпературные установки с псевдооживленным слоем(учебник). М., «Энергия», 2001.
25. Несенчук А.П. Огнетехнические установки и топливоснабжение(учебник). –М.: Высшая школа, 2002.256с.
26. Аверин С.И. Расчет на нагревательных печах(учебник). –Харьков.2009.325с.
27. Жуковский В.В. Пособие для машинистов и операторов котельной. – СПб.: ЦОТПБСП, 2003. -108 с.
28. Под общей редакцией Е.В. Аметистова. Основы современной энергетики. Современная теплоэнергетика. –М., МЭИ. 2004г. 375с.
29. Дорохов Е.В. Управление качеством в теплоэнергетике. –М., МЭИ. 2003г. 50с.
30. Александровский В.Н. Элементы конструкций теплотехнических устройств. –М., МЭИ. 2000г.40с.
31. Росляков п .в . Малотоксичные горелочные устройства. –М., МЭИ. 2002г.60с.
32. Попов С.К. Разработка и расчет тепловых схем термодинамически идеальных установок. Теория и алгоритмы. –М., МЭИ. 2005г.60с.
33. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. Вычислительные методы для инженеров. –М., МЭИ. 2003г.596с.
34. Троянkin Ю.В. Проектирования и эксплуатация высокотемпературных технологических установок. –М., МЭИ. 2002г.320с.

## **INTERNET SAYTLARI**

1. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)
2. [www.twirpx.ru](http://www.twirpx.ru)

3. [www.03-ts.ru](http://www.03-ts.ru)
4. [www.aseanenergy.org](http://www.aseanenergy.org)
5. [www.iea.org](http://www.iea.org)
6. [www.tgv.khstu.ru](http://www.tgv.khstu.ru)
7. [www.polytech.sfu-kras.ru](http://www.polytech.sfu-kras.ru)

## MUNDARIJA

<b>K I R I SH</b> .....	5
<b>I-BOB. YUQORI HARORATLI JARAYON HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHA</b>	
1.1.Sanoat pechlari haqida tushunchalar.....	7
1.2. Sanoat pechlarining tasnifi.....	9
1.3. Sanoat pechlarining prinsipial sxemalari.....	11
Nazorat savollar.....	15
<b>II - BOB. YOQILG'I BILAN ISHLAYDIGAN PECHLAR</b>	
2.1.Tunelli va shaxtali pechlar.....	16
2.2.Mavhum qaynovchi qatlamli pechlar. Aylanuvchi barabanli pechlar.....	20
2.3. Rejali (metodik) va kamerali qizdirish eritish pechlari.....	23
2.4. Metall erituvch marten pechi. Yallig' pechlar.....	26
2.5. Siklonli pishirish va eritishpechi.....	35
Nazorat	

savollar.....41

### **III-BOB.YOQILG'IDAN FOYDALANISH USULLARI**

3.1.Yuqori haroratli qurilmalarda yoqilg'idan foydalanishva ularni tejash.....	42
3.2. Energiya manbalarining umumiy tasnifi.....	45
3.3. Organik yoqilg'i va uning tasnifi.....	47
3.4.Tabiiy va sun'iy qattiq yoqilg'i.....	50
3.5.Suyuq va gaz yonilg'isi.....	58
3.6. Yoqilg'i issiqligi va havoning ortiqchalik koeffitsienti.....	71
3.7.Yoqishni yoqish usullari.....	74

Nazorat

savollar.....81

### **IV-BOB. ELEKTRIK PECHLAR**

4.1.Elektr energiyasi yordamida qizdirish usullari.....	82
4.2.Qarshilik pechlari. Induksion yuqori chastotali qizdirish.....	83
4.3.Yoyli qizdirish va eritish.....	86

Nazorat

savollar.....87

### **V-BOB.YUQORI HARORATLI JARAYONLARDA BO'LADIGAN HARAKATLAR**

5.1.Elektron - nurli qizdirish va eritish.....	88
5.2. Plazmali qizdirish va eritish.....	90
5.3.Optik qizdirish va eritish.....	92
Nazorat savollar.....	93

