

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

QARSHI MUHANDISLIK IQTISODIYOT INSTITUTI

«Issiqlik energetikasi» kafedrası

« IKKILAMCHI ENERGIYA RESURSLARI» fanidan



5310100 - Energetika (issiqlik energetikasi)

bakalavr ta'lim yo'nalishi talabalari uchun

MA'RUZALAR MATNI

Qarshi – 2022 yil

Tuzuvchi:

I.Muradov,Kamolov Bekzod

QMII “Issiklik **energetikasi** ”

kafedra

Taqrizchilar: **Vardiyashvili A.A.** - QDU “Kasbiy talim” kafedra
mudiri , t.f.n. dots.. **T.A.Fayziev** – QMII “Issiklik
energetikasi” kafedra dotsenti, t.f.n.

Uslubiy ko’rsatmadan 5310100 – «Issiklik energetika» bakalavr ta’lim
yo’nalishlari talabalari foydalanishlari mumkin bo’lib, unda «Energetik balans va
ikkilamchi energiya manbalari» fanining eng muhim mashg’ulotlarini bajarish
uchun namunalar keltirilgan.

Uslubiy ko’rsatma “Issiklik energetikasi” kafedra (Bayon № _____ yil)
Energetika fakulteti uslubiy komissiyasi (Bayon № _____ yil) va Institut
Uslubiy kengashi (Bayon № _____ yil) yig’ilishlarida ko’rib chiqilgan va o’qub
jarayonida foydalanishga tavsiya etilsin

@ Qarshi muhandislik iqtisodiyot instituti

ASOSIY SHARTLI BELGILAR

T – absolyut temperatura, K;
 t – muzning erish nuqtasidan hisoblanadigan temperatura, °C;
 Δt – temperaturalar farqi, °C;
 ρ – zichlik, kg/m³;
 v – solishtirma hajm, m³/kg;
 V – hajm, m³;
 m – massa, kg;
 p – bosim, Pa (N/M²), kPa, MPa;
 Δp – bosimlar farqi, Pa (N/m²), kPa, MPa;
 R – gaz doimiysi, J/(kg·K);
 μ – molekulyar massa;
 c – solishtirma issiqlik sig‘imi, kJ/(kg·K);
 c^1 – solishtirma hajmiy issiqlik sig‘imi, kJ/(m³·K);
 μc – molyar issiqlik sig‘imi, kJ/(kmol·K);
 q – solishtirma issiqlik miqdori, J/kg;
 Q – issiqlik miqdori, J;
 ℓ – ish, J/kg;
 u – ichki energiya, J/ kg
 Δu – ichki energiyaning o‘zgarishi, J/kg;
 h – solishtirma entalpiya, J/kg;
 Δh – entalpiyaning o‘zgarishi, J/kg;
 s – entropiya, J/(kg·K);
 Δs – entropiyaning o‘zgarishi, J/(kg·K);
 r – bug‘ hosil qilish issiqligi, kJ/kg;
 d – namlik miqdori, g/kg quruq havo;
 φ – nisbiy namlik, %;
 B – yoqilg‘i sarfi, kg/s;
 b – yoqilg‘ining solishtirma sarfi, kg/(kVt·s);
 D – bug‘ unumdorligi, kg/s;
 Q_q, Q_{yu} – yoqilg‘ining quyi va yuqori yonish issiqligi, kJ/kg;
 ε – sovitish koeffitsienti, siqilish darajasi;
 η_t – termik F.I.K;
 χ – issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti, Vt/(m·K);
 α – issiqlik berish koeffitsienti, Vt/(m²·K);
 k – issiqlik uzatish koeffitsienti, Vt/(m²·K);
 N – quvvat, kVt.

ANNOTASIYA

Ushbu ma'ruza matnlari to'plami 5310100 – energetika (tarmoqlar bo'yicha) bakalavr yo'nalishida ta'lim olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan bo'lib, unda «Energetik balans va ikkilamchi energiya manbalari» fanidan o'qitilayotgan asosiy ma'ruzalar berilgan.

To'plamda Issiqlik va elektr energiyasini ishlab chiqarishda foydalanish mumkin bo'lgan texnologik jarayonlar hamda bu jarayonni vujudga keltiradigan qurilmalar tavsifi, ularning ishlash prinsipi to'g'risidagi ma'ruzalar jamlangan.

АННОТАЦИЯ

Конспект лекции по дисциплине «Вторичные энергоресурсы и энергетический баланс» предназначен для бакалавров по направлению 5310100 – энергетика (по отраслям). В сборнике приведены конспекты лекции по процессам и установкам используемые для выработки тепла и электрической энергии.

ANNOTATION

The Synopsis to lectures on discipline "Secondary energy facility" is intended for block on direction 5310100 - "Energetika". In collection are brought synopses to lectures on process and installation used for production of the heat and electric energy.

SO'Z BOSHI

Zamonaviy fan-texnikaning rivojlanib borishi bilan bir paytda tabiatda mavjud bo'lgan tabiiy-energetik resurslardan foydalanish jarayonida ko'pdan ko'p isroflarga yo'l qo'yilib kelinmoqda. Sanoatning deyarli 90 % soxalarida ishlatilayotgan yoqilg'i energiyasining 70–75 % qismi chiqindi sifatida tutun gazlari, kul va boshqa aralashmalar bilan atmosferaga tashlab yuboriladi. Bu esa avvalo atmosfera muhitining ekologik jixatdan ifloslanishiga xamda yoqilg'ining issiqligini asosiy qismini ishlatilmasdan tashlab yuborilishiga olib keladi.

Ushbu fan bo'yicha ma'ruzalar issiqlik energetikasi yo'nalishi bo'yicha bakalavr darajasi oladigan talabalar bilim darajasini oshirish, ularga ikkilamchi energiya turlarini hosil bo'lishi haqida boshlang'ich ma'lumotlarni berishda ko'maklashish maqsadida tuzilgan. Fan bo'yicha xozirgacha o'zbek tilida qo'llanmalarni deyarli bo'lmaganligi sababli, taqdim etilayotgan ma'ruzalarda ba'zi kamchiliklar bor. Barcha materiallarni tayyorlashda mavjud texnik o'quv qo'llanmalar va ilmiy adabiyotlardan foydalanishga xarakat qilindi. To'plamda sanoat korxonalaridagi chiqindi energiya resurslariga qo'shimcha, ya'ni ikkilamchi energiya sifatida qaralib, issiqlik jixozlari va texnologiyalaridan foydalanib, boshqa jarayonlarda foydalanish masalalari ko'rib chiqilgan. Xalq xo'jaligining turli soxalaridagi chiqindi ikkilamchi energiya resurslari texnik – iqtisodiy shartlarga hamda talablarga ko'ra ajratiladi va shularga asosan ulardan foydalanish yo'llari keltirilgan. Sanoat korxonalaridagi ikkilamchi energiya turlari ichida issiqlik energiyasi resurslari asosiy o'rinni egallab, deyarli barcha jarayonlarning chiqindisi sifatida namoyon bo'ladi. Ma'ruzalar to'plamida ko'proq ikkilamchi issiqlik energiyasi manbalari, tasniflari, jarayon issiqlik balansidagi salmog'i ko'rsatilgan hamda foydalanish samaradorligi haqida tushunchalar keltirilgan.

1 – Ma‘ruza. Kirish. Ishlab chiqarish jarayonlarining asosiy energetik ko‘rsatkichlari.

Reja:

1. Kirish
2. Ishlab chiqarish jarayonlarining tasnifi.
3. Olovli texnik jarayonlarning foydali ish koeffitsiyenti.
4. Ikkilamchi energiya manbalaridan foydalanishning asosiy yo‘nalishlari.

Tayanch iboralar: ishlab chiqarish jarayonlari, «haroratlar darajasi», modda, eritish, parchalash, texnologik jarayon, energiya, (shlak) toshqol.

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5.

1.1.Kirish

Barcha sanoat korxonalarida ikkilamchi energetik manbalardan (IEM) foydalanish muammosi asosan ikkinchi jahon urushidan keyin yuzaga keldi. Bu davrga kelib qator mamlakatlarni qudrati yuksak darajaga erishgan edi. Ikkilamchi energetik manbalardan foydalanish bo‘yicha, ayniqsa metallurgiya sanoatida dastlabki sezilarli va katta amaliy natijalarga erishildi. Metallurgiya sanoatida yana bir eng muhim yo‘nalish bo‘yicha, ya‘ni energotexnologik kombinatsiyalash sohasida katta yutuqlarga erishildi. Issiqlikdan foydalanuvchi juda ko‘p qurilmalar 300 °S – 1700 °S darajali chiqindi maxsulotlarini atrof – muhitga tashlab ishlaydilar. Ularning foydali ish koeffitsiyenti 10 – 35 %, shuning uchun yo‘qotilayotgan ko‘p miqdordagi issiqlikning 65 – 90 % ini boshqa texnologik jarayonlarda foydalanish katta ahamiyatga ega. Oddiy xisoblar shuni ko‘rsatadiki, bu kabi masalalarni tug‘ri xal etish mamlakat miqyosida yoqilg‘i sarfini kamida ikki barobar kamaytirish imkonini beradi. Xalq xo‘jaligining turli soxalaridagi chiqindi ikkilamchi energiya resurslari texnik – iqtisodiy shartlarga xamda talablarga ko‘ra ajratiladi va shularga asosan ulardan foydalanish yo‘llari keltirilgan. Sanoat korxonalaridagi ikkilamchi energiya turlari ichida issiqlik energiyasi resurslari asosiy o‘rinni egallab, deyarli barcha jarayonlarning chiqindisi sifatida namoyon bo‘ladi. Sanoat korxonalari energetik balanslarini o‘rganib chiqilganda, chiqindi issiqlik energiyasining salmog‘i katta bo‘lib, undan imkon qadar unumli foydalanishni taqozo etadi. Past haroratli ikkilamchi issiqlik manbalarga nisbatan kam samara bersa xam, barcha jarayonlarning chiqindisi sifatida keng tarqalgandir.

1.2. Ishlab chiqarish jarayonlarining tasnifi.

Yoqilg‘ini yoqish yo‘li bilan sanoatda amalga oshiriladigan jarayonlar quyidagilardan iborat: eritish, qizdirish, toblash, texnologik maxsulotni parchalash. Barcha jarayonlarning o‘ziga xos tomoni shundan iboratki, bulardagi haroratlar darajasi juda yuqori bo‘ladi (1000 °S dan yuqori). «Haroratlar darajasi» deyilganda

ishlab chiqarilgan tayyor maxsulotning oxirgi texnologik harorati ($t_{m..M}$) tushuniladi. Bu haroratning qiymatiga qarab texnologik jarayonlar ikki guruxga bo'linadi:

- ishlov berilayotgan materialning faqat fizik ko'rsatkichlarini o'zgartirish bilan bog'liq bo'lgan issiqlik jarayonlari (eritish, bug'latish). Bularda $t_{r..M} = 300\text{--}1500\text{ }^{\circ}\text{S}$ bo'ladi. (masalan, misni eritish $1083\text{ }^{\circ}\text{S}$ haroratda, temirni eritish esa $1550\text{ }^{\circ}\text{S}$ haroratda kechadi).
- yangi kimyoviy moddalarning xosil bo'lishi bilan bog'liq bo'lgan jarayonlar (tsement, g'isht oyna ishlab chiqarish). Bularda $t_{m..M} = 1200\text{--}1600\text{ }^{\circ}\text{S}$ bo'ladi.

Shuni ta'kidlash lozimki, ishlab chiqarish jarayonlarining foydali ish ko'effisiyenti ularning texnologik haroratiga, ya'ni $t_{m..M}$ ga teskari proportsional bo'ladi. Shuning uchun yuqori haroratli jarayonlar doimo va albatta juda miqdordagi fodalanilmagan. Issiqlikni chiqarib tashlash bilan amalga oshiriladi. Bu xolat ularni g'oyat qiziqarli va muxim masalar qatoriga ko'taradi.

1.3.Olovli texnik jarayonlarning foydali ish ko'effisiyenti.

Yoqilg'ini yoqish yo'li bilan amalga oshiriladigan texnologik jarayonning issiqlik muvozanati tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$Q_{yo.k} + Q_{sh} + Q_{xf} + Q_{ek} = Q_{tm} + Q_{en} + Q_t + Q_m + Q_{kg} \quad (1)$$

bunda: $Q_{yo.k}$ - yoqilg'ining kimyoviy bog'langan issiqligi;

Q_{sh} - shixtaning issiqligi;

Q_{xf} - yoqishga berilayotgan xavoning fizik issiqligi;

Q_{ek} - shixtadagi ekzotermik reaksiyalarning issiqligi;

Q_{tm} - texnologik maxsulot issiqligi;

Q_{en} - shixtadagi endotermik reaksiyalarning issiqligi;

Q_t - texnologik chiqindilar issiqligi;

Q_m - atrof – muhitga chiqarilgan issiqlik;

Q_{kg} - ishchi kamerasidan chiqib ketuvchi gazlar issiqligi.

shu jarayonda foydali ishlatilgan issiqlik:

$$Q_f = Q_{tm} + Q_{en} - Q_{sh} \quad (2)$$

Ishlab chiqarishda issiqlikdan foydalanish ko'effisiyenti:

$$\eta_{ik} = \frac{Q_{tm} + Q_{en} - Q_{sh}}{Q_{kyo} + Q_{ek}}; \quad (3)$$

yoki teskari issiqlik muvozanatidan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\eta_{ik} = 1 - \frac{Q_{ye} + Q_t - Q_m}{Q_{kyo} + Q_{ek}}; \quad (4)$$

Ishchi kamerada issiqlikni o'zlashtirish koeffitsiyenti

$$\eta_{uzl} = \frac{Q_{tm} + Q_{en} - Q_{sh} + Q_m + Q_t}{Q_{kyo} + Q_{ek} + Q_{xf}}; \quad (5)$$

yoki

$$\eta_{uzl} = \frac{\sum Q' + Q''}{\sum Q'}; \quad (6)$$

bunda, $\sum Q'$ - texnologik maxsulotning bir birligiga nisbatan kameraga kiritilgan issiqlik miqdori;

Q'' - ishchi kameradan ishlatilib bo'lingan gazlar bilan chiqib ketayotgan issiqlik miqdori.

U xolda ishchi kameraning nisbiy foydali ish koeffitsenti:

$$\eta_{ik} = \frac{Q_f}{\sum Q' - Q''}; \quad (7)$$

Agar $Q_{xf} = 0$ bo'lsa, ya'ni kameraga sovuq xavo berilsa, $\eta_{ik} \cdot \eta_{uzl} = \eta_{ich}$ bo'ladi.

Issiqlikning toshqol (shlak) bilan nisbiy yo'qotilishi:

$$q_{ik} = \frac{Q_m}{Q_{kyo} + Q_{ek}} \cdot 100\%; \quad (8)$$

amalda $q_{tch} = 5 - 20\%$ bo'ladi.

Atrof – muhitga issiqlikning nisbiy yo'qotilishi:

$$q_m = \frac{Q_m}{Q_{kyo} + Q_{ek}} \cdot 100\%; \quad (9)$$

Metallurgiya jarayonlari uchun $q_{tch} = 5 - 20\%$ bo'ladi.

1.4. Ikkilamchi energiya manbalaridan foydalanishning asosiy yo'nalishlari

Sanoatdagi ikkilamchi issiqlikdan foydalanishning asosiy shartlari quyidagilardan iborat:

Birinchi sharti: chiqindi energiya xosil bo'lishining uzluksizligi;

Ikkinchi sharti: chiqindi energiya haroratining yetarli darajada bo'lishi;

Uchinchi sharti: chiqindi energiyaning miqdoriy jixatdan bir yerda mujassamlangan bo'lishi.

Texnologik gazlarning issiqligidan foydalanish yopiq regenerativ yoki ochiq (uzuq) energetik tsikllarda amalga oshirilishi mumkin. Bulardan tashkari uchinchi yo'nalishda – energotexnologik kombinatsiyalash yo'nalishida amalga oshirilishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Ikkilamchi energiya manbalari nima?
2. Metallurgiyada yangi istiqbolli yo'nalish nima?
3. Issiqlikdan (tashlab yuborilayotgan) omilkor foydalanish.
4. «Haroratlar darajasi» tushunchasi.
5. Texnologik jarayonlar tasnifi.
6. Materialni fizik ko'rsatkichlarini o'zgartiruvchi issiqlik jarayonlari.
7. Yangi kimyoviy moddalarning xosil bo'lishi bilan bog'liq jarayonlar.
8. Yoqilg'i ishtirokidagi jarayonning issiqlik muvozanati tenglamasi.

9. Ishchi kamerasida foydalanish koeffisiyenti.
10. Ikkilamchi issiqlikdan foydalanishning asosiy shartlari.
11. Texnologik gazlar issiqligidan foydalanish.
12. Energotexnologik kombinatsiyalash.

2 – MA‘RUZA. SANOATDAGI IKKILAMCHI ENERGETIK MANBALAR.

Reja:

1. Qora metallurgiyadagi ikkilamchi energiya manbalari.
2. Koks ishlab chiqarish.
3. Domnada cho‘yan eritish.
4. Domnaning issiqlik balansi.

Tayanch iboralar: ishlab chiqarish jarayonlari, «haroratlar darajasi», modda, eritish, parchalash, texnologik jarayon, energiya, (shlak) toshqol.

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5.

2.1. Qora metallurgiyadagi ikkilamchi energiya manbalari

Mamlakatda ishlatiladigan yoqilg‘ining taxminan 55 % sanoatga to‘g‘ri keladi. Xudud elektr stantsiyalarida umumiy yoqilg‘ining 25 % i ishlatiladi. Sanoat soxalari ichida metallurgiya yoqilg‘ini ishlatish bo‘yicha birinchi o‘rinda turadi (20 %). Sanoatning barcha soxalarida elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun yoqilg‘ining 10 – 20 % i sarflanadi va taxminan 15 – 20 % issik suv va past bosimli bug‘ olish uchun ishlatiladi. Xuddi shu maqsadlar uchun kimyo, oziq – ovqat va yengil sanoatda yoqilg‘ining sarfi 50 – 55 % gacha yetib boradi va aksincha, shu soxalardagi yoqilg‘i yoqib amalga oshiriladigan texnologik jarayonlar uchun yoqilg‘ining sarfi 15 – 30 % gacha kamayadi. Yuqori haroratda amalga oshiriladigan ishlab chiqarish jarayonlarining foydali ish koeffisiyenti juda past bo‘ladi. Shuning uchun issiqlik chiqindilari, ya‘ni ikkilamchi energiya manbalari xam ko‘p miqdorda ajralib chiqadi. Metallurgiyadagi asosiy texnologik jarayonlar quyidagilardan iborat: koks ishlab chiqarish, domnalarda cho‘yan eritish, marten pechlarida po‘lat eritish, metallni chigirlab yoyish, quymalarni qizdirish va xokazo. Bu olovli texnologik jarayonlarning ikkilamchi energetik manbalarini va ulardan samarali foydalanish yo‘llarini ko‘rib chiqamiz.

2.2. Koks ishlab chiqarish

Bu jarayonni amalga oshirish uchun juda ko‘p miqdorda issiqlik talab qilinadi. Ko‘mir shixtasi kokslash batareyalarida xavosiz 1100 – 1200 °S da qizdiriladi. Shu maqsadda gaz (asosan, domna gazi) 1350 – 1450 °S da yoqiladi. Kokslashda birlamchi ko‘mir shixtasidan 75 – 80 % koks olinadi. Undan tashqari

koks gazi (13 – 14 %) va katron (smola) olinadi. Issiqlik oqimlaridagi o'zaro nisbatlarni va xolatlarni quyida keltirilgan 1 – jadvaldagi koks pechining issiqlik balansi orqali aniqlash mumkindir.

Issiqlikning nisbiy sarfi (2300 – 2500) Mjoul/tonnaga teng, yoki birlamchi shixta yoqilganda ajralib chiqadigan issiqlikning 8 – 10 % ni tashkil qiladi.

Kokslash jarayonining foydali ish koeffitsiyenti:

$$\eta_{koks} = \frac{(1169 + 354,5 + 321) - (25 + 16,8 + 4,2)}{2300} \cdot 100 = 78,5 \%$$

Koks pechining Issiqlik balansi. (namligi 6 % bo'lgan 1 tonna ko'mir uchun)

1
– jadval.

Balans qismlari	Kiritilgan Issiqlik, MDj (%)		Balans qismlari	Sarflangan Issiqlik, MDj (%)
yoqilayotgan gazning kimyoviy bog'langan issiqligi	2300 (95)		fizik Issiqlik: koksning	1169 (49,8)
			koks gazining	354,6 (15,1)
fizik issiqlik: gazning xavoning ko'mirning	4,2 (0,17) 6,8 (0,73) 25,0 (1,1)		kondensatsiyalanuvchi maxsulotlarning	328,4 (14,0)
			chiqib ketuvchi tutun gazlarining issiqligi	321 (13,7)

		atrof muhitga yo'qotilgan issiqlik	173 (7,4)
Jami:	2346 (100)	Jami:	2346 (100)

Jadvaldan ko'rinadiki, qizigan koksning fizik issiqligi taxminan 50 % ni tashkil qiladi. Bu issiqlikdan koksga nisbatan inert bo'lgan gazlar yordamida sovitish yo'li bilan foydalanish mumkin. Keyin esa inert gaz issiqligidan issiqlik almashgichlarda suv bug'i olish o'rinli bo'ladi. Koksni bunday quruq so'ndirish paytida xar bir tonna koks xisobiga 0,4 tonna yuqori ko'rsatkichli suv bug'i olish mumkin. Koks gazining va kondensatsiyalanuvchi maxsulotlarning fizik issiqligidan foydalanish kamroq samar beradi va ular tarkibidagi qatronli xamda benzol moddalar issiqlik almashinuvchi yuzalarni ifloslantiradi. Natijada issiqlik almashish koeffitsiyenti kamayadi xamda gidravlik qarshilik oshadi.

2.3. Domnada cho'yan eritish.

Domnalar ikki xil vazifani bajarish uchun xizmat qiladi:

birinchi texnologik vazifa – cho'yan eritish;

ikkinchi energetik vazifa – domna gazini ishlab chiqarish.

Domna pechining issiqlik balansi quyidagi 2 – jadvalda keltirilgan.

Domnaning issiqlik balansi.(1 tonna cho'yanga nisbatan)

2 – jadval.

Balans qismlari	Kiritilgan issiqlik, MDj (%)	Balans qismlari	Sarflangan issiqlik, MDj (%)
Koksning kimyoviy bog'langan issiqligi	19693 (84,7)	Domna gazining kimyoviy bog'langan issiqligi	10140 (43,7)

Yonish uchun berilgan xavoning fizik issiqligi	13440 (14,7)	Oksidlarning parcha- lanishi, shixta nam- ligining bug'lanishi	17249 (31,0)
Shixtaning fizik issiqligi	125 (0,1)	Cho'yanni eritish va qizdirish	1257 (5,4)
Shlak xosil bo'lish issiqligi	1117 (0,5)	Toshqol (shlak) ning issiqligi	1031 (4,4)
		Domna gazining fizik issiqligi	867 (3,7)

		Domna devori sovitish suvining issiqligi	461 (2,0)
		Cho'yan karbonining kimyoviy bog'langan issiqligi	1299 (5,6)
		Atrofga tarqalgan issiqlik	972 (4,2)
Jami:	123276 (100)	Jami:	123276 (100)

Koks issiqligining ko'p qismi domna gaziga o'tadi, uni yoqib kimyoviy bog'langan issiqligidan foydalanish mumkin:

$$\frac{10140}{19693} \cdot 100 \% = 51,6 \%$$

fizik issiqlikdan foydalanish

$$\frac{867}{19693} \cdot 100 \% = 4,3 \%$$

Bulardan tashqari sovitish suvining issiqligidan bug' va issiq suv olish uchun foydalanish mumkin. Masalan, 1tonna cho'yanga nisbatan 0,15 tonna past bosimli suv bug'i olish mumkin. Umuman, cho'yan eritish pechining foydali ish koeffitsiyenti 85 % gacha boradi.

Nazorat savollari:

1. Energetik quvvat tushunchasi.
2. Issiqlikdan ko'p foydalanadigan sanoat korxonalari.
3. Energetik manba va uning tashkil etuvchilari.
4. Qora metallurgiyadagi ikkilamchi energiya manbalari.
5. Metallurgiyadagi asosiy texnologik jarayonlar.
6. Koks ishlab chiqarishda ikkilamchi energiya manbalari.
7. Koks pechining issiqlik balansi.
8. Domnada cho'yan eritish.
9. Domnaning texnologik vazifasi.
10. Domnaning energetik vazifasi.
11. Domnaning issiqlik balansi.

3 – MA‘RUZA. PO‘LAT ISHLAB CHIQARISH VA MASHINASOZLIKDAGI IKKILAMCHI ENERGIYA MANBALARI

Reja:

1. Po‘lat eritishda xosil bo‘ladigan ikkilamchi energiya manbalari.
2. Metall quymalarni chig‘irlab yoyish uchun qizdirish.
3. Po‘latni konverter pechlarida qizdirish.
4. Mashinasozlikdagi ikkilamchi energiya manbalari.

Tayanch iboralar: marten, sanoat pechi, endotermik, ekzotermik reaksiyalar, pechning unumdorligi, chigirlash, yoyik, vagranka, konverter gazi.

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 5

3.1. Po‘lat eritishda xosil bo‘ladigan ikkilamchi energiya manbalari.

Po‘lat ishlab chiqarish asosan marten pechlarida amalga oshiriladi. Bunda qizitilgan xavo 1100 – 1500 °S da berib turiladi. Ko‘pchilik marten pechlari 250 – 700 °S va ayrim xolatlarda 1000 °S va undan ortiq tonna po‘lat eritish quvvatiga ega.

Marten pechining issiqlik balansi. (1 tonna po‘latga nisbatan)

3 – jadval.

Balans qismlari	Kiritilgan issiqlik MDj (%)	Balans qismlari	Sarflangan issiqlik, MDj (%)
Gazning kimyoviy bog‘langan issiqligi	3480 (44,0)	Suyuk po‘latning issiqligi	1445 (13,4)
Suyuq cho‘yanning issiqligi	863 (11,0)	Enlotermik reaksiyalar va shixta namligining bug‘lanish issiqligi	1227 (15,6)
Endotermik reak- tsiyalar issiqligi	1374 (17,5)	Toshqolning issiqligi	410 (5,3)
Issiq xavoning fizik issiqligi.	1533 (19,5)	Chikib ketayotgan gazlarning fizik issiqligi	3628 (45,7)
Qizigan gazning			

fizik issiqligi	619 (8,0)	Eritish kamerasining sovitish issiqligi	692 (8,8)
		Atrof muhitga yo'qotilgan issiqlik	344 (4,4)
		Chala yonish natijasida yo'qotilgan issiqlik	154 (1,8)
Jami	7889 (100)	Jami	7889 (100)

Jadvaldan ko'rinadiki, yoqilg'ining nisbiy sarfi:

$$\delta = \frac{3480 \cdot 10^3}{7000 \cdot 4,19} = 119 \frac{kg}{tonna}$$

Ishlab chiqarishda issiqlikdan foydalanish koeffitsenti:

$$\eta_{pul} = \frac{1445 + 1227 - 863}{3480 + 1374} \cdot 100 = 37,4 \%$$

Yoqilg'ining issiqligiga nisbatan xisoblanganda:

$$\eta_{pul}^{yo} = \frac{1445 + 1227 - 863 - 1374}{3480} \cdot 100 = 12,3 \%$$

Bunday past issiqlik samaradorligi bu jarayonning yuqori haroratlarda sodir bo'lishidandir. Bu xolda sovitish issiqligidan va kameradan chiqib ketayotgan gazlarning issiqligidan foydalanish xisobiga samaradorlikni oshirish mumkin. Ko'pincha marten pechlaridan chiqib ketayotgan gazlarning harorat darajasi 550 – 650 °S atrofida bo'ladi va ular bilan yoqilg'ining ko'pgina issiqligi yo'qotiladi:

$$\frac{3628 - 2166}{3480} \cdot 100 \% = 42 \%$$

Demak, bu yo'qotilayotgan issiqlikni saqlab qolish xisobiga yoqilg'idan foydalanish koeffitsiyentini

$$\eta_{muhit}^{yo} = 12,3 + \frac{691 + 612}{3480} \cdot 100 = 49,7 \%$$

ga yetkazish mumkin yoki amalda 1 tonna eritilgan po'latga nisbatan 0,5 tonna suv bug'i olinishi mumkin.

3.2. Metall quymalarini chigirlab yoyish uchun qizdirish.

Metallurgiya korxonalarida metall quymalarini qizdirish maxsus pechlarda amalga oshiriladi. Ularning xar biri umumiy vazni 80 – 120 tonna bo'lgan 10 – 20 ta quymani qizdirishga mo'ljallangan bo'ladi. Qizdirish pechlarining unumdorligi va yoqilg'ining solishtirma sarfi birinchi galda marten tsexidan keltirilayotgan quymalarning boshlang'ich haroratiga bog'lik bo'ladi. Shartli yoqilg'ining solishtirma sarfi:

$$\delta = \frac{2137 \cdot 10^3}{7000 \cdot 4,19} = 73 \frac{kg}{tonna}$$

Agar quymalar marten pechidan 700 – 800 °S haroratda keltirilsa, u xolda (= 45 – 50 kg bo'ladi. Undan tashqari, qizdirish davomiyligi 5 – 6 soatdan 2,5 – 3,0 soatgacha kamayadi.

Qizdirish pechining issiqlik balanslari quyidagi 4 – jadvalda keltirilgan.

Qizdirish pechining issiqlik balanslari. (1 tonna quyma uchun)

4 – jadval.

Balans qismlari	Kiritilgan issiqlik MDj (%)		Balans qismlari	Sarflangan issiqlik, MDj (%)
Gazning kimyoviy bog'langan issiqligi	2137 (77,0)		Quymaning issiqligi	875 (31,5)
Ekzotermik reaktsiyalarning issiqligi	136 (4,5)		Metall kuponi (quyindisi) ning issiqligi	29 (1,0)
Xavoning fizik issiqligi	515 (18,5)		Chiqib ketayotgan gazlarning fizik issiqligi	1565 (56,5)
			Atrof muhitga yo'qotilgan issiqlik	230 (8,0)
			Chala yonish, qo'shimcha yo'qotilgan issiqlik	89 (3,0)
Jami	2788 (100)		Jami	2788 (100)

Ishlab chiqarishda issiqlikdan foydalanish koeffitsiyenti:

$$\eta_{xiz} = \frac{875}{2137 + 136} \cdot 100 = 38,4 \%$$

va

$$\eta_{xiz}^{yo} = \frac{875 - 136}{2137} \cdot 100 = 35,0 \%$$

Jadvaldan ko'rinadiki, chiqib ketayotgan gazlar bilan 1050 Mjoul/t yoki ketayotgan yoqilg'ining taxminan 50 % issiqligi yo'qotiladi. Bu issiqlikdan foydalanilganda masalan, 1 tonna quymaga nisbatan 0,25 tonna yuqori parametrli bug' olish mumkin.

3.3. Po'latni konverter pechlarida eritish.

Bu yerda ikkilamchi energetik manbalar konverter gazlari ko'rinishida bo'ladi. Bu gazlar konverter pechiga bosim ostida kislorod berilganida, cho'yan tarkibidagi karbonning yonishi natijasida xosil bo'ladi. Konverter gazining tarkibidagi CO 80 – 84 % ni, CH 1,5 – 2 % ni tashkil etganda uning harorat darajasi 1700 – 1800 °S gacha yetishi mumkin. Bu gazlar aralashmasi yoqilganda 1500 – 1800 °S li tutun gazlari xosil bo'ladi. Bu gazlarning issiqligidan maxsus bug' qozonlarida foydalanilganda, xar bir tonna eritilgan po'lat xisobiga 0,3 tonna yuqori parametrli bug' olish mumkin. Bu issiqlikdan foydalanishni tashkil qilishning qiyin tomoni – konverterda po'lat eritish jarayonining davriy bo'lganligi va konverter gazining xaddan tashqari ifloslangan bo'lishidir.

3.4. Mashinasozlikdagi ikkilamchi energiya manbalari.

Mashinasozlik soxasi energetik chiqindilar bo'yicha metallurgiyaga yaqin turadi. Og'ir mashinasozlik korxonalarida kichik va o'rta unumdorlikka ega bo'lgan marten pechlari xamda cho'yan eritiladigan vagrankalar keng qo'llaniladi. Vagrankalardan chiqadigan gazlarning fizik va kimyoviy bog'langan issiqligi yoqilayotgan koks issiqligining 55 – 60 % ga to'g'ri keladi. Bu gazlarning harorati 400 – 600 °S gacha boradi. Koksning solishtirma sarfi 120 – 150 kg/t; vagrankalarning foydali ish koeffitsienti 25 – 35 % ga teng. Bu xolat

vagrankalarning kam quvvatligi bilan izoxlanadi. Vagrankalardan chiqadigan gazlarning issiqligini asosan, yonishga beriladigan xavoni isitish uchun foydalanish o'rinli bo'ladi.

Nazorat savollari:

1. Po'lat eritishda xosil bo'ladigan ikkilamchi energiya manbalari.
2. Marten pechlari va ularning vazifalari.
3. Marten pechining issiqlik balansini.
4. Marten pechida yoqilg'ining nisbiy sarfi.
5. Ishlab chiqarishda issiqlikdan foydalanish koeffitsiyenti.
6. Metall quymalarini qizdirishdagi ikkilamchi energiya manbalari.
7. Qizdirish pechlarining issiqlik balansini.
8. Po'latni konverter pechlarida eritish.
9. Konverter gazlarining tarkibiy tuzilishi.
10. Mashinasozlik sohasida ikkilamchi energiya manbalarining mavjudligi.
11. Vagrankalar va ulardan foydalanish.

4 – MA'RUZA. RANGLI METALLURGIYA, NEFT-GAZ SANOATI VA BOSHQA HARORATLI JARAYONLARDAGI IKKILAMCHI ENERGIYA MANBALAR

Reja:

1. Rangli metallurgiyadagi ikkilamchi energiya manbalari.
2. Neftni qayta ishlashdagi ikkilamchi energiya manbalari.
3. Tabiiy gazni qayta ishlash.
4. Sulfat kislotasini ishlab chiqarish.
5. Qurilish materiallarini ishlab chiqarish.

Tayanch iboralar: shaxtali va yallig pechlar, chiqib ketuvchi gazlar, etilen, neft qurumi (saja), sun'iy kauchuk, tsement, o'tga chidamli g'isht.

Adabiyotlar: 1, 2, 4, 6

4.1. Rangli metallurgiyadagi ikkilamchi energiya manbalari.

Nikel, mis, ko'rg'oshin va boshqa rangli metallarni eritish uchun shaxtali va yallig' (metodik) pechlar qo'llaniladi. Bu pechlardan chiqib ketayotgan gazlarning harorati nisbatan past bo'ladi ($300 - 400^{\circ}\text{S}$) va ular bilan yo'qotilayotgan issiqlik yoqilg'i issiqligining 15 – 25 % ni tashkil qiladi.

Shartli yoqilg'ining solishtirma sarfi:

$$\delta = \frac{7710 \cdot 10^3}{7000 \cdot 4,19} = 263 \frac{kg}{tonna}$$

**Shixtali pechning issiqlik balansi.
(1 tonna shixtaga nisbatan)**

5 –
jadval.

Balans qismlari	Kiritilgan issiqlik MDj (%)		Balans qismlari	Sarflangan issiqlik, MDj (%)
Koksning kimyoviy bog'langan issiqligi	7710 (91,6)		Endotermik reaktsiyalarning va namlikning issiqligi	510 (4,2)
Ekzotermik reaksiya- larning issiqligi	637 (7,5)		Shteyn issiqligi	65 (1,8)
Shixtaning fizik issiqligi	25 (0,3)		Toshqol issiqligi	697 (20,2)
Yonishga berilgan xavoning fizik issiqligi	50 (0,6)		Sovitish suvnining issiqligi	838 (10,0)
			Turli yo'qotishlar	430 (16,8)
			Gazlarning fizik issiqligi	1182 (14,0)
			Gazlarning kimyoviy bog'langan issiqligi	2700 (9,3)
Jami	8422 (100)		Jami	8422 (100)

Ishlab chiqarishda issiqlikdan foydalanish koeffitsiyenti:

$$\eta_{shax} = \frac{65 + 510 - 25}{7710 + 637} \cdot 100 = 6,6 \%$$

Bu koeffitsiyentni yoqilg'iga nisbatan hisoblaydigan bo'lsak, uning qiymati nolga intiladi; bundan ko'rinadiki, foydali issiqlik asosan ekzotermik reaksiyalar tomonidan ta'minlanadi va yoqilg'ining issiqligi esa turli issiqlik yo'qotilishlarining o'rnini qoplashga sarf bo'ladi. 5 – jadvaldan ko'rinadiki, chiqib ketayotgan gazlarning, toshqol va sovitish suvinin issiqligidan foydalanilganda 1 tonna shixtaga nisbatan (3100 – 3500) Mjoul energiya tejaladi. Bu 1,3 – 1,5 tonna bug'ga yoki 140 – 180 kg shartli yoqilg'iga ekvivalentdir.

4.2. Neftni qayta ishlashdagi ikkilamchi energiya manbalari

Neftni qayta ishlash uchun uni bir necha marta 350 – 450 °S gacha qizdirish kerak bo'ladi. Neft pechlaridan tashqariga chiqib ketuvchi gazlarning harorati 400 – 500 °S bo'lib, ular bilan yo'qotiladigan issiqlik yoqilg'i issiqligining taxminan 35 % ni tashkil qiladi. Bu gazlarning harorati past bo'lganidan bug' olish yetarli emas, shuning uchun ularning issiqligi qayta ishlanayotgan neftni oldindan isitib berishga yoki yonishga beriladigan xavoni isitish uchun foydalanilsa maqsadga muvofiq bo'ladi.

4.3. Tabiiy gazni qayta ishlash.

Tabiiy gazni qayta ishlash jarayoni etilen va neft qurumini olish bilan bog'lik bo'lib, bu maxsulotlar turli sintetik moddalarni ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Etilen olish uchun karbon vodorodlariga boy xom ashyo va tabiiy gaz ishlatiladi. Bu kabi xom ashyolar qizdirilganda bug' va gazlarning aralashmasi xosil bo'lib, keyinchalik aralashma sovitilganda, undan etilen ajralib chiqadi. Sovitish jarayoni maxsus qozonlarda amalga oshiriladi; bunda yuqori bosimli aralashma 800 – 850 °S dan 350 – 400 °S gacha sovitilganda uning tarkibidagi suv bug'i kondensatsiyalanib, erkin etilen ajralib chiqadi. Qizitilgan aralashmaning fizik issiqligi va suv bug'ining kondensatsiyalanish issiqligi xisobiga 1 tonna etilenga nisbatan 3 – 4 tonna yuqori bosimli bug' olish mumkin.

Neft qurumini (saja) olish uchun maxsus pechlarda tabiiy gazni xavoni keragidan ikki barobar kam berib, ya'ni xavoni ziyodlik koeffitsiyentini ($= 0,6$ ga tenglashtirib, tabiiy gazni yoqish lozim. Bu paytda qizigan gazlarning harorat darajalari 1150 – 1200 °S ga teng bo'ladi. Bu gazlarni 200 – 250 °S gacha sovitib, elektr filtrlar yordamida undan neft qurumi ushlab qolinadi va uni asosan, sun'iy kauchuk olish uchun ishlatiladi. Qizigan gazlarni sovitish jarayonida bug' ishlab chiqarish mumkin. Bunda foydalanilgan issiqlik pechda yoqilayotgan tabiiy gaz issiqligining 25 – 26 % ni tashkil qiladi. Chala yonish maxsulotlaridan aloxida qurilmalarda foydalanish xisobiga yoqilg'i issiqligining yana 40 – 45 % ni kaytarish mumkin.