### **VI- BOB. JISMGA NURLANISH BILAN ISSIQLIK BERILISHI**

6.1.Metalga nurlanish bilan berilgan issiqlik miqdori.....	94
6.2. Domna pechidagi issiqlik almashinuvi.....	95
6.3. Issiqlikni domna pechidagi regeneratsiya sxemasi.....	96
6.4.Domnada choyan eritish va uning xususiyatlari.....	97
6.5.Po'latni chig'irlab yoyish jarayoni tavsifi.....	99
Nazorat savollar.....	103

## **VII - BOB. PECHLARDA ISSIQLIK ALMASHUV JARAYONI**

7.1. Yuqori haroratli jarayonlarda issiqlik almashuvini tashkil etish.....	104
7.2. Ichki va tashqi issiqlik almashuvi.....	108
7.3. YuHQ lardagi issiqlik almashuvining holatlari.....	111
7.4. Pechning ishchi bo‘shlig‘idagi tashqi issiqlik almashuvi.....	113
7.5. Yo‘naltirilgan va bilvosita amalga oshiriladigan nurlanishli (radiatsion) issiqlik almashuvi.....	114
7.6. Zich (filtrlovchi), yuqoridan tushuvchi va mavhumqaynayotgan material qatlamidagi tashqi issiqlik almashuvi.....	116
7.7. Qizigan gazlar resirkulyasiyasi (qayta kiritilishi) va YuHQ larning issiqlik samaradorligini oshirish.....	119
Nazorat savollar.....	126

## **VIII-BOB.METALNI QIZDIRISHNING RATSIONAL TEXNOLOGIK ASOSLARI**

8.1. Qizdirilayotgan metal ichida bo‘ladigan jarayon.....	127
8.2. Yupqa materiallarni qizdirish. Hajmi katta materiallarni qizdirish.....	129
8.3. Jismda haroratning taqsimlanishi.....	132
8.4. Jismni bir xil haroratda qizdirish.....	133
8.5. Jismni notekis harorat maydonida qizdirish. Jismni o‘zgarmas issiqlik oqimida qizdirish.....	134
8.6. Texnologik chiqindilarning klassifikatsiyasi.....	135
Nazorat savollar.....	140

## **IX-BOB.PECHDAN CHIQUYOTGAN TUTUN GAZLARIDAN FOYDALANISH**

9.1. Regenerativ issiqlik almashuv qurilmalari. G‘ishtli regeneratrlar.....	141
9.2. Keramik (sopol) rekuperatorlar.....	144
9.3. Metaldan tayyorlangan rekuperatorlar. Cho‘yan rekuperatorlar.....	146
9.4. Nurlanishli (radiasion) po‘lat rekuperatorlar.....	150
9.5. Bug‘li qozon utilizatorlar.....	154
Nazorat savollar.....	155



## **X- BOB. SANOAT PECHINING ISSIQLIK MUVOZANATI**

10.1. YuHQ larning issiqlik balansi (muvozanatlari).....	156
10.2. YuHQ lardagi foydali ish koeffitsientlari.....	159
10.3. YuHQ lardagi issiqlik balansi qismlarini hisoblash.....	161
10.4. Yoqilg'ini solishtirish sarfi va uni kamaytirish usullari.....	166
10.5. Metallurgiya zavodining issiqlik balansi (muvozanati).....	168
10.6. Ayrim sanoat korxonalarining issiqlik balansi.....	171
Nazorat savollar.....	179

## **XI-BOB. YUQORI HARORATLI QURILMALARNI MATEMATIK MODELLASH VA LOYIHALASH**

11.1. Asosiy tushunchalar.....	180
11.2. YuHQ lar ishlashini matematik modellash bosqichlari.....	184
11.3. Matematik modellarning tuzilishi.....	186
11.4. YuHQ reaktori matematik modelining asosiy tenglamalari.....	190
11.5. YuHQ ning ish holatini EHM da optimallashtirish.....	194
11.6. YuHQ ni avtomatlashirilgan loyihalash tizimi (ALOT).....	198
11.7. YuHQ ALOTining tarkibi va tuzilishi.....	200
11.8. ALOT ishlashini ta'minlovchi tizimlar.....	203
11.9. ALOTni yaratish va rivojlantirish bosqichlari.....	205
Nazorat savollar.....	206
<b>ILOVALAR</b> .....	207
<b>GLOSSARIY (IZOHLI SO'ZLAR)</b> .....	220
<b>FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR</b> .....	221