Shunday qilib, 1000 m³ qayta ishlangan tabiiy gazga nisbatan taxminan 10 tonna bug' yoki 2000 – 2500 kVt-soat elektr energiyasini ishlab chiqarish mumkin.

4.4. Sulfat kislotasini ishlab chiqarish.

Bu jarayonda ekzotermik reaksiyalar natijasida ko'p miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Masalan, 40 % oltingugurti bo'lgan 1 kg kolchedan yoqilganda 5000 – 5400 kJoul issiqlik xosil bo'ladi. Bu issiqlikning taxminan 2000 – 3000 kJouli energetik maqsadlar uchun ishlatilishi mumkin. Oltingugurt oksidining qaytadan yonishidan yana 3400 kJoul issiqlik ajralib chiqadi. Bu issiqlikning ko'p

qismi qizigan sulfat kislotasi bilan olib ketiladi yoki atrof muhitga yo'qotiladi. Shunday qilib, qayta ishlanayotgan 1 tonna kolchedanga nisbatan taxminan 1 tonna energetik bug' olish mumkin, bu esa o'z navbatida 200 – 250 kVt-soat elektr energiyasiga yoki 0,1 tonna tejalan yoqilg'iga to'g'ri keladi.

4.5. Qurilish materiallarini ishlab chiqarish (sement, o'tga chidamli g'isht).

Bu jarayon ko'p miqdorda yoqilg'i ishlatilishi bilan sodir bo'ladi. Lekin chiqindi gazlarning va maxsulotning fizik issikligi past parametrlarga ega bo'lgani uchun (500 – 800 °S) undan energetik maqsadlarda foydalanish mumkin emas. Maqsadga muvofiq bo'lgan yo'llardan biri yoqilg'ini yoqish uchun beriladigan xavoni isitishga qo'llashdan iborat.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki og'ir sanoatda juda ko'p miqdorda ikkilamchi energetik manbalar mavjud. Bularning ichida eng asosiysi – turli yonish jarayonlarida ajralib chiqadigan yuqori haroratli gazlar xisoblanadi. Bu gazlar bilan texnologik jarayonlarda ishlatilayotgan yoqilg'ining taxminan 50 % issiqligi yo'qotiladi. Bu manbalardan to'g'ri foydalanish yil davomida million – million tonna yoqilg'ini tejab qolish imkonini beradi.

Nazorat savollari:

1. Rangli metallurgiyada shaxtali pechlardan foydalanish.
2. Rangli metallurgiyada metodik pechlardan foydalanish.
3. Shaxtali pechning issiqlik balansi.
4. Shixta va uning issiqligi.
5. Neftni qayta ishlashda ikkilamchi issiqlikning xosil bo'lishi.
6. Tabiiy gazni qayta ishlashda ikkilamchi issiqlikning xosil bo'lishi.
7. Etilen olish jarayoni.
8. Neft qurumi (saja) olish jarayoni.
9. Neft va gaz sanoatida ikkilamchi energiya manbalaridan foydalanish istiqbollari.
10. Sulfat kislotasini ishlab chiqarishda ikkilamchi issiqlikning paydo bo'lishi.
11. Qurilish materiallarini ishlab chiqarish.

5 – MA'RUZA. TEXNOLOGIK GAZLARNING ISSIQLIGIDAN FOYDALANISH.

Reja:

1. Ishlab chiqarish jarayonlaridan chiqib ketuvchi gazlarning issiqligidan foydalanish.
2. Shixta gazlarining chiqishi.

3. Chiqish gazlaridagi turli aralashmalar.

4. Chiqish gazlarining asosiy xossalari.

Tayanch iboralar: zarrachalar, kul, tutun gazi, shixta karboni, karbon, shixta namligi, metall bug'lanish, o'txona, fraktsiyalar.

Adabiyotlar: 1, 2, 3

5.1. Ishlab chiqarish jarayonlaridan chiqib ketuvchi gazlarning issiqligidan foydalanish.

Ishlab chiqarish jarayonlaridan chiqib ketayotgan gazlarning fizik issiqligidan foydalanishning samaradorligi ularning miqdoriga va haroratiga bog'liq bo'ladi. Xar bir agregat 1 soat davomida ishlaganda chiqaradigan tutun gazlarining miqdori yoqilg'ining sifatiga, sarfiga, berilayotgan xavoning ziyodlik koeffitsiyenti (α) ga, shixtadan xosil bo'layotgan gazlar miqdoriga va ish kamerasining zich bo'lmagan tirqishlaridan chiqib ketayotgan gaz miqdoriga bog'liq bo'ladi. Umumiy xolda xosil bo'layotgan tutun gazlarining miqdori quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$\sum V = B(v_g^{yo} + \Delta v_g^{sh})(1 - z_g) \quad m^3 / soat; \quad (10)$$

bunda: B - yoqilg'ining bir soatdagi sarfi;

v_g^{yo} - bir birlik yoqilg'i yoqilganda xosil bo'lgan gazlarning xajmi;

Δv_g^{sh} - kamerada ajralib chiqayotgan shixta gazlari;

z_g - kamera tirqishlaridan chiqib ketayotgan gazlarni xisobga oluvchi koeffitsiyent.

Bir birlik yoqilg'ining yoqqanda chiqadigan gazlarning xajmi quyidagicha aniqlanadi:

$$v_g^{yo} = v_{PO_2} + v_{H_2O} + v_{N_2} + (\alpha - 1)v_F^x \quad (11)$$

bunda: v_{PO_2} - uch atomli gazlarning miqdori;

v_{H_2O} - suv bug'larining miqdori;

v_{N_2} - $\alpha = 1$ bo'lgan paytdagi azotning miqdori

v_F^x - xavoning xisobiy sarfi.

Sanoat pechlarida xavoning ortiqlik ko'effitsiyenti α yonish xosil bo'lish sharoitiga qarab, 1,1 dan 1,3 gacha o'zgaradi. Bundan tashqari pechlar tomonidan tashqi xavoni so'rib olish $\Delta\alpha = 0,15 \div 0,25$ ga teng bo'ladi. Gaz yo'llarida esa tashqi xavoni so'rish $\Delta\alpha = 0,1 \div 0,3$ bo'ladi.

5.2. Shixta gazlarining chiqishi. 1 kg materialga nisbatan

6 – jadval.

Jarayon yoki reaksiya	Material	Gazlar miqdori, m ³	
Shixta namligining bug'lanishi	W_{sh}	1,24	H ₂ O
Kaltsiy karbonatning parchalanishi	Ca ₂ CO	0,22	CO ₂
Magniy karbonatining parchalanishi	MgCO ₂	0,26	CO ₂
Shixta karbonining oksidlanishi	C_{sh}	1,86	CO ₂
Sulfidli rudalar oltingugurtining oksidlanishi	FeS ₂ ; Cu ₂ S; 2CuFeS ₂	0,68	SO ₂

Ayrim pechlarda shixtadan gazlar ajralib chiqadi. Bunga issiqlik ta'sirida yuzaga keladigan kimyoviy reaksiyalarva shixtadagi fizik o'zgarishlar sabab bo'ladi.

Ajralib chiqayotgan shixta gazlari yoqilayotgan yoqilg'ining birligiga nisbatan xisoblanadi, ya'ni ΔV_g^{sh} aniqlanadi va yuqoridagi keltirilgan (10) tenglama asosida gazlarning yig'indi miqdori topiladi. Pechlarda tashqarida so'riladigan xavo ta'sirida texnologik maxsulotlarning oksidlanishining oldini olish uchun ortiqcha bosim xosil qilinadi. Lekin tutun gazlari ish kamerasidagi turli tirqishlar orqali tashqariga chiqishi mumkin. Bu xolat (10) tenglamadagi z_g qiymati yordamida xisobga olinadi. Uzluksiz ishlaydigan pechlarda $z_g = 0-0,05$ va davriy ishlaydigan pechlarda 0,1 dan 0,15 gacha oraliqda bo'lishi mumkin.

5.3. Chiqish gazlaridagi turli aralashmalar

Texnologik jarayonlardan tashqariga chiqib ketayotgan gazlar tarkibidagi aralashmalar asosan texnologik material bilan kuldin iborat bo'ladi.

Gazlardagi texnologik material zarralarining miqdori quyidagilarga bog'liq bo'ladi:

- *shixta, quyindi va futurovkaning parchalanishidan xosil bo'lgan qattiq zarrachalarning gaz oqimi bilan olib ketilishi;*
- *erigan maxsulot va toshqol (shlak) ning suyuq tomchilarini tutun gazlariga qo'shib ketishi;*
- *texnologik maxsulotning, xususan, metallni bir qismining bug' xolatda tutun gazlariga ko'shib ketishi.*

Tashqariga chiqib ketayotgan zarrachalarning miqdori ularning solishtirma og'irligi, shakli, donadorlik tarkibi va gaz oqimining tezligi bilan belgilanadi. Bundan tashqari, shixtaning termik kuchlanishlar va ichki gaz xosil bo'lish jarayonlarining ta'siridan yorilib, mayda bo'laklarga bo'linib ketishi katta ahamiyatga ega.

Metall va toshqolning erigan tomchilarining tutun gazlari tomonidan olib ketilishi asosan ularni qaynatish paytida sodir bo'ladi. Ergan metallni xavo yoki kislorod bilan puflash paytida maxsulot tomchilarining olib ketilishi keskin ortadi.

5.4. Chiqish gazlarining asosiy xossalari.

Turli agregatlardan chiqib ketayotgan gazlar tarkibidagi changning miqdori turlicha bo'ladi. Ma'lumki, qozon o'txonasidan chiqayotgan gazlardagi changlar miqdori 10 – 30 g/m³ ga teng. Tsement pechlarida, pishirish xamda qizdirish pechlarida esa changlar miqdori 100 – 150 g/m³ dan kam bo'lmaydi. Rangli metallurgiya shixtali pechlarida 150 – 200 g/m³ ga teng bo'ladi. Oddiy marten pechlarida 2 – 5 g/m³ bo'ladi. Isitish pechlarida eng kam – 1–2 g/m³ ga teng bo'ladi.

Chiqib ketayotgan zarrachalarning donadorlik tarkibi quyidagicha bo'ladi. (marten pechlari uchun): 0 – 10 mikronli zarrachalar 17 – 18 % ni, 10 – 30 mikronli zarrachalar 13 – 34 % ni, 30 – 60 mikronli zarrachalar 14 – 24 % ni, 60 mikronli yuqorisi 15 – 45 % ni tashqil qiladi. Agar shu pechi kislorod bilan puflanadigan bo'lsa, 10 mikrongacha bo'lgan zarrachalar 65 – 70 % ni tashkil qiladi, 60 mikronli yuqorida bo'lganlari esa 6 – 9 % ni tashkil etadi.

Ko'p yillik tajriba shuni ko'rsatadiki, issiqlik almashtiruvchi yuzalariga juda katta ta'sir ko'rsatadigan (emiradigan) changning fraktsiyalari ularning eng mayda fraktsiyalari xisoblanadi.

Nazorat savollari

1. Ishlab chiqarishda chiquvchi gazlarning paydo bo'lishi.
2. Chiqish gazlarining issiqligidan foydalanish.
3. Xavoning ortiqchalik koeffitsiyenti.
4. Chiqib ketuvchi gaz xajmini aniqlash.
5. 1 kg ishlov berilgan materialga nisbatan shixta gazlarining chiqishi.

6 – MA'RUZA. TEXNOLOGIK GAZLAR ISSIQLIGIDAN FOYDALANISH NAZARIYASINING ASOSIY MASALALARI

Reja:

1. Issiqlikdan foydalanish chegaralari.
2. Regenerativ issiqlikdan foydalanish sharoitlari.
3. Chiqish gazlari issiqligidan foydalanishning samaradorlik chegaralari.
4. Chiquvchi gazlar haroratini pasaytirishga qarshi shart sharoitlar.

Tayanch iboralar: Regeneratsiya, samaradorlik, harorat pasayishi, radiatsiya, tunnelli pechlar, konvektsiya, qizdirib ishlov berish.

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 6

6.1. Issiqlikdan foydalanish chegaralari.

Chiqib ketayotgan issiq gazlar yordamida xavoni isitish uchun maxsus regenerativ yoki rekuperativ. Issiqlik almashtirgichlari qo'llaniladi. Bu xollarda yoqilg'ining nisbiy sarfi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\delta' = \delta \frac{G}{G'} \cdot \frac{Q_k^{ish} - U_g C_g t_{kg}}{Q_k^{ish} - U_g C_g t_{mg}} \quad (12)$$

bunda: G, G' - agregatning issiq va sovuq xavo berish paytidagi texnologik unumdorligi, t/soat;

δ, δ' - natural yoqilg'ining nisbiy sarfi, kg/t yoki m³/t;

Q_k^{ish} - ishchi yoqilg'ining quyi issiqlik berish qobiliyati, kjoul/kg;

t_{kg} - ishchi kamerasidan chiquvchi gazlar harorati, °S;

t_{mg} - atmosferaga chiqib ketuvchi gazlar harorati, °S.

Issiqlikdan foydalanish chegarasi regeneratsiya (tiklash) koeffisiyenti bilan ifodalanadi:

$$\eta_{mix} = \frac{Q_{xi}}{I_{kg}} \quad (13)$$

bunda: Q_{xu} – xavoni isitish uchun sarflanadigan issiqlik;

I_{kg} – ishchi kamerasidan chiquvchi gazlar entalpiyasi;

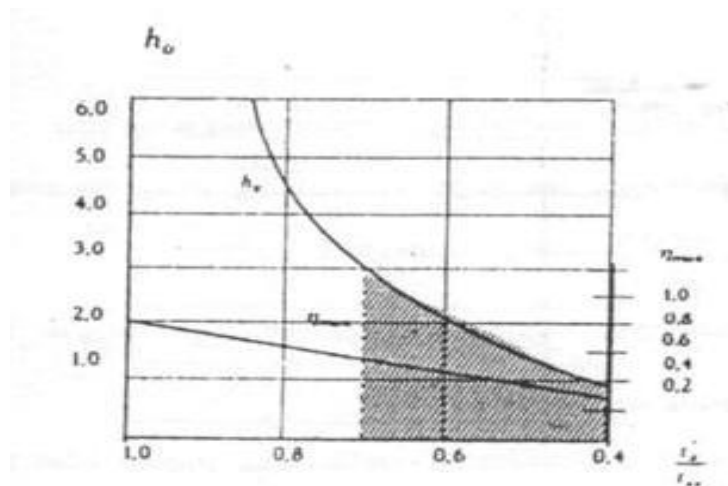
Xavoning boshlang'ich harorati $t_{k2} = 0$ °S bulganda (13) ifodani kengaytirilgan ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin:

$$\eta_{mik} = \frac{a_g}{\left(\frac{v_g^{\hat{}}}{v_b^g} + \Delta a \right)} \cdot \frac{c_b}{c_g} \cdot \frac{t_b''}{t_{kg}} \quad (14)$$

Bu tenglamadan ko'rinadiki, regeneratsiya (tiklash) koeffitsiyenti harorat parametri $\frac{t_b''}{t_{kg}}$ ga, xavo va gazning issiqlik sig'imi nisbatiga $\frac{c_b}{c_g}$, xamda yoqilayotgan yoqilg'ining sifati $\frac{v_g^{\hat{}}}{v_b^g}$ ga bog'lik ekan. Odatda $\frac{c_b}{c_g}$ 0,94 dan 0,85 gacha kamayadi. Doim $c_b > c_g$ bo'lgani uchun regeneratsiya koeffitsiyenti η_{mik} xech qachon 1 ga teng bo'lmaydi.

6.2. Regenerativ issiqlikdan foydalanish sharoitlari.

Quyidagi 1 – rasmdan ko'rsatish mumkinki, harorat parametri $\frac{t_b''}{t_{kg}}$ ning oshishi regeneratsiya (tiklash) koeffitsiyenti η_{mik} ning sezilarli oshishiga olib keladi. Ammo bu paytda issiqlik almashtirgichning nisbiy yuzasi h_0 keskin ortib ketadi. Masalan, $\frac{t_b''}{t_{kg}}$ ning 0,4 dan 0,6 gacha ko'tarilishi h_0 ning 2 barobar oshishiga va $\frac{t_b''}{t_{kg}}$ 0,8 ga yetganda, h_0 ni 4,5 barobar oshishga sabab bo'ladi. (Yana shuni ko'rsatish mumkinki, $\frac{t_b''}{t_{kg}}$ ning qiymati 1 ga teng bo'lganda $h_0 = \infty$ (cheksiz) bo'ladi). Bu xol qurilma o'lchovlarining keskin ortib ketishiga, uni ishlatish xarajatlarining oshib ketishiga olib keladi. Shuning uchun amalda $\frac{t_b''}{t_{kg}}$ ning qiymati 0,6 – 0,7 gacha bo'lgan chegaralarda qabul qilinadi va ularga h_0 ning 0,3 – 0,5 qiymatlari mos keladi (rasmda bu soxa shtrixlab qo'yilgan). Boshqa sharoitlarda chiqib ketayotgan gazlar bilan xavoni isitish o'zini iqtisodiy jixatdan oqlamaydi.



1-rasm.havoni qizdirishdagi regenerative issiqligidan foydalanish sharoitlarining o'zgarishlari.

6.3. Chiqish gazlari issiqligidan foydalanishning samaradorlik chegaralari

Yuqorida keltirilgan (13) tenglamadan ko'rinadiki, chiqib ketayotgan gazlar yordamida biror maxsulotni istish samaradorligi asosan nisbiy yoqilg'i sarfining kamayishi bilan chegaralanadi. Lekin bu usul muxim afzallika ega. Unda yuzali issiqlik almashtirgichi bo'lmaydi, balki gazlardan issiqlikni olish qizdirilayotgan materialning o'zining yuzasi orqali bevosita amalga oshiriladi. Shunga qaramay bu xolda xam chiqib ketuvchi gazlar issiqligidan foydalanishning samaradorlik chegaralari mavjud bo'lib, ular asosan regeneratsiya (tiklash) koeffitsiyenti bilan belgilanadi.

Materialni isitish paytidagi issiqlik balansidan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\eta_{mik} = \frac{C_{kel} \cdot t_{tex}}{\frac{Q_{kuy}}{Q_{kuy}} U_g C_g t_{kg}} \quad (15)$$

bunda: C_{kel} - isitilayotgan materialning keltirilgan issiqlik sig'imi;

t_{tex} - isitiladigan texnologik materialning oxirgi harorati (bunda $t_{tex} = 0^\circ S$ deb qabul qilingan);

$\frac{Q_{k_{yo}}}{Q_{k_{uy}}^{ish}}$ - texnologik maxsulotning bir birligiga to'g'ri keladigan yoqilg'ining solishtirma sarfi.

Keltirilgan (15) tenglamadan ko'rinadiki, t_{tex} oshishi bilan η_{mik} xam oshadi, ammo xech qachon 1 ga teng bo'lmaydi, chunki doim $t_{kg} > t_{tex}$ bo'ladi. Xulosa qilish mumkinki, agar Δt maksimal qiymatga ega bo'lsa, issiqlik almashinuvi yaxshi bo'ladi.

6.4. Chiquvchi gazlar haroratini pasaytirishga qarshi shart sharoitlar.

Issiqlik yo'qotilishini kamaytirish uchun birinchi galda t_{kg} ni pasaytirish imkoniyatlarini cheklab qo'yuvchi shart-sharoitlarni ko'rib chiqamiz.

birinchidan – metodik pechlarda metallni qizdirish asosan radiatsion (nurlanish) issiqlik almashinuv xisobiga sodir bo'ladi. Chunki konvektiv issiqlik almashinuvi sust bo'lib, gazlarning tezligi va maxsulotning yuzasidan ularning oqib o'tishi yetarli darajada bo'lmaydi. Gazlar haroratini yanada tushirish uchun issiqlik almashinuvi yuzalarini oshirish lozim. Ammo issiqlikdan foydalanish samaradorligi o'z miqdorda oshsada, issiqlik almashinuvi yuzalarining keskin oshishi natijasida atrof-muhitga issiqlikning yo'qotilishi oshib ketadi.

ikkinchidan – tunnelli pechlarda texnologik maxsulotni joylashtirish metodik pechlardagiga nisbatan zichroq bo'ladi, shuning uchun bu yerda konvektiv issiqlik almashinuviga qulayroq sharoit yaratiladi. Shu sabab chiqib ketayotgan gazlarning harorati 300–500 °S gacha pasaytirilishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Chiqib ketayotgan issiq gazlar yordamida xavoni isitish qurilmalari.
2. Yoqilg'ining nisbiy sarfini hisoblash.
3. Regeneratsiya (tiklash) koeffisiyenti.
4. Regeneratsiya koeffisiyentining bog'liqlik parametrlari.
5. Issiqlikdan foydalanish sharoitlarining o'zgarishlari.
6. Chiqish gazlari haroratini pasaytirishni chegaralovchi 1–shart.
7. Chiqish gazlari haroratini pasaytirishni chegaralovchi 2 – shart.
8. Chiqish gazlari haroratini pasaytirishni chegaralovchi 3–shart.
9. Chiqish gazlari haroratini pasaytirishni chegaralovchi grafigi.
10. Grafikda ifodalangan ko'rsatkichlar va belgilashlar izoxi.

7 – MA‘RUZA. REGENERATOR VA REKUPERATORLAR.

Reja:

1. Umumiy tushunchalar
2. G'ishtli regeneratorlar.
3. G'ishtli regeneratorlarning issiqlik balansi.
4. Sopol (keramik) rekuperatorlar.

Tayanch iboralar: g'isht, regeneratsiya, regenerator, balans, issiqlik o'tkazuvchanlik, keramik rekuperator, issiqlikni to'plash koeffitsiyenti.

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 5, 6.

7.1. Umumiy tushunchalar.

Sanoat va olovli texnika jarayonlari uchun yoqilg'ilarni va uning tashkil etuvchilarini oldindan qizdirishni asosan uchta harorat darajalar oralig'i mavjud bo'lib, bular 600 – 700 °K, 900 – 1100 °K, 1300 – 1500 °K dir.

Jarayonga beriladigan xavoni 600 – 700 °K gacha qizdirishni po'latdan yasalgan rekuperatorlarda amalga oshiriladi.

Xavoni 900 – 1100 °K gacha qizdirish, yoqilg'ilarni yonish jarayonini tezlashtiradi.

Sanoatda turg'un va xarakatdagi oraliq to'ldiruvchi bilan ishlaydigan rekuperatorlardan, sopolli rekuperatorlardan, po'lat va cho'yandan yasalgan rekuperatorlardan foydalanishadi. Shulardan sopolli rekuperatorlar va cho'yan xamda po'latdan yasalgan rekuperatorlar bilan tanishib chiqamiz. Sopolli rekuperatorlarga g'ishtdan, xashamli va oddiy sopoldan yasalgan rekuperatorlar kiradi.

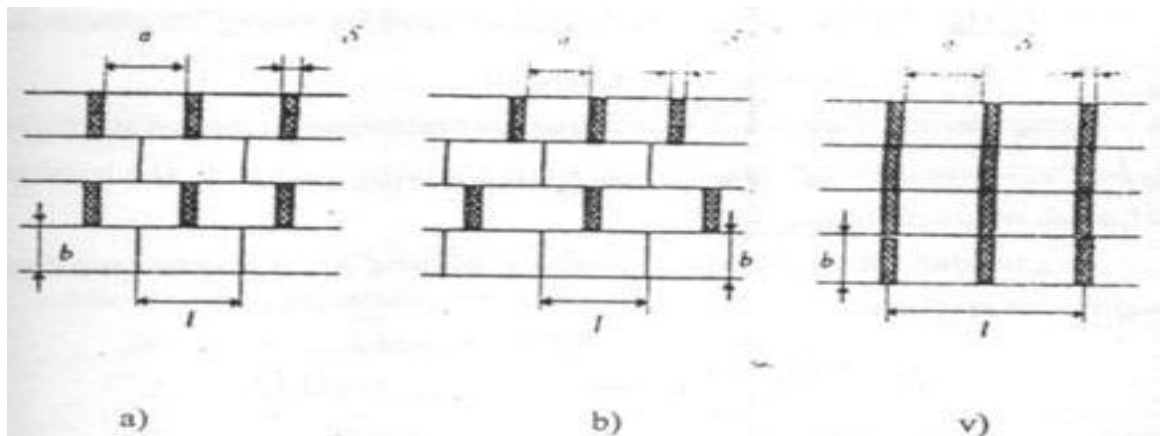
7.2. G'ishtli regenerator (tiklagich) lar.

Yonish jarayoniga beriladigan xavoni oldindan isitish uchun maxsus issiqlik almashtirgichlari – g'ishtli regeneratorlar va keramik (sopolli) rekuperatorlar qo'llaniladi. Bu materiallar arzon xamda issiqlikka chidamli bo'lganlari uchun xavoni 1000 – 1200 °S gacha isitish imkonini beradilar. Shunga qaramay ular qator kamchiliklarga ega:

- regeneratsiya jarayonining davriyligi;
- cheklangan nisbiy issiqlik unumdorligi;
- shlakka nisbatan chidamsizlik;
- gaz zichligining pastligi va xokazo.

G'ishtli regeneratorlar 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 vaqtda keyin sovuq xavo bilan sovutiladi.

Qo'llaniladigan g'ishtlarning o'lchamlari $l \times b \times \delta$ bo'lib, odatda uzunligi $l = 250\text{--}300\text{ mm}$, balandligi $b = 100\text{--}150\text{ mm}$, qalinligi $\delta = 50\text{--}100\text{ mm}$ bo'ladi. Gazlar o'tadigan kanalning eni $\alpha = 50\text{--}150\text{ mm}$ bo'ladi.



2 – rasm. Regenerator ichida g'ishtlarni joylashtirishning turli usullari: a – oddiy; b – mos bo'lmagan; v – kanalli.

Rekuperatorning asosiy ko'rsatkichlari: h_n , m^2/m^3 – joylashtirilgan 1 m^3 xajmdagi g'ishtlarning nisbiy isitilish yuzasi; g_n , kg/m^3 – joylashtirilgan 1 m^3 xajmdagi g'ishtlarning ogirlig'i.

Regenerator ichida g'ishtlar 2–rasmdagidek «a» va «b» turda joylashtirilganda $h_n = 18\text{--}20\text{ m}^2/\text{m}^3$ va $g_n = 1200\text{--}1400\text{ kg}/\text{m}^3$ bo'ladi. Agar «v» turda joylashtirilsa, nisbiy yuza tegishli kamayib $h_n = 14\text{--}16\text{ m}^2/\text{m}^3$, xajmiy vazn $g_n = 1800\text{--}2000\text{ kg}/\text{m}^3$ ga qadar ortadi.

7.3. G'ishtli regeneratorlarning issiqlik balansi

G'ishtli regeneratorning yoqilg'i birligiga nisbatan olingan issiqlik balansi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$B \cdot \left(v_{tg} \cdot c_{tg} (t'_{tg} - t''_{tg}) \right) \eta_i = B \cdot \left(v_x \cdot c_x (t'_x - t''_x) + c_{yo} (t'_{yo} - t''_{yo}) \right) \quad (16)$$

bu yerda: B – yoqilg'ining sarfi;

V_{tg} , V_x – tutun gazlari va xavoning bir birlikdagi sarfi;

c_{tg} , c_x , $\tilde{h}_{yo}$ – tutun gazlari, xavo va yoqilg'ini solishtirma issiqlik sig'imi;

t'_{tg} , t''_{tg} , t'_x , t''_x , t'_{yo} , t''_{yo} – tutun gazlari, xavo va yoqilg'ining dastlabki va oxirgi issiqlik harorati.

Tenglamaning chap tomoni tutun gazlari regeneratorga bergan issiqligini Q_{tg} va tenglamaning o'ng tomoni esa, xavo Q_x bilan yoqilg'ini Q_{yo} isitishga sarflangan issiqlikni ifodalaydi.

Regenerator ichida joylashtiriladigan g'ishtning kerakli yuzasi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$H_r = \frac{Q_x \cdot \tau_{ish}}{k_{ish} \cdot \Delta t}, \quad m^2 \quad (17)$$

bunda: Q_x – xavoni isitishga sarflanadigan issiqlik miqdori, kjoul/soat;

τ_{ish} – ish tsiklining davomiyligi, soat ulushlari;

K_{ish} – ish tsiklidagi issiqlikning uzatilish koeffisiyenti, kjoul/m² °S tsikl;

Δt – haroratlar farqi, °S.

Bu tenglamadagi eng asosiy kattalik issiqlikni uzatish koeffisiyenti xisoblanadi va u quyida keltirilgan tenglamadan topiladi:

$$k_r = \frac{1}{\frac{1}{\sum a_{tg} \tau_{kv}} + \frac{1}{2 \cdot \gamma_{g'ish} \cdot c_{g'ish} \cdot \eta_{g'ish} \phi} + \frac{1}{a_{g'ish} \cdot \tau_{sov}}}; \quad \frac{kJoul}{m^2 \cdot ^\circ S} \quad (18)$$

bunda: $\Sigma \alpha_{nur}$ – nurlanish va konvektsiyadagi issiqlik berishning yig'indi koeffisiyenti, kjoul/m²·°S;

$\alpha_{g'ish}$ – g'ishtni xavoga issiqlik berish koeffisiyenti, kjoul/m²·°S;

δ - ikki yoqlama isitilayotgan g'ishtning ekvivalent qalinligi, m;

$\gamma_{g'ish}$ – g'ishtning solishtirma og'irligi, kg/m;

$\eta_{g'ish}$ – g'ishtning issiqlikni to'plash (akkumulyatsiya) koeffisiyenti;

$\phi_{g'ish}$ – harorat koeffisiyenti (tsikl davomida g'ishtning o'rtacha haroratini uning yuzasidagi harorat bilan bog'laydigan koeffisiyent).

G'ishtga issiqlikni berish koeffisiyenti α_{m_2} regenerator ichidagi g'ishtlarni joylashtirish (terish) usuliga bog'liq bo'lib quyidagi qiymatlarni olish mumkin.

Chunonchi

$$\text{«a» turi uchun: } \alpha_{tg} = 1,6(TW)^{0,25} d_e^{-0,33}$$

$$\text{«b» turi uchun: } \alpha_{tg} = 1,8(TW)^{0,25} d_e^{-0,33}$$

$$\text{«v» turi uchun: } \alpha_{tg} = 0,86(TW)^{0,25} d_e^{-0,33}$$

bunda: T – tutun gazlarining harorati, °K;

W – tutun gazlarining keltirilgan tezligi, m/sek;

D_e – kanalning ekvivalent diametri, m.

G'ishtning akkumulyatsiya (to'plash) koeffitsiyenti $\eta_{g'ish}$, umuman olganda

$$\frac{2 \cdot \dot{a} \cdot \tau_{ish}}{\delta} \text{ parametrining funktsiyasi xisoblanib, bunda } \dot{a} = \frac{\lambda_{g'ish}}{\tilde{n}_{g'ish} \cdot \gamma_{g'ish}} -$$

g'ishtning harorat o'tkazish koeffitsiyenti, m²/s

$\eta_{g'ish}$ ning qiymatlarini uning aniqlovchi parametrlarga bog'liqligidan foydalanib topish mumkin:

7 – jadval.

$\frac{2 \cdot \dot{a} \cdot \tau_{ish}}{\delta}$	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
$\eta_{g'ish}$	0,28	0,42	0,6	0,7	0,76	0,8

Harorat koeffitsiyenti quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$\phi = \frac{\Delta t_{ish}}{t_{is} - t_{sov}} \quad (19)$$

bunda: Δt_{ish} – ish tsiklida g'isht harorati o'zgarishlarining amplitudasi;

t_{is} , t_{sov} – isitish va sovitish paytidagi g'ishtlar yuzasining o'rtacha haroratlari.

Odatda g'ishtli regeneratrlar uchun $\phi = 2,2-2,5$ bo'ladi.

7.4. Sopol (keramik) rekuperatorlar.

Keramik rekuperatorlarni tayyorlashda shamot va shuningdek karborund ishlatiladi. Ularning olovbardoshlik chegarasi yuqori bo'lib 1600–1700 °S va yumshay boshlashi 1300–1350 °S ga to'g'ri keladi. Shuning uchun ular yordamida xavoni 1000–1100 °S gacha qizdirish mumkin.

Keramik rekuperatorlarning kamchiliklari:

- rekuperator elementlarining o'zaro ulanish joylarining juda ko'pligi va ularni amalda zichlab bo'lmasligi;
- g'ovakli keramik devorlarini haroratlar gradienti ta'siridan yorilib ketishi;
- keramik materialning toshqol (shlak) tomonidan yemirilishi.

Rekuperator elementlarining ulanish joylaridan xavoning tutun gazlariga o'tishini 20–30 % ga kamaytirish uchun xavo va gaz kanallari orasidagi bosimlar farqi 10–20 mm suv ust.dan ko'p bo'lmasligi kerak. Odatda keramik rekuperatorlarda issiqlik berish koeffitsiyenti 25–30 kJoul/m²·soat·°C dan oshmaydi, bu metall rekuperatorlaridan ikki barobar kamdir. Xashamli, ya'ni

shakldor qilib yasalgan keramik rekuperator og'irlik birligining narxi metall rekuperatornikidan 15–20 barobar qimmatdir. Ammo 1 m² yuza birligiga to'g'ri keladigan keramik rekuperatorning og'irligi 120–140 kg tashkil etganda, metall rekuperatoriniki 20–25 kg ni tashkil etadi va issiqlik berish koeffitsiyenti 2–3 barobar katta bo'ladi. Shunga asosan xulosa qilish mumkinki, keramik rekuperatorlarni kelajakda qo'llanish ko'lamini cheklangandir.

Nazorat savollari

1. Harorat darajalari oralig'i?
2. Sanoatda rekuperatorlardan foydalanish?
3. Rekuperatorlar qanday qurilmalar?
4. Regeneratorlar qanday qurilmalar?
5. G'ishtli regeneratorlarning afzallik va kamchiliklari?
6. Regenerator ichida g'ishtning joylashishi?
7. G'ishtli regeneratorning issiqlik balansi?
8. Regenerator ichidagi g'isht yuzasini aniqlash?
9. G'ishtda issiqlik uzatish koeffitsiyenti?
10. Sopol (keramik) rekuperatorlar?
11. Sopol rekuperatorlarning afzallik va kamchiliklari?
12. Keramik rekuperatorlarning aloxida xususiyatlari?

8 – MA'RUZA. METALL REKUPERATORLAR VA ULARNING ISHONCHLI ISHLASH SHARTLARI.

Reja:

1. Metall rekuperatorlarning ishonchli ishlash shartlari.
2. Metall rekuperatorlarda issiqlik qabul qilinishning notekisligi.
3. Parallel ulangan elementlar orasida proportsionallik.
4. Metall rekuperatorlarning xususiyatlari.

Tayanch iboralar: rekuperator, parallel ulanish, proportsionallik, bosim.

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5

8.1. Metall rekuperatorlarning ishonchli ishlash shartlari.

Metall rekuperatorlarida xavoni 800–850 °S gacha isitish mumkin. Ularni yasash uchun ishlatiladigan cho'yan va po'latning issiqbardoshliligi 1000–1100 °S atrofida. issiqlikni qabul qiluvchi metall devorining harorati:

$$t_m = t_x + \frac{q}{a_{g'ish}} \quad (20)$$

bunda: t_x – xavoning harorati;

q – yuzaning solishtirma issiqlik yuklamasi, kJoul/m·soat;

$\alpha_{g'ish}$ – yuzadan xavoga issiqlik berish koeffitsiyenti, kkal/m² soat °S.

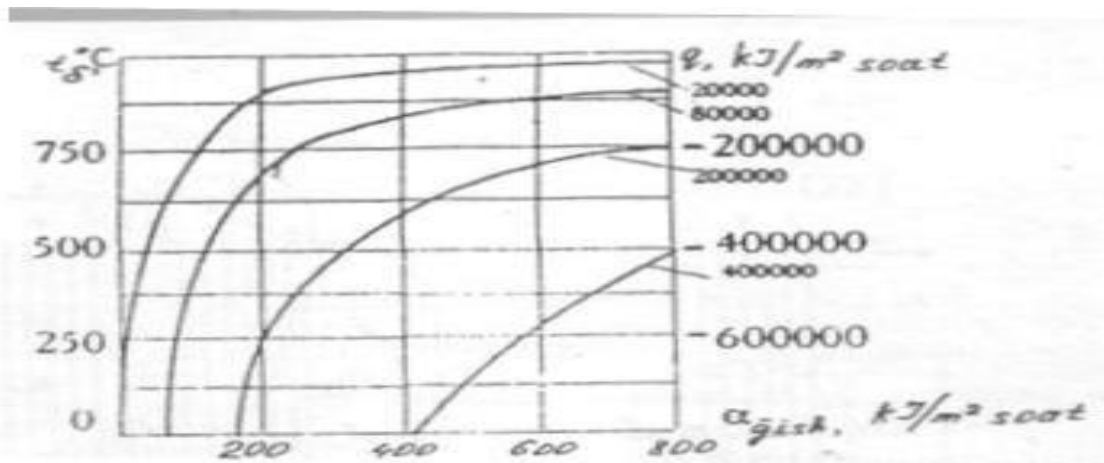
Bu tenglamada $\alpha_{g'ish}$ muxim ahamiyatga ega.

Quyidagi 3 – rasmda xavoni chegaraviy qizdirishning issiqlik olish jadalligi va nisbiy issiqlik yuklamasiga bog'liqligi keltirilgan.

Keltirilgan 3 – rasmdan ko'rinadiki, nisbiy yuklama $q = 20000$ kJoul/m² soat bo'lganda xavoni 900 °S gacha isitish uchun $\alpha_{g'ish} = 200$ kJoul/m² soat °S bo'lishi kerak. Agar solishtirma issiqlik yuklamasi $q = 80000$ kJoul/m² soat °S gacha ko'tarilsa, $\alpha_{g'ish}$ ning qiymati 4 marta ortadi.

Agar $\alpha_{g'ish}$ ning qiymati avvalgi darajada saqlab qolinsa, issiqlik yuklama $q = 80000$ kJoul/m² soat °S sharoitida xavoni faqat 600 °S gacha isitish mumkin bo'ladi.

Demak, metall rekuperatorining yuqori haroratlarda ishonchli ishlashini ta'minlash uchun issiqlikni qabul qiluvchi metall devorining haroratini joiz darajada ($t_n = 1000$ °S) ushlab turish lozim; buning uchun $\alpha_{g'ish}$ ni tegishlicha ko'tarish talab qilinadi.



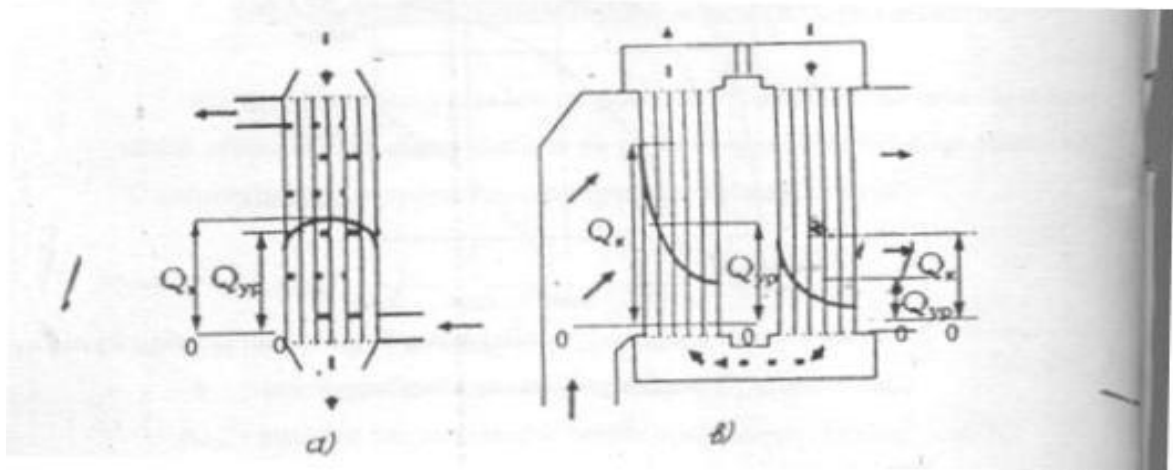
3-rasm. Havoni chegaraviy qizdirilishining issiqlik olish jadalligi va nisbiy issiqlik yuklamasiga bog'liqligi.

Parallel ulangan metall rekuperatorlari uchun $\alpha_{g'ish}$ ning qiymati issiqlik qabul qilinishining notekisligini xisobga olgan xolda aniqlanishi kerak, ya'ni $\phi = Q_k/Q_{yp}$ ga asoslanish lozim. Bunda: Q_k va Q_{yp} – qizdirish elementlarining katta va o'rtacha issiqlik yuklamalari, kJoul/soat.

8.2. Metall rekuperatorlarda issiqlik qabul qilinishning notekisligi.

Quyidagi 4 – rasmdan ko'rinadiki, «a» - tasvirda regeneratrlar isitiladigan xavo bo'yicha xam, isituvchi tutun gazlari bo'yicha parallel ulangan. Shunga ko'ra, bu yerda issiqlikni qabul qilinishining notekisligi gazlar yo'lidagi tezlik va harorat

maydonlarining notekisligi bilan belgilanadi va $\varphi = 1,1 - 1,2$ bo'ladi. «b» - tasvirda regeneratrlar tutun gazlari bo'yicha ketma – ket va xavo bo'yicha parallel ulangan. Bu xolda rekuperator quvurlar qatorining xar birida haroratlar farqi bilan Issiqlik almashinuvi jadalligi kamayib borib $\varphi = 1,4 - 1,5$ va ayrim xollarda $\varphi = 1,8 - 2,0$ ga teng bo'ladi.



4-rasm. Metall rekuperatorlarida issiqlik qabul qilinishining notekisligi.

8.3. Parallel ulangan elementlar orasida proportsionallik.

Isitiladigan xavo oqimining turlicha taqsimlanishi parallel ulangan elementlar orasidagi bosimlar farqining o'zgarmas qiymatda bo'lishi belgilanadi:

$$\Delta P = AG^2 \left(1 + \frac{v''}{v'} \right); \quad \hat{e} \tilde{a} / \dot{\imath}^2 \quad (21)$$

bunda: G – isitiladigan muhitning sarfi, kg/sek;

v', v'' - boshlang'ich va oxirgi solishtirma xajm, m^3/kg ;

A – elementlarning konstruktiv (l/d) va gidralik ko'rsatkichlarini (λ, ξ) xisobga oluvchi koeffisiyent.

(21) tenglamadan ko'rinadiki, parallel ulangan quvurlar turlicha isitilganda, ulardan o'tayotgan xavoning sarfi solishtirma xajmining ortishiga teskari proportsional ravishda qayta taqsimlanib turadi.

$$\frac{G_1}{G_2} = \sqrt{\frac{1 + \frac{v_2''}{v_1'}}{1 + \frac{v_1''}{v_2'}}} \quad (22)$$

bunda: G_1, G_2 – birinchi va ikkinchi elementlardagi muhitning sarfi;

v' - isitilayotgan muhitning boshlang'ich solishtirma xajmi;

v_1'', v_2'' - birinchi va ikkinchi elementlardagi muhitning oxirgi solishtirma xajmlari.

8.4. Metall rekuperatorlarning xususiyatlari.

Shunday qilib, metall rekuperatorining issiqlik yuklamasi Q_K bo'lgan elementlari xavoning qisq sarfiga G_{kuq} ega bo'ladi. Shuning uchun ular da isitilayotgan muhit entalpiyasining eng ko'p o'sishi kuzatiladi, ya'ni $\Delta t_K = Q_K/G_{kuq}$ kJoul/kg. Shubxasiz, bunday elementlar metalining harorati keskin oshib ketadi va tutun gazlarining haroratiga yaqinlashishi mumkin. Rekuperatorlarning qizigan gazlar yo'nalishi bo'yicha birinchi joylashgan metall, xasusan ignasimon cho'yanli elementlari quyib ketishining amalda tez – tez kuzatilishini yuqorigi sabab bilan izoxlash mumkin. Bu xolning yana bir salbiy tomoni shundan iboratki, elementning turlicha qizigan quvurlari yordamida isitilayotgan xavoning o'rtacha harorati tamoman mo'tadil darajada bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Metall rekuperatorlarda harorat o'zgarishi.
2. Bosimlar farqini katta – kichikligi.
3. Xavoni chegaraviy qizdirish grafigi.
4. Yuzadan xavoga issiqlik berish koeffitsiyentining o'zgarishi.
5. Metall rekuperatorlarda issiqlik qabul qilinishining notekisligi.
6. Muhit sarfining solishtirma xajmga bog'liqligi.
7. Xavoning kichik sarfi.
8. Xavoning katta sarfi.
9. Rekuperatorlarning ishlash ishonchliligi.
10. Ignasimon cho'yan elementlar nima uchun quyib ketadi.

9 – MA'RUZA. CHO'YAN REKUPERATORLAR.

Reja:

1. Cho'yan rekuperatorlarning xossalari.
2. Nurlanishli (radiatsion) rekuperatorlar.

3. Nurlanishli quvurli rekuperatorlar.

4. Nurlanish balansi va koeffisiyenti.

Tayanch iboralar: quvur, issiqlik uzatish, cho'yan igna, nurlanish, nurlanish koeffisiyenti.

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 6

9.1. Cho'yan rekuperatorlarning xossalari.

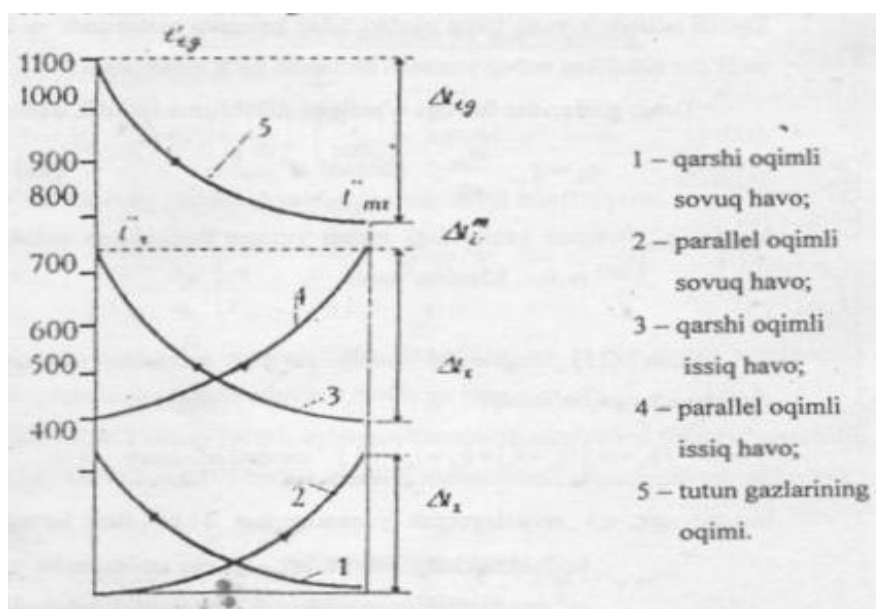
Sanoatda cho'yan ignali rekuperatorlar keng qo'llaniladi. Cho'yan ignasimon rekuperatorlarning asosiy konstruktiv elementi cho'ziq kesimli quvurdan (uzunligi 0,9 – 1,6 m) iborat. Xavo tomonidagi ignalarning balandligi 20 mm, oralaridagi masofa 14 mm, gaz tomonidan tegishli 40 mm va 18 – 28 mm.

Ignalarni qo'llanilishi issiqlik uzatilishini oshiradi, ya'ni «K» koeffitsienti ortadi, ammo rekuperatorning qarshiligi va ifloslanishi ko'payishi bilan, quvurlarda termik kuchlanishlar paydo bo'ladi. Shuning uchun faqat xavo tomonida ignalari bo'lgan rekuperatorlarni qo'llash afzalroq bo'ladi. Odatda rekuperatorlardagi tutun gazlarining tezligi 1 – 3 m/sek, xavoniki esa 3 – 6 m/sek. Qizish yuzasining ifloslanish koeffisiyenti silliq gaz quvurlari uchun $\phi = 0,8 - 0,9$; ignasimon quvurlar uchun $\phi = 0,5 - 0,8$; demak, xaqiqiy issiqlik uzatish koeffisiyenti $K_x = \phi K$ bo'ladi.

Ikki yo'lli cho'yan ignali rekuperatorining xavo 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 sirqib oqadigan xavo 5 – 20 % ga teng. Cho'yan ignasimon rekuperatorlarning xizmat muddati (xavo 350–400 °S gacha isitilganda) 3–5 yildan oshmaydi. Shuning uchun ularning kelajakdagi rivojlanish istiqboli ma'lum darajada cheklangandir.

9.2. Nurlanishli (radiatsion) po'lat rekuperatorlar.

Ma'lumki, nurlanish yo'li bilan issiqlik berish tutun gazlarining harorati 750 – 800 °S dan kam bo'lmagan xollarda samarali bo'ladi.



1-qarshi oqimli sovuq havo; 2-parallel oqimli sovuq havo; 3-qarshi oqimli issiq havo; 4-parallel oqimli issiq havo; 5-tutun gazlarning oqimi;

5-rasm. Nurlanish bilan ishlaydigan issiqlik rekuperatorlariga issiq va sovuq havo oqimlarini ulash usullari.

Xavoni isitish paytida tutun gazlari $\Delta t_{mg}=1100-800=300$ °S ga soviydi, xavo esa, $\Delta t_x=300 \times 1,25=375$ °S gacha isiydi. Agar xavo qarshi oqim bo'yicha berilsa, (5 - rasm) qizish yuzasining past harorati va issiqlik qabul qilinishi ta'minlanadi, ammo yuqori haroratli gazlar ($t_{m2}=800$ °S) foydalanilmay qoladi.

Shuning uchun ikki pog'onali rekuperatorni qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi: u xavoni 775 – 800 °S gacha isitib, chiqib ketuvchi gazlar haroratini $t_{m2}=200-250$ °S ga tushirish imkonini beradi.

9.3. Nurlanishli quvurli rekuperatorlar.

Ichki issiqlik berishni nurlanish bilan kuchaytirish usuli muxim ahamiyatga ega. Buni amalga oshirish uchun, 6–rasmda ko'rsatilganidek, ikkita tsilindrik yuzalar xosil qilgan tor aylanma kanal orqali xavoni o'tkazish lozim. Tashqi tsilindrik yuza tutun gazlari bilan bevosita qizdiriladi va ichki tsilindrik yuza esa issiqlikni tashqi yuzadan nurlanish yo'li bilan oladi.

Tutun gazlaridan xavoga o'tadigan solishtirma issiqlik oqimi:

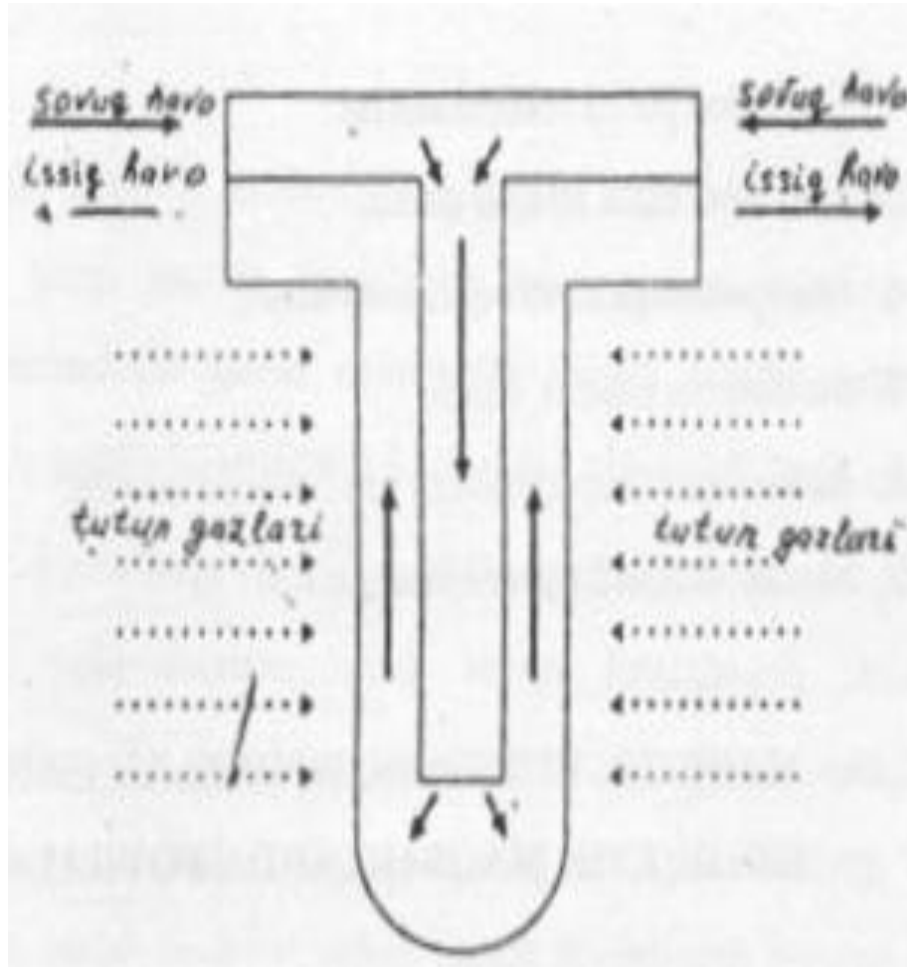
$$q_0 = q_{mg} \cdot \frac{\alpha_{mg}}{\alpha_0}; \quad \text{kJoul} / \text{m}^2 \cdot \text{soat} \quad (23)$$

bunda: q_{mg} – tutun gazlaridagi metall yuzaga beriladigan solishtirma issiqlik oqimi, kJoul/m² soat.

Agar (23) tenglamani asosiy sovitish yuzasiga nisbatan ifodalasak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$q_0 = \alpha_x \left((t_m - t_x) + (t_r + t_x) \cdot \frac{\alpha_r}{\alpha_0} \right); \quad \text{kJoul} / \text{m}^2 \cdot \text{soat} \quad (24)$$

bunda: $\alpha(t_m - t_x)$ sovitalayotgan yuzaning xar 1 m² dan xavoga o'tayotgan konvektiv issiqlikni va $\alpha(t_r - t_x)$ esa qo'shimcha yuzaning xar 1 m² dan berilayotgan nurlanish issiqligini ifodalaydi.



6-rasm. Nurlanish bilan ishlaydigan quvurli rekuperatorning sxematik ko'rinishi.

9.4. Nurlanish balansi va koeffitsiyenti.

Bu xolda nurlanish issiqligi:

$$\alpha_x (t_m - t_x) = C_k \left(\left(\frac{T_m}{100} \right) - \left(\frac{T_r}{100} \right) \right); \quad \text{kJoul} / \text{m}^2 \cdot \text{soat} \quad (25)$$

bunda: C_k – asosiy yuzaning keltirilgan nurlanish koeffitsiyenti.

$$\tilde{N}_k = \frac{1}{\frac{1}{C_r} + \frac{\alpha_r}{\alpha_0} \cdot \left(\frac{1}{C_m} - \frac{1}{4,96} \right)}; \quad \text{kJoul} / \text{m}^2 \cdot \text{soat} \left(\frac{^\circ \hat{E}}{100} \right) \quad (26)$$

bunda: C_r va C_m – qo'shimcha (nurlanish) va asosiy metall yuzalarining nurlanish koeffitsiyentlari; odatda 3,5–4,0 ga teng.

Shuni ta'kidlash joizki, aylanma kanalning ekvivalent diametri qanchalik kichik ($d_s = 0,012\text{--}0,016$) bo'lsa, issiqlik almashinuvi shunchalik yuqori bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Cho'yan rekuperatorlardan foydalanish.
2. Issiqlik uzatilishini oshirish usullari.
3. Tutun gazlarining tezligi.
4. Radiatsion pulat rekuperatorlar.
5. Nurlanish bilan issiqlik berish.
6. Rekuperatorga xavo oqimlarini ulash.
7. Solishtirma issiqlik oqimi.
8. Radiatsion rekuperatorning sxematik ko'rinishi.
9. Nurlanish koeffitsiyentini aniqlash.

10 – MA'RUZA. TEXNOLOGIK GAZLAR ISSIQLIGIDAN ENERGETIK MAQSADLARDA FOYDALANISH.

Reja:

1. Chiqib ketuvchi gazlardan energetik maqsadlarda foydalanish.
2. Issiq suv va suv bug'i issiqlik tashuvchi muhitlar sifatida
3. Ikki pog'onada bug'lanadigan suv isitish qurilmasi
4. Ko'p pog'onali isitishda bug' va issiq suvning bosim ko'rsatkichlari.

Tayanch iboralar: olovli jarayonlar, tsikl, regeneratsiya, suvning fizik xossalari.

Adabiyotlar: 2, 3, 4, 5

10.1. Chiqib ketuvchi gazlardan energetik maqsadlarda Foydalanish

Ishlab chiqarishdagi olovli texnik jarayonlarda issiqlikdan foydalanish darajasining pastligi berilayotgan tayyor texnologik maxsulotning harorati yuqori bo'lishi bilan belgilanadi. Bu xol o'z navbatida ishchi kamerasidan chiqib ketuvchi gazlar haroratining yuqori bo'lishiga sabab bo'ladi. Shu gazlar bilan yo'qotilayotgan issiqlik ishlab chiqarishdagi barcha olovli texnik jarayonlarga sarflanayotgan yoqilg'ining taxminan yarmiga to'g'ri keladi.

Chiqib ketuvchi gazlarning issiqligini regeneratsiya (tiklash) maqsadida yoki berk tizim asosida foydalanish bu masalani butunlay xal qilmaydi. Masalan, texnologik gazlar issiqligidan xavoni isitish uchun foylanilganda regeneratsiya koeffitsiyenti $\eta_p = 0,5 - 0,6$ dan oshmaydi, ko'p xollarda esa undan xam kichik qiymatlarga ($\eta_p = 30 - 40 \%$) ega bo'ladi. Bu issiqlikdan texnologik maxsulotni yoki shixtani isitish uchun foydalanish imkoniyatlari xam cheklangandir. Shu sababdan

chiqib ketuvchi gazlar issiqligini energetik maqsadlarda qo'shimcha maxsulot: issiq suv, past bosimli bug' va elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun chetda foydalanish zarurati tug'iladi. Ishlab chiqarishdagi olovli texnologik jarayonlarni energetik tsikllar bilan uyg'unlashtirish doimo yuqori samara beradi va yoqilg'i tejallishining salmogini oshiradi.

10.2.Issiq suv va suv bug'i issiqlik tashuvchi muhitlar sifatida.

Issik suv uzining fizik xossalari (ρ , c , λ) bo'yicha issiqlikni qabul qilish va tashish nuqtai nazaridan bug' va xavoga nisbatan aloxida afzalliklarga ega.

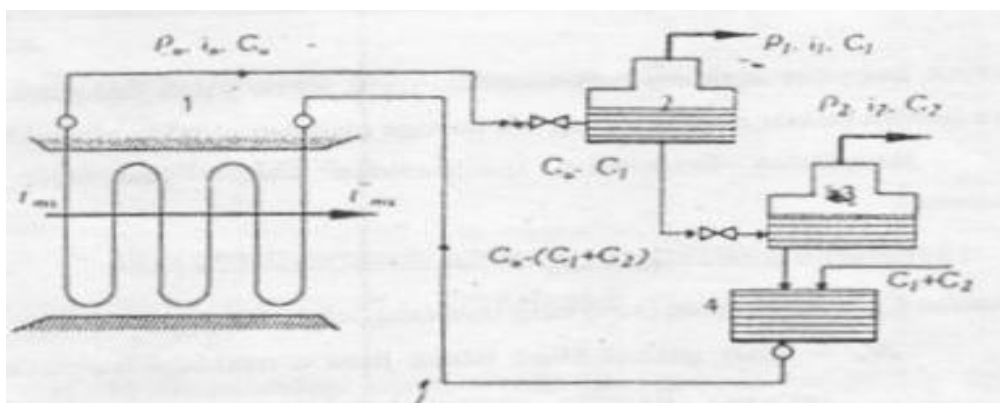
Issiqlikdan foydalanish qurilmasidan chiqib ketayotgan gazlarning harorati:

$$t_{tg} = t_{ij} + \Delta t_m; \quad (27)$$

bunda: t_{ishj} – ishchi jism (suv) ning boshlang'ich harorati;

Δt_m – tutun gazlari bilan ishchi jism o'rtasidagi haroratlar farqining iqtisodiy jixatdan zaruriy xisoblangan minimal (eng kichik) qiymati.

Suv uchun va bug' bilan suv aralashmasi uchun $\Delta t_m = 75-100$ °S ga, xamda xavoni isitish paytida $100-150$ °S ga teng bo'ladi. Odatda issiq suvni ishlab chiqarish imkoniyatlari uni iste'mol qilish imkoniyatlaridan yuqori turadi. Masalan, yillik unumdorligi 3–4 mln.t. metall maxsulotiga teng bo'lgan zamonaviy korxona issiq suv bilan 300–400 mln. kjoul/soat issiqlik berishi mumkin. Bunday miqdordagi issiqlik 1 mln. axolisi bo'lgan shaxarning isitish va issiq suvga bo'lgan talabini qondirish uchun yetarli bo'lar edi. Korxonalar yaqinida odatda bunday sharoitlar bo'lmaydi. Bundan tashqari, isitish mavsumining davomiyligi 4500–5500 soatga teng bo'lib, issiqlik yuklamasi maksimum qiymatidan 5–6 marta pasayishi mumkin. Vaxolanki, ishlab chiqarishdagi ko'pchilik agregatlar aslida bir tekis issiqlik yuklamasi bilan yiliga 8000–8500 soat ishlaydi. Shuni aloxida xisobga olish kerakki, issiq suv olish uchun texnologik gazlardan bevosita foydalanish, bu yerga yaqin joylashgan IEM ning ishlashini yomonlashtiradi, chunki kondensatsion ish xolatida ko'p miqdordagi elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun yoqilg'ining ortiqcha sarflanishiga sabab bo'ladi. Sanoat korxonasida yoki uning yaqinida IEM bo'lmagan taqdirdagina chiqib ketuvchi gazlardan texnologik bug' olish uchun foydalanishni o'zini oqlaydigan va maqsadga muvofiq chora deb, xisoblash mumkin.



7-rasm. Ikki pog'onada bug'lanadigan suv isitish qurilmasining sxemasi.

1-suv isitish qurilmasi; 2-pog'ona kengaytirgichi (bug'latgich);
3-ikkilamchi pog'ona kengaytirgichi; 4-suv to'playdigan sig'imi;
5-suv haydagich.

10.3. Ikki pog'onada bug'lanadigan suv isitish qurilmasi

Odatda, chiqib ketuvchi gazlarning issiqligidan bosim ostida 7–rasmda keltirilganidek, qizitilgan suv olish uchun foydalaniladi, keyin undan maxsus kengaytirgichlar yordamida past bosimli bug' olinadi. Birinchi kengaytirgichda 2 isitish qozonidan 1 keltirilgan suv bilan shu kengaytirgichda qaynayotgan suv entalpiyalarining farqidan foydalaniladi. Xosil bo'layotgan P bosimli to'yingan bug'ning miqdori:

$$G_1 = G_0 \cdot \frac{i_0 - i_1}{r_{1_0}}; \quad (28)$$

bunda: r_{1_0} – bosim P_1 bo'lgandagi suvning bug'lanish issiqligi.

10.4. Ko'p pog'onali isitishda bug' va issiq suvning bosim ko'rsatkichlari.

Ishlab chiqarilayotgan bug'ning P bosimi yuqori bo'lishi uchun isitish qozonidagi suvning bosimi (P) mumkin qadar yuqori bo'lishi kerak. Bu esa, qurilmani qimmatlashtiradi. Bundan tashqari ishlab chiqarilayotgan bug'ning nisbiy miqdori G_1/G_2 ni ko'paytirish va nasos bilan xaydalayotgan suv miqdori G_0 ni xamda bunga sarflanayotgan elektr energiyasini kamaytirish uchun P_0 ni oshirish zarur. Ko'p pog'onali kengaytirish qurilmalarini (7–rasm) qo'llash chiqib ketayotgan gazlarning harorati t_{mg}'' ni mumkin qadar pasaytirishga mo'ljallangan.

Bu qurilmaning murakkab bo'lishiga qaramay, sanoatda past bosimli bug'ga extiyoj tug'ilgan paytlarida qo'llanilishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Chiqish gazlaridan turli maqsadlarda foydalanish.
2. Chiqish gazlaridan energetik maqsadlarda foydalanish.
3. Chiqish gazlari issiqligidan xavoni isitishda foydalanish.
4. Chiqish gazlari haroratini aniqlash.
5. Issiq suvdan issiqlik tashuvchi sifatida foydalanish.
6. Isitish mavsumining davomiyligi.
7. Ikki pog'onada bug'lanadigan suv isitish sxemasi.
8. To'yingan bug' miqdorini aniqlash istiqbollari.
9. Ikkilamchi energiya manbalari bo'lmagan sanoat xududida bug' olish uchun chiqish gazlaridan foydalanish.
10. Chiqib ketayotgan gazlar haroratini pasaytirish.

11 – MA'RUZA. CHIQISH GAZLARIDAN BUG' YOKI XAVO TURBINALI TSIKLLARDA FOYDALANISH.

Reja:

1. Chiqish gazlaridan energetik maqsadlarda foydalanish qurilmalari.
2. Samaradorlik koeffitsiyentini belgilash.
3. Issiqlikning yo'qotilishi.
4. Chiqish gazlarida ishlaydigan bug' qozonlarining parametrlari.

Tayanch iboralar: turbina, kompressor, bug' parametrlari, domna gazi, metallurgiya.

Adabiyotlar: 3, 4, 5, 6

11.1. Chiqish gazlaridan energetik maqsadlarda foydalanish qurilmalari.

Chiqib ketuvchi gazlarning issiqligidan energetik maqsadlarda foydalanishning eng universal yo'nalishi elektr energiyasini ishlab chiqarishdan iborat. Bu chiqib ketuvchi gazlarda ishlovchi qozondan bug' oladigan oddiy bug' turbinali qurilma yoki pechning tutun gazlari yo'liga ulangan xavo turbinalari yordamida amalga oshirilishi mumkin. Kompressor bilan ishlaydigan xavo

turbinasining samarali foydali ish koeffitsiyenti η_c quyidagi parametrlar bilan belgilanadi:

- xavo (gaz) ning turbinaga kitraverishdagi boshlang'ich harorati $T'_T, ^\circ K$;
- kompressorda siqilgan xavoning oxirgi harorati $T'_K, ^\circ K$;
- kompressor bilan turbinaning foydali ish koeffitsiyentlari η_K, η_m .

Kompressorga kiritilayotgan xavoning boshlang'ich harorat darajasini $T'_b = 300 ^\circ K$ deb qabul qilish mumkin. Bundan tashqari $\eta_m = 0,84 - 0,86$; $\eta_K = 0,82 - 0,84$ bo'lib, xavoning kompressordan keyingi harorati $\beta = P''_K / P'_K$ nisbat asosida aniqlanadi, bunda P''_K va P'_K xavoning boshlang'ich xamda oxirgi bosimlaridir. Xavo siquvining maqbul qiymati samarali foydali ish koeffitsiyenti η_c ning eng yuqori (maksimal) qiymatiga mos keladi. Kompressorda xavoni siqish uchun turbinaning 75 – 80 % gacha quvvati sarflanadi. Asosan shu bilan xavo turbinali tsikl bug' turbinali tsikldan farq qiladi. Bug' turbinali tsiklda bug'ning bosimi uni qizdirish darajasiga unchalik bog'liq bo'lmay, balki ta'minlash suvini mexanik usulda siqish darajasiga bog'liq bo'ladi va buning uchun ishlab chiqarilgan energiyaning juda kam ulushi sarflanadi.

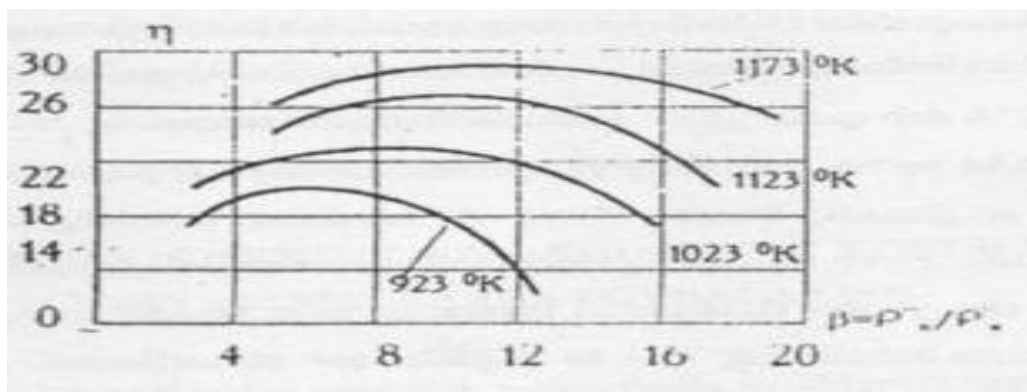
11.2.Samaradorlik koeffitsiyentini belgilash.

Shunday qilib, xavo (gaz) ning turbina oldidagi boshlang'ich harorati samaradorlik koeffitsiyentini belgilovchi eng muxim parametr xisoblanadi.

Xavo turbinasining samarali foydali ish koeffitsiyenti:

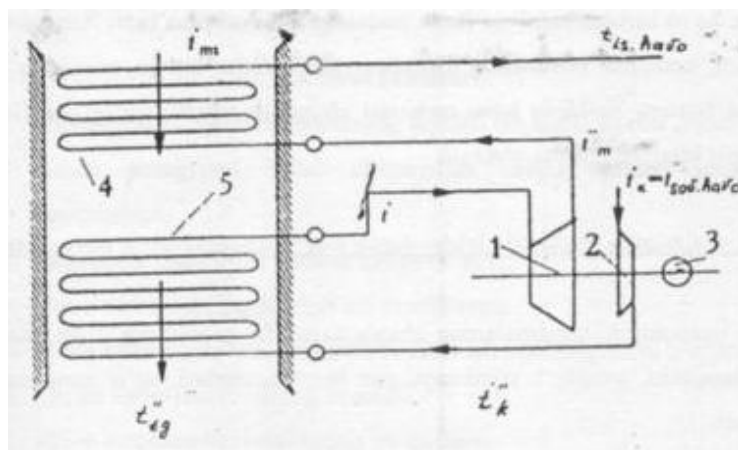
$$\eta = \frac{\frac{\dot{O}'_o}{T''_o} \cdot \eta_o \cdot \eta_e - 1}{\frac{\dot{O}' - \dot{O}'}{T''_e - T'_e} \cdot \eta_e - 1}; \quad \% \quad (29)$$

Quyida keltirilgan 8–rasmda samaradorlik foydali ish koeffitsiyenti η ning T'_m va β ga bog'liqligi ko'rsatilgan. Bu rasmdan ko'rinadiki, η ni oshirish uchun xavoning turbina oldidagi boshlang'ich haroratini imkoni boricha ko'tarish lozim.



8-rasm.Havo turbinasidagi samaradorlik foydali ish koeffitsientining o'zgarishi.

Past parametrli bug'ning ($P=35$ ata, $T=435$ °S) bug'li turbina tsikldagi issiqligining kVt-soatga nisbatan solishtirma sarfi $q=3200-3300$ kJoulni tashqil qiladi, bu esa o'z navbatida samaradorlik foydali ish koeffitsiyentining $\eta=30$ % teng bo'lgan ish xolatiga mos keladi. Xavo turbinali tsiklda xuddi shunday FIK ga erishish uchun xavoning boshlang'ich harorat darajasi $950-1000$ °S va bosimi 10 ata ga teng bo'lishi kerak. Bunday yuqori haroratlar gaz turbinalarida bo'lishi mumkin. Xavo qozonining isitish quvurlari (9 – rasm) 6–8 atmosferali bosim va $700-750$ °S li harorat ostida ishlaydi. Bu sharoitda t'_m ning qiymati 650 °S dan oshmaydi. Shuning uchun, bunday parametrlarda ishlaydigan xavo turbinasining samarali foydali ish koeffitsiyenti 20 % dan oshmaydi, ya'ni bug' turbinali qurilmanikidan 1,5 barobar kam bo'ladi.



9-rasm.Qo'sh havo turbinali qurilmasining chizma tasviri.

1-havo turbinasi; 2-kompressor; 3-generator; 4-rekuperator; 5-havo qozoni.

11.3.Issiqlikning yo'qotilishi.

Turbinada ishlatilgan xavoning issiqligidan turli pechlarning olovli jarayonlarida foydalanish xam yetarli samara bermaydi, chunki turbinadan chiqib ketuvchi xavo bilan kam miqdorda issiqlik yo'qotiladi. Issiqlikning 70–80 % gacha yo'qotilishi asosan xavoni kompressorda siqish jarayonida yuz beradi.

Bundan keskin farq qilgan xolda, bug' turbinali tsiklda kondensatning siquvini qozon bosimigacha yetkazish uchun juda kam miqdorda energiya sarflanadi va asosiy issiqlik yo'qotilishi (55–60 % gacha) chiqib ketuvchi bug' bilan bog'liq bo'ladi. Xuddi shuning uchun bunday bug'dan foydalanib, qurama usulda elektr energiyasini ishlab chiqarish tsiklning samaradorligini keskin oshirib yuboradi.

Agarda texnologik shartlar asosan ortiqcha bosim xosil qilinadigan bo'lsa, xavo turbinalarini qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi. Xususan, domna gazining ortiqcha bosimidan foydalanuvchi turbina bunga misol bo'la oladi. Barcha boshqa xollarda xavo turbinasi energetik samaradorligi bo'yicha bug' turbinasi bilan tenglasha olmaydi.

11.4. Chiqish gazlarida ishlaydigan bug' qozonlarining parametrlari.

Texnologik qurilmalardan chiqib ketuvchi gazlarning fizik issiqligidan foydalanuvchi, yoqilg'i yoqilmaydigan bug' qozonlari og'ir sanoatning turli soxalari:

- qora va rangli metallurgiya;
- og'ir mashinasozlik;
- kimyo sanoati;
- neft va tabiiy gazni qayta ishlash

kabi korxonalarda keng qo'llaniladi. Ayniqsa, metallurgiyada ular katta ahamiyatga ega. Bunday qozonlar boshlang'ich harorati $t'_{mg}=450-500\text{ }^{\circ}\text{S}$ va undan yuqori bo'lgan texnologik gazlarning issiqligidan foydalanishga mo'ljallangan. Bu haroratlar qozonlar qo'llanilishining o'zini oqlaydigan quyi iqtisodiy chegarasiga mos keladi. Gazlarning harorati ko'rsatilgan qiymatlardan past bo'lgan xollarda qozon qizitish yuzalarining o'lchamlari va og'irligi bug' unumdorligiga nisbatan nixoyatda ortib ketadi. Agar isituvchi gazlar ortiqcha bosimga ega bo'lsa, t'_{mg} ning pastroq qiymatlarida kam bug' qozonlari qo'llanilishi mumkin. Bu xolat chiqib ketuvchi gazlarning ortiqcha bosimi 0,2–0,3 va undan yuqori bo'lgan gaz dvigateli va dizellarga tegishlidir. Gazlarning harorati yuqori bo'lib, bug' bo'yicha unumdorlik 2–3 t/soat bo'lsa, bug' qozonlarini qo'llash o'zini oqlaydi. Agar gazlarning harorati 500 – 600 $^{\circ}\text{S}$ bo'lsa, bu bo'yicha unumdorlik 3–5 t/soat bo'lishi kerak. Umuman olganda, yoqilg'i yoqilmaydigan qozonlar soatiga bir necha un tonna yuqori parametrlari (40 ata va 450 $^{\circ}\text{S}$) bug' berishga mo'ljallangan bo'lishlari kerak.

Nazorat savollari

1. Kompessorli xavo turbinasining foydali ish ko'effisiyenti parametrlari.
2. Elektr energiyasi ishlab chiqarishda chiqish gazlari issiqligidan foydalanish.
3. Haroratlar darajasini turbina ishiga ta'siri.
4. Xavo turbinasining foydali ish ko'effitsenti.
5. Xavo turbinasini samaradorlik foydali ish ko'effisiyentini o'zgarishi.

6. Qo'sh xavo turbinasining sxemasi.
7. Xavo turbinasida issiqlikning yo'qolishi.
8. Utilizatsion qozonlar.
9. Utilizatsion qozonlar ishlatiladigan sanoat soxalari.
10. Bug' qozonlarini o'zini oqlashi.

12 – MA'RUZA. CHIQISH GAZLARIDA ISHLAYDIGAN BUG' QOZONLARINING TASNIFI.

Reja:

1. Haroratga ko'ra qozonlarni tasniflash.
2. Past haroratli sanoat gazlarida ishlaydigan qozonlar.
3. Yuqori haroratli sanoat gazlaridan foydalanish.
4. Yuqori haroratli pechlar va ularga ulangan qozonlar.

Tayanch iboralar: ekonomayzer, xavo qizdirgichi, yallig' pechlari, toshqol, ajratish, o'tga chidamli qattiq qatlam – garnisaj.

Adabiyotlar: 2, 3, 4, 5

12.1. Haroratga ko'ra qozonlarni tasniflash.

Qozonning kirish joyidagi gazlarning boshlang'ich harorati issiqlikdan foydalanuvchi qurilmaning printsipl sxemasini va barcha texnik–iqtisodiy ko'rsatkichlarini belgilovchi eng muxim parametr xisoblanadi.

Bu haroratning qiymatiga ko'ra yoqilg'i yoqilmaydigan qozonlar ikki guruxga bo'linishi mumkin:

1. $t'_{mg} = 450-500$ dan to $800-900$ °S gacha;
2. $t'_{mg} = 1200-1300$ °S va undan yuqori.

Ularning $900 - 1200$ °S li chegara asosida ikki guruxga bulinishi tasodifiy emas, balki bu xol gazlardan issiqlik berilishining tubdan o'zgarishi, ya'ni birinchi guruxdagi konvektsiya o'rniga ikkinchi guruxda nurlanishning keskin kuchayishi bilan izoxlanadi.

Birinchi gurux qozonlari odatda, tarkibida g'ishtli regeneratorlar yoki sopol (keramik) rekuperatorlari bo'lgan pechlar bilan bog'langan bo'ladi. Bularga marten pechlarining, metallni isitish va oyna tayyorlash pechlarining qozonlari kiradi.

Past haroratli sanoat gazlari tarkibidagi turli ifloslantiruvchi aralashmalar ko'rsatilgan haroratlarda qattiq donador xolatda bo'ladilar.

Ikkinchi gurux qozonlari rangli metallurgiyaning yallig' pechlari va shuningdek, metallurgiya konverelari bilan bog'langan bo'ladi.

Yuqori haroratli sanoat gazlarining o'ziga xos tomoni shundaki, ularda ifloslantiruvchi aralashmalarning suyuq xolatda bo'lishidir, bu o'z navbatida qozonning printsipl konstruktiv sxemasiga va uni ishlatish ko'rsatkichlariga

jiddiy ta'sir ko'rsatadi. Ikkinchi gurux qozonlari erigan aralashmalarning qumoklanishini ta'minlash uchun nurlanishli sovitish kamerasiga ega. Kameraning ikki yuzasi qaynash quvurlari bilan qoplangan.

Bu yerda gazlar suyuq aralashmalarning qumoqlanishi ta'minlanadigan 800–900 °C gacha sovitiladi.

12.2. Past haroratli sanoat gazlarida ishlaydigan qozonlar.

Past haroratli gazlarda ishlaydigan bug' qozonlarining printsiplial issiqlik sxemasiga taalluqli masalalar quyidagidan iborat:

- issiqlik oqimlarini yo'nalishi;
- chiqib ketuvchi gazlarning harorati;
- issiqlikdan foydalanishning taqsimlanishi;
- issiqlik qabul qilinishini jadallashtirish.

Bu masalalarni aloxida–aloxida ko'rib chiqamiz.

1. Past haroratli gazlarda ishlaydigan qozonlarning issiqlikdan foydalanuvchi eng oxirgi elementi, suv ekonomayzeridan iborat. Suv ekonomayzeridan chiqib ketuvchi gazlarning harorati:

$$t_{tg} = t_m + \Delta t_m \cdot \frac{D \cdot \Delta t_{t\tilde{o}}}{\sum V_g \cdot c_g}$$

bunda: t_m – qozondagi bosim sharoitida olingan to'yinish harorati;

Δt_m – to'yinish haroratidagi suv va gaz haroratlarining minimal farqi;

D – suv bug'ining sarfi;

T_{ts} – ta'minlash suvining harorati;

$\sum V_g$ – ekonomayzerdan o'tayotgan gazlarning miqdori;

C_g – gazlarning issiqlik sig'imi.

Yuqoridagi (30) ifodani taxlil qilib, quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

a) past haroratli gazlarda ishlaydigan qozonlardan chiqib ketuvchi gazlarning harorati ularning boshlang'ich haroratiga teskari proportsional;

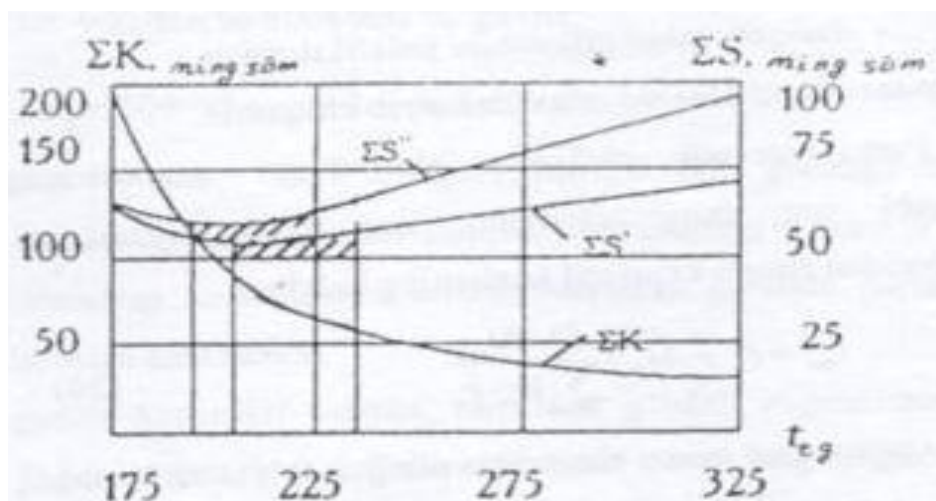
b) aniqlovchi harorat parametri keskin kamayadi, shuning uchun umumiy issiqlikdan foydalanish kamayadi;

v) bug'ning bosimi va ta'minlash suvining haroratini oshishi $t_{g'}$ ning ko'tarilishiga sabab bo'ladi.

Quyidagi 10–rasmda kapital va ishlatish xarajatlarining yillik nisbiy sarfiga qarab $t_{g'}$ ning qiymatini bog'lab tanlash ko'rsatilgan.

Chizma tasviridan ko'rinadiki, chiqib ketuvchi gazlarning maqbul harorati $t_{m2} = 225\text{--}240$ °S. Isituvchi gazlar boshlang'ich haroratining oshishi $D/\sum V_g$ nisbatning oshishiga olib keladi, bu esa o'z navbatida chiqib ketuvchi gazlar

haroratini keskin kamaytirish imkonini beradi. Bu bosimining pasayishi to'yinish haroratini kamaytiradi va ekonomayzerda gazlarning sovutilishi ortadi.



10-rasm. Past haroratli gazlarda ishlaydigan qozon uchun iqtisodiy jixatdan kam harajatli t_m ni tanlash.

Issiqlikdan foydalanishning taqsimlanishi. Past haroratli gazlarda ($t_{g'} = 800\text{--}900\text{ }^{\circ}\text{S}$) ishlaydigan qozonlarning gaz yo'nalishi bo'yicha birinchi joylashgan elementi bug' qizdirgichi xisoblanadi. Bu qurilmalarda bug' haroratining qisqa muddatli keskin ko'tarilishi kuzatiladi, buning oldini olish uchun oldindan ulangan bug'latish sektsiyasini qo'llash taklif qilinadi. Issiqlik qabul qilinishini jadallashtirish. Buning uchun ikkita imkoniyat bor: gazlar tezligini oshirish va gaz yo'lining ekvivalent diametrini kichraytirish.

Gazlarning tezligini oshirish butun sistema qarshiligining keskin ortib ketishiga olib keladi, shuning uchun tutun xaydagichiga sarflanadigan elektr energiyasining miqdori 12–15 % ga teng bo'ladi, bu o'txonali qozonlarda bo'lganidan o'n barobar ko'pdir.

Yoqilg'i yoqilmaydigan qozonlar sistemasida issiqlik berilishini jadallashtirish uchun qaynash quvurlarining diametrini kamaytirish katta ahamiyatga ega. Bu quvurlarning qarshiligi issiqlik berish koeffitsiyentining ortishiga proporsional ravishda kamayib boradi.

12.3. Yuqori haroratli sanoat gazlarida ishlaydigan bug' qozonlari.

Yuqori haroratli sanoat gazlarining eng muxim, o'ziga xos tomoni shundan iboratki, ularning tarkibida ifloslantiruvchi aralashmalar erigan va ba'zida bug' xolatida bo'ladi.

Yuqori haroratli sanoat gazlarida ishlaydigan qozon sxemasining tubdan o'zgarishi birinchi galda nurlanishli, qaynash yuzalarining rivoji bilan bog'liq.

Erigan toshqolli aralashmalarning qumoqlanishini ta'minlash uchun ekranli qizdirish yuzalari yordamida gazlarni sovitish lozim. Bunga qaynash quvurlari yig'indisidan foydalanish va gazlardagi aralashmalarni qumoqlanishini ta'minlovchi radiatsion (nurlanishli) issiqlik almashtirgichlarni qo'llash yordamida erishish mumkin. Mis eritish pechlari uchun bu harorati taxminan

850–900 °S ga va yuqori haroratda kolchedanni qizdirish (pishirish) ga mo'ljallangan pechlar uchun esa 750–800 °S ga teng.

Yuqori haroratli gazlarda ishlaydigan qurilmaning issiqlikdan foydalanuvchi oxirgi elementi xavo qizdirgichdan iborat. Rangli metallurgiya mazut, tabiiy gaz yoki ko'mir changida ishlaydigan yallig' pechlarida ishlaydigan xavo 350–450 °S gacha qizdiriladi.

Xavo qizdirgichini qo'llash uchun, tutun so'rgichdan foydalanish kerak va gazlarni 200 – 250 °S gacha sovitish lozim. Ko'p xollarda 100 °S va undan past haroratlargacha sovitish ruxsat etilmaydi, chunki gazlar tarkibida kondensatsiyalanuvchi agressiv oltingugurt birikmalari mavjud. Agar metall yuzalari zanglash va yemirilishdan muxofaza qilinsa gazlar past haroratlargacha sovitilishi mumkin.

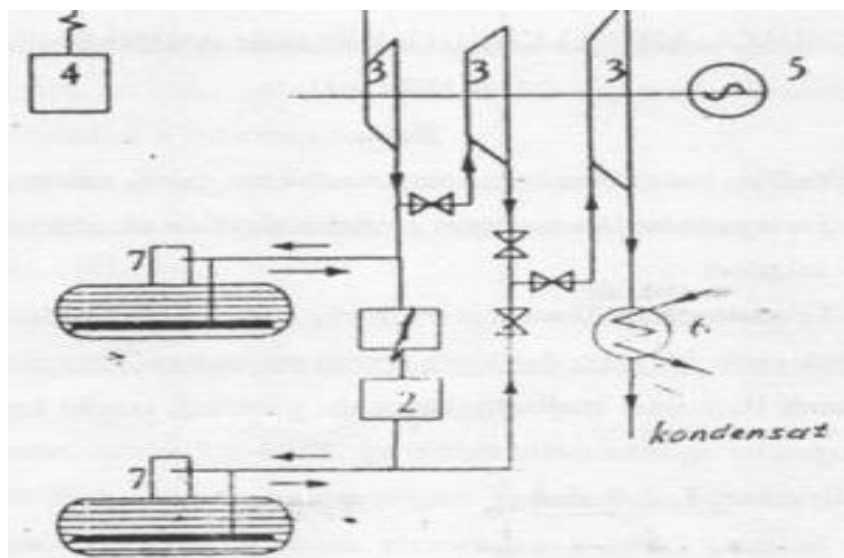
12.4. Yuqori haroratli pechlar va ularga ulangan qozonlar.

Yuqori haroratli pechlar bilan ularga ulangan qozonlar orasidagi gishtli gaz yo'llarining yuzalariga ko'pincha erigan toshqol utirib qoladi. Bunday qiyinchiliklarni faqat pechdan chiqib ketuvchi gazlardagi suyuq toshqolni ajratib olish yo'li bilan bartaraf qilish mumkin. Yirik zarrachalarni inertsiya usulda tutish va toshqolning juda mayda tomchilarini yupqa qatlamga ilashtirish, chiqib ketuvchi gazlarning ifloslanganlik darajasini 2–2,5 barobar kamaytiradi.

Toshqol ajratgichini ishlatish qulay bo'lgan eng ishonchli konstruktiv yechim sifatida toshqol garnisaji (o'tga chidamli qattiq qatlam) ni keltirish mumkin. Bu konstruktsiya ko'p tikanakli metall yuzasidan iborat bo'lib, suv yoki suv bilan bug' aralashmasi yordamida sovitib turiladi.

Quyidagi 11–rasmda yuqori haroratli tutun gazlaridan foydalanib, bug' yordamida elektr energiyasini olish keltirilgan.

Chizmadan ko'rinib turibdiki, 1 ishlab chiqarish qurilmasidan chiqqan yuqori haroratli tashlandiq tutun gazlari, maxsus 4 bug' qozoniga yuboriladi. Bug' qozonida ishlab chiqilgan bug'ni bug' turbinalariga 3 yuborilib, turbinada elektr generatori 5 bilan elektr toki olinadi.



11-rasm. Yuqori haroratli gazlardan foydalanib elektr energiyasini ishlab chiqarish sxemasi.

Nazorat savollari

1. Yoqilg'i yoqilmaydigan qozonlarni guruxlarga bo'linishi.
2. 1 – sinfga xos parametrlil qozonlar.
3. 2 – sinfga xos parametrlil qozonlar.
4. Past haroratli yuzalarda issiqlik oqimlarini yo'nalishi.
5. Chiqib ketuvchi gazlarning harorati.
6. Issiqlik qabul qilinishini jadallashtirish.
7. Issiqlikdan foydalanishning taqsimlanishi.
8. Yuqori haroratli sanoat gazlarida ishlaydigan bug' qozonlari.
9. Gaz yo'llariga toshqol o'tirib qolishi natijalari.
10. Yuqori haroratli gazlardan foydalanib elektr energiya ishlab chiqarish sxemasi.

13 – MA‘RUZA. METALLURGIYA PECHLARINI BUG‘LANISHLI SOVITISH.

Reja:

1. Yuqori haroratli ishchi kameralarini majburiy sovutish.
2. Turli pechlardan majburiy sovutish paytida olinadigan issiqlik miqdori.
3. Texnologik qurilmalarni majburiy sovutish sxemalari.

Tayanch iboralar: majburiy sovutish, garnisaj, ishchi kamerasi, tayanch quvuri.

Adabiyotlar: 1, 2, 4, 5, 6

13.1. Yuqori haroratli ishchi kameralarini majburiy sovutish.

Yuqori haroratli ishlaydigan eritish pechlarida majburiy sovutish qo‘llaniladi. Metall eritiladigan yuqori haroratlarda maxsus o‘tga chidamli metariallar xam o‘z xususiyatlarini saqlay olmaydilar va toshqol tomonidan tezda yemirilishlari mumkin. Bu qiyinchiliklarni faqat futerovka va toshqol garnisaji qatlamini astoydil sovutish yo‘li bilan yengish mumkin (Garnisaj – o‘tga chidamli ximoya qatlami; u qizigan yuzalarni yemirilishdan saqlaydi; bu ximoya qatlam shixta, gazlar va pech devori materialning o‘zaro fizik va kimyoviy ta‘siri natijasida xosil bo‘ladi). Bu qatlamda keskin haroratlar gradienti mavjud bo‘ladi.

$$\Delta t = q_o \frac{\delta}{\lambda}; \quad ^\circ\tilde{N}. \quad (31)$$

q_o – olib ketilayotgan issiqlik oqimi, kjoul/m² soat;

δ/λ – qatlamning issiqlik qarshiligi, m² soat.grad/kjoul.

Haroratlar gradienti katta bo‘lsa, eritma tomonidan qatlamning yemirilish chuqurligi kichik bo‘ladi, ya‘ni issiqlik xolatining turli tebranishlarida yuzaga bo‘lgan ta‘siri asosan o‘zgarmas bo‘ladi.

Amaliyotda uch usulda majburiy sovutish qo‘llaniladi. Bularga quyidagilar kiradi: - suvli sovutish: - bug‘lanishli sovutish: - yuqori haroratli moddalar bilan sovutish.

13.2. Turli pechlardan majburiy sovutish paytida olinadigan issiqlik miqdori.

Shulardan, suvni 35–40 °S ga isitish bilan amalga oshiriladigan oqar suv yordamida sovutish eng keng tarqalgan sxema xisoblanadi. Suvning oxirgi harorati oshgan xollarda sovutish elementining ichki yuzalari qasmoq bilan qoplanishi xavfi tug‘iladi, bu esa, ularning qizib ketishiga va natijada kuyishiga sabab bo‘ladi.

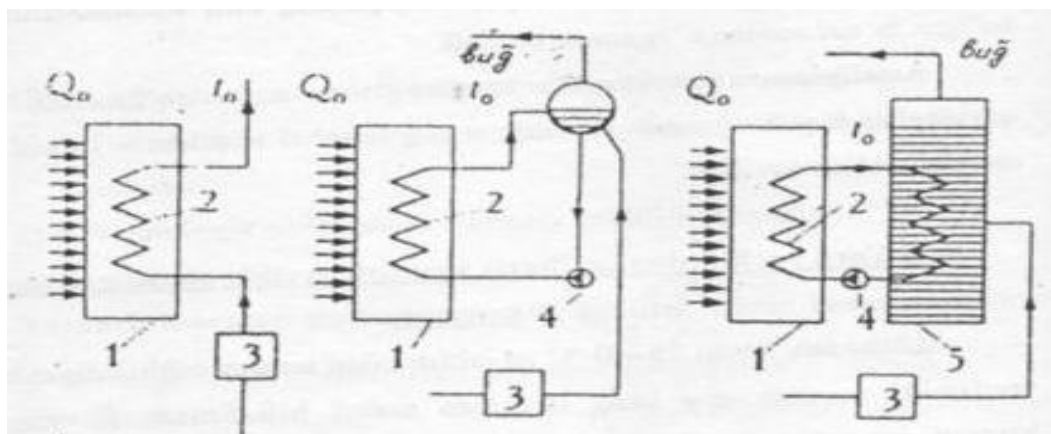
Bunday sovitish paytida katta xajmdagi suvni (bir agregatga 250–300 t.) o'tkazish uchun ko'p miqdorda elektr energiyasi sarflanadi. Buni oldini olish uchun issiqlik tashuvchi sifatida suvdan emas, balki bug' bilan suv aralashmasidan foydalanish, ya'ni bug'lanishli sovitish usulini qo'llash lozim.

Turli pechlarda majburiy sovitish paytida olinadigan Issiqlik miqdori.

8
– jadval.

Pech (o'choq)	Sovitish elementi	Issiqlik miqdori	
		foizlarda	mln.kjoul/soat
Domna	Xavo berish furmalari, o'txona sovitgichlari	2 – 3	20 – 40
Marten (past kalloriyali gaz)	Gaz kessonlari (suv aylanadigan quti) ostki to'sinlar, romlar va yuklash darchalarining to'siqlari	20 – 25	12 – 20
Marten (mazut va tabiiy gazda)	Yoqilg'i furmalari, ostki to'sinlar, romlar, darcha to'siqlari	15 – 20	8 – 16
Shaxtali	O'txona va shaxtaning kessonlari	15 – 25	16 – 24
Metodik pech	Tayanch quvurlari	10 – 20	6 – 12

13.3. Texnologik qurilmalarni majburiy sovutish sxemalari.



12-rasm. Texnologik qurilmalarni majburiy sovutish sxemalari.

a-oqar suv bilan sovutish; b-bug'lanishli sovutish; v-oraliq issiqlik tashuvchi jism bo'lgan bug'lanishli sovutish. 1-texnologik apparat; 2-ishchi kamerasining sovutish tizimi; 3-ta'minlash nasosi; 4-tsirkulyatsion nasos; 5-oraliq bug'latgichi.

Bu xolda sovitish tizimi maxsus bug' qozoniga aylanib qoladi va sovitish paytida olingan issiqlik ma'lum miqdorda,

$$D = q / \Delta i_{or}, \text{ kJoul / soat} \quad (32)$$

Bug' ishlab chiqarish uchun foydalaniladi. (Δi_{op} – bug' entalpiyasining ortishi, taxminan 600 kJoul/kg ga teng). Shu paytda ta'minlash nasosi yordamida berilayotgan suv miqdori taxminan 20 marta kamayadi (oqar suv bilan sovitish sxemasiga nisbatan). Bu xol qasmoq qatlami xosil bo'lmaydigan ish xolatlarini ta'minlovchi suv tayyorlashning mukammal usullarini qo'llashni iqtisodiy jixatdan oqlaydi.

Texnologik qurilmalarni majburiy sovitish sxemalari bir necha ko'rinishlarda bo'lib, shulardan ba'zilar 12 – rasmda keltirilgan.

Oraliq issiqlik tashuvchi jismi bo'lgan bug'lanishli sovitish sxemasi (sxema «v») jixozlarining murakkabligi va ikkilamchi issiqlik tashuvchi jismining harorati ancha past bo'lishi ($t_1 < t_0$) bilan ajralib turadi. Ikkinchi tomondan, birlamchi konturdagi issiqlik tashuvchini jarayonga texnik ishlovsiz qaytarish mumkin.

Nazorat savollari

1. Majburiy sovutish.
2. O'tga chidamli ximoya qatlami – garnisaj.
3. Majburiy sovutish usullari.
4. Majburiy sovutish paytida olinadigan issiqlik miqdori.
5. Oqar suv bilan majburiy sovutish.
6. Bug'lanishli majburiy sovutish.
7. Oraliq issiqlik tashuvchi jismi bo'lgan bug'lanishli sovutish.
8. Haroratlar gradientini xisoblash.
9. Gaz kessonlari.
10. Tayanch quvurlari (metodik pechlarda) nimaga xizmat qiladi.

14 – MA'RUZA. BUG'LANISHLI SOVITISH TAVSIFLARI.

Reja:

1. Past bosimli va bug'lanishli sovutishning texnik–iqtisodiy tavsifi.
2. Marten pechining past bosimli va bug'lanishli sovutish sxemasi.
3. Yuqori bosimli bug'lanishli sovutish.
4. Issiqlik berish sharoitining o'zgarishi.

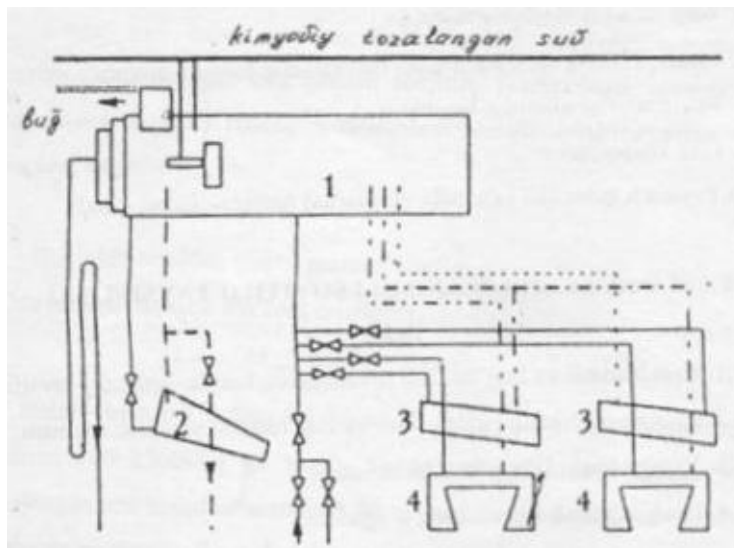
Tayanch iboralar: majburiy sovutish, garnisaj, ishchi kamerasi, tayanch quvurlari.

Adabiyotlar: 1, 2, 3

14.1. Past bosimli va bug'lanishli sovutishning texnik-iqtisodiy tavsifi.

Past bosimli (2–3 ata) bug'lanishli sovitishning o'ziga xos tomoni shundan iboratki, unda tabiiy tsirkulyatsiya va sovitiladigan katta ko'ndalang kesimli qutisimon elementlar qo'llaniladi. Shuning uchun bunday bug'lanishli sovitish sistemalarida ishlab chiqarilgan bug'ning bosimi nisbatan past bo'ladi. Tabiiy tsirkulyatsiyaning barqarorligi tushish va ko'tarilish quvurlaridagi suvning solishtirma og'irliklari farqiga bog'liq bo'ladi. Tsirkulyatsiyani yaxshilash uchun bug'ni ajratuvchi barabanlar mumkin qadar yuqori, ya'ni ish maydoni satxidan kamida 8–10 m balandlikda o'rnatiladi.

14.2. Marten pechining past bosimli va bug'lanishli sovutish sxemasi



13-rasm. Marten pechining past bosimli va bug'lanishli sovutish sxemasi.

1-bug'ni fjraturvchi baraban; 2-gaz kessonlari (sovutiladigan quti); 3-tayanch to'sinlari; 4-yuklash darchalarning romlari.

Marten pechidan sovitish sistemasi yordamida olib ketiladigan issiqlik 20 mln.kjoul/soat gacha yetadi. Bu qiymatning taxminan 10 % yuklash darchalarining tusiklariga va 50 % ga yaqini gaz kessonlariga to'g'ri keladi. Bunday sharoitda ishlab chiqarilgan bug', 1 tonna eritilgan po'latga nisbatan o'rtacha 0,2–0,25 tonnaga teng. Qizdiradigan yuzalarining solishtirma issiqlik yuklamalari 400–800 kjoul/m² soatga va yalang'och uchastkalarda 2400–3200 ming kjoul/m² soat ga teng.

Qutisimon sovitish elementlari 20–25 mm qalinlikdagi po'lat taxtadan yasalgan bo'lib, yuqorida ko'rsatilgan solishtirma issiqlik yuklamalari (2400–3200

ming kJoul/m² soat) da 300–400 °S gacha yetib boradigan haroratlar gradientiga ega bo'ladi, bu xol uning mustaxkamligini jiddiy ravishda pasaytiradi. Shunday qilib past bosimli bug'lanishli sovitish usuli faqat qizish yuzalarida qasmoq qatlami xosil bo'lmagan taqdirdagina oqar suv bilan sovitish usuliga nisbatan afzalliklarga ega bo'ladi. Buning uchun ularni qattiqligi 10 – 15 mkg-ekv./l dan oshmaydigan kimyoviy tozalangan suv bilan ta'minlab turish lozim. Bundan tashqari, bug'lanishli sovitish paytida suvning sarfi taxminan 20 marta kamayadi va olinayotgan bug'dan foydalanish imkoniyati tug'iladi. Ko'rib chiqilayotgan bug'lanishli sovitish usuli marten pechini murakkablashtiradi, chunki chiqib ketuvchi gazlarda ishlaydigan yuqori bosimli qozondan tashqari yana ikkinchi past bosimli bug'latgich o'rnatiladi. Bu ikki agregat o'zaro bog'liq bo'lmay, asosan mustaqil xolda ishlaydi.

14.3. Yuqori bosimli bug'lanishli sovitish

Issiqlikdan kompleks ravishda foydalanib, yuqori parametrli bug' ishlab chiqarilsa, past bosimli va bug'lanishli sovitishning yuqorida ko'rsatib o'tilgan kamchiliklari to'la bartaraf qilingan bo'ladi. Bunda ishchi kamerani sovitish issiqligi bilan chiqib ketuvchi gazlarning issiqligidan yagona bug'latgichda 40–45 ata. li bug' olish uchun foydalaniladi. Bu bosimdagi bug'ni 430–450 °S gacha qizdirib, korxona stantsiyasida elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun qo'llash mumkin. Issiqlikdan bunday foydalanish asosida marten pechining sistemasida 1 t. eritilgan po'latga nisbatan o'rtacha 0,5 t. yoqilg'isiz bug' olish mumkin. Bu 100–120 kv/soat arzon elektr energiyasiga ekvivalent bo'ladi. Shu bilan birga, sovitish paytida olinadigan past bosimli bug' o'rniga yuqori bosimli bug' olishga o'tish butun sistemani ishlatish paytidagi ishonchlilik darajasini jiddiy ravishda oshiradi. Bu o'tish paytida qutisimon sovitish elementlari kichik diametri (30–60 mm) va qalinligi 2–2,5 mm bo'lgan po'lat quvurlaridan iborat konstruktsiyaga almashtiriladi. Bunday quvurlarda 40–45 ata.li bosim ta'siridan xosil bo'ladigan, mexanik kuchlanishlar devorining qalinligi 20–25 mm bo'lgan qutisimon sovitgichnikidan bir necha barobar kam bo'ladi. Taqqoslanayotgan konstruktsiyalarning metall devorlaridagi haroratning o'zgarishi ularning qalinligiga proporsional bo'ladi. Demak, solishtirma issiqlik yuklamalari 2400–3200 kJoul/m² soatga teng bo'lganda, ingichka devorli quvurlarning harorati 300–400 °S ga past bo'ladi, bu esa ularning chidamliligini oshiradi.

14.4. Issiqlik berish sharoitining o'zgarishi.

Endi issiqlik berilishi sharoitining o'zgarishini ko'rib chiqaylik, buning uchun suvga issiqlik berilishini ifodalovchi quyidagi tenglamadan foydalanamiz:

$$\alpha = B \frac{(W\gamma)^{0,8}}{d^{0,2}}; \text{kJoul/m}^2 \cdot \text{soat } ^\circ\text{S}; \quad (33)$$

bunda: B – Issiqlik tashuvchi muhitning fizik xossalariga va uning haroratiga bog'liq bo'lgan parametr; suv uchun 100 °S sharoitida 1,1 ga 250 °S da 17,2 ga teng.

Bu tenglamadan ko'rinadiki, quvur diametrining kichiklashishi va bug' bosimining oshishi issiqlik berish koeffitsiyentining sezilarli darajada o'sishiga olib keladi. Bu kabi sovitish sistemalarining ishonchliligi majburiy tsirkulyatsiya qo'llanilganda yanada oshadi.

Nazorat savollari

1. Past bosimli bug'lanishli sovitishning o'ziga xosligi.
2. Tsirkulyatsiyani yaxshilash chora – tadbirlari.
3. Barabanlarni o'rnatish.
4. Marten pechini bug'lanishli sovitish sxemasi.
5. Qutisimon sovitish elementlarining yasaliishi.
6. Bug'lanishli sovitishda suv sarfining kamayishi.
7. Yuqori bosimli sovitish afzalligi.
8. Yuqori parametrlil bug' ishlab chiqarish.
9. Issiqlik berish sharoitining o'zgarishi.
10. Issiqlik berish koeffitsiyentini xisoblash.

15 – MA'RUZA. TEXNOLOGIK MAXSULOTNING FIZIK ISSIQLIGIDAN FOYDALANISH.

Reja:

1. Qizigan maxsulot issiqligidan foydalanishning yo'nalishlari.
2. Maxsulotning issiqligidan energetik maqsadlarda foydalanish.
3. Koksni quruq so'ndirishning avzalliklari.
4. Koksni quruq so'ndirishning salbiy tomonlari.

Tayanch iboralar: Koks, inert gaz, mufel, quruq so'ndirish, marten quymasi.

Adabiyotlar: 1, 3, 4, 5, 6

15.1. Qizigan maxsulot issiqligidan foydalanishning yo'nalishlari.

Qizigan maxsulotning fizik issiqligidan quyidagi yo'nalishlarning biridan foydalanilishi mumkin: asosiy texnologik jarayonning o'zi uchun issiqlikni tiklash (regeneratsiya qilish), issiqlikdan keyingi texnologik jarayonda foydalanish, issiqlikdan energetik maqsadlarda, masalan, bug' ishlab chiqish uchun foydalanish.

Maxsulot issiqligini bevosita jarayonning o'zi uchun tiklash masalaning eng maqbul yechimi xisoblanadi, chunki bu paytda yoqilg'ining solishtirma sarfi kamayadi va agregatning ish unumdorligi ortadi.

Bu yo'nalishni tula ifodalovchi misol sifatida tsement klinkerining fizik issiqligidan yonish jarayoniga beriladigan xavoni isitish uchun foydalanishni keltirish mumkin.

Texnologik pechda 1600–1700 °S li gazlar yordamida klinker 1400–1500 °S gacha qizdiriladi. Klinker ikki bosqichda sovitiladi: avval 1000–1100 °S gacha sovitilib shu harorat bilan sovitgichga yuboriladi va u yerda uning harorati 100 °S gacha tushiriladi, buning xisobiga xavo oqimi 350–450 °S gacha isitiladi.

Xavo isitilishini bunday tashkil qilish uchun aloxida issiqlik almashgichiga xojat qolmaydi, chunki qizish yuzasini klinkerining o'zi xosil qiladi. Pechning ekonomayzer qismida shixtani quritish va qizdirish xuddi shunga o'xshash tashkil qilinadi.

Chiqib ketuvchi gazlar bilan maxsulotning issiqligidan foydalanishning bunday qurama usulini qo'llash faqat maxsulot o'zining qattiq xolatini barcha bosqichlar davomida saqlab qolgandagina mumkin bo'ladi.

Turli qizigan eritmalarni donador xolatga keltirish paytida yonish uchun beriladigan xavoni isitish imkoniyati yaratiladi, bu esa yoqilg'i sarfini kamaytirib, agregat unumdorligini oshiradi.

Maxsulot issiqligidan keyingi texnologik jarayonda foydalanish metallurgiya soxasi uchun xosdir. Masalan, domna pechidan chiqqan cho'yanning fizik issiqligi marten pechlarida amalga oshiriladigan keyingi jarayonlar issiqligining bir qismi sifatida qatnashadi. Marten quymalarining issiqligidan metalni chigirlash pechlarida foydalanish xam xuddi shunday ijobiy natijalar beradi. Marten tsexi bilan chigirlash tsexining ishini o'zaro uyg'unlashtirish katta qiyinchiliklar bilan bog'lik, chunki birinchisi metallni davriy ravishda 200–500 tonnadan ishlab chiqarsa, og'irligi 5–15 tonna bo'lgan quyma esa bittadan uzluksiz ravishda chigirlanadi. Shuning uchun bu quymalarni maxsus pechlarda 500–1000 °S dan to 1200–1250 °S gacha qizdirish zarurati tug'iladi.

15.2. Maxsulotning issiqligidan energetik maqsadlarda foydalanish.

Maxsulotning issiqligidan energetik maqsadlarda foydalanish uni regeneratsiya yoki biror texnologik jarayon uchun ishlatish imkoniyati bo'lmagan xollarda o'rinli bo'ladi. Bunday sharoit masalan, elektr pechlarida yoki aloxida ishlaydigan isitish tizimining tutun gazlari bilan maxsulotni mufel pechlarida qizdirish paytida yaratilishi mumkin. Ayniqsa, koksni quruq so'ndirish buning yorqin misoli bo'la oladi. Koks, pechdan 1100–1200 °S haroratda chiqarilib, keyin u xavoda oksidlanmasligi uchun tez so'ndirilib sovitiladi. Qizigan koksni so'ndirish minorasida suv sepib sovitish so'ndirishning eng oddiy usuli xisoblanadi. Bu paytda koks 100 °S gacha sovitiladi va uning namligi 4–6 % gacha ortadi. 1 tonna koksga 3–5 tonna suv saflanadi. Koksning fizik issiqligi koks pechiga berilgan umumiy issiqlikning 50 % ni tashkil qiladi va u suv bilan so'ngdirilganda, suv bug'lari bilan atmosferaga yo'qotiladi. Bu paytda koksning

xar bir tonnasiga nisbatan 1200 kJoul issiqlik yo'qotiladi, bu esa issiqlik ekvivalentida kosk shixtasi og'irligining taxminan 5 % ga to'g'ri keladi.

Koksni inert gazlar yordamida so'ngdirish ancha ilg'or usul xisoblanadi. Inert gazlarning issiqligian bug' qozonida foydalanish mumkin. Koksni quruq so'ndirish paytida uning fizik issiqligining 60 % ini foydali ishlatish, ya'ni tayyorlangan 1 tonna kokska nisbatan 0,4 tonna bug' ishlab chiqarish mumkin.

15.3. Koksni quruq so'ndirishning afzalliklari

Koksni quruq so'ngdirish quyidagi texnik – iqtisodiy afzalliklarga ega:

1. Yoqilg'i tejaladi, chunki xar 1 tonna tayyorlangan kokska nisbatan yoqilg'i yoqilmasdan 0,4 tonna. yuqori parametrlri bug' ishlab chiqariladi, bu o'z navbatida 100 kVt·soat elektr energiyasiga yoki 0,05 tonna shartli yoqilg'i tejalishiga ekvivalentdir.

Bu metallurgiya kombinatining elektr energiyasiga bo'lgan extiyojining 15–20 % ni yoki koks tayyorlash zavodining barcha energetik extiyojlarini ko'plash imkoniyatini beradi.

2. Koksning sifati yaxshilanadi, chunki uning namligi quruq so'ndirish paytida 5–6 % dan 1 % gacha kamayadi. Koks quruq usul bilan so'ngdirilganda uning mustaxkamligi oshadi va yuqori navli koksning chiqishi 10–15 % ga ortadi.

3. Domna pechlarining ishlashi yaxshilanadi, chunki quruq so'ngdirilgan koksning namligi kam bo'lib, mustaxkamligi esa yuqori bo'ladi.

15.4. Koksni quruq so'ndirishning salbiy tomonlari.

Koksni quruq so'ndirish qurilmalarining salbiy tomoni ularning boshlang'ich qiymati yuqori bo'lishi bilan belgilanadi, ammo ularning o'zini oqlash muddati 3–4 yildan oshmaydi. Quruq so'ndirilgan koksning issiqlik berish xususiyati 0,1–0,2 % ga kamayadi, chunki u tashqaridan so'rib olingan xavo ta'sirida qisman oksidlanib qoladi.

Inert gazlar tarkibidagi chang, qizdirish yuzalarini yedirib yuboradi, bundan ayniqsa, tutun so'rg'ichining rotori va tashqi qobig'i ko'proq zarar ko'radi. Bu kamchiliklarni bartaraf qilish uchun so'ngdirish kamerasidan inert gazlarni bir tekisda chiqarish va ularning kosk qatlamidan chiqish tezligini kamaytirish talab qilinadi.

Koks va koks gazining fizik issiqligidan to'la foydalanish muammosi asosan, texnologik jarayonning davriy bo'lishi sababli qiyinlashadi. Bu qiyinchiliklarni bartaraf qilish uchun ko'mirni kokslash jarayonining printsiptial sxemalarini tubdan o'zgartirish va qayta jixozlash zarur.

Nazorat savollari

1. Asosiy texnologik jarayonning o'zi uchun issiqlikni tiklash.
2. Issiqlikdan keyingi jarayonda foydalanish.

3. Issiqlikdan energetik maqsadlarda foydalanish.
4. Klinkerni qizdirish.
5. Klinkerni sovitish jarayoni.
6. Ekonomayzerda tutun gazlarini sovitish.
7. Marten tsexining ishining uyg'unlashtirish.
8. Koksni so'ndirish.
9. Koksni quruq so'ndirishning texnik – iqtisodiy ko'rsatkichlari.
10. Koksni quruq so'ndirish qurilmalarining afzallik va kamchiliklari.

16 – MA'RUZA. ENERGIYADAN TO'LA FOYDALANISH TIZIMLARI.

Reja:

1. Issiqlik energetikasi rivojlanishining yo'nalishlari.
2. Ikkilamchi energiya manbalaridan foydalanish muammosining rivoji.
3. Energiyadan foydalanish bo'yicha texnologik jarayonlarni birlashtirish.
4. Ikkilamchi energiya manbalari xususida xulosalar.

Tayanch iboralar: energetika, energetik tsikl, domna jarayoni, po'lat eritish, metall chigirlash, yoqilg'ining tejash, issiqlik iste'moli.

Adabiyotlar: 1 - 6

16.1. Issiqlik energetikasi rivojlanishining yo'nalishlari.

Energetika xalq xo'jaligida alohida va favqulodda muxim o'rin egallaydi, uning yurituvchi kuchi xisoblanadi. Mamlakatning energiya ta'minoti asosan, issiqlik elektr stantsiyalariga tayanadi, ular mamlakatga kerak bo'lgan elektr energiyasining 80 % ini ishlab chiqaradi.

Issiqlik energetikasi rivojlanishining ikki muxim yo'nalishini kuzatish mumkin.

Issiqlik energetikasining birinchi yo'nalishi bug'ning boshlang'ich parametrlarini oshirishda, uni ko'p karra oraliqda qizdirishda, bug'-gaz tsikllari va boshqalarni qo'llashda namoyon bo'ladi. Bu yo'llar bilan yoqilg'ini sezilarli darajada tejashga erishiladi.

Issiqlik energetikasi rivojlanishining ikkinchi yo'nalishi shundan iboratki, unda yakkalangan xolda ishlaydigan energetik tsikl bir necha ishlab chiqarish va energetik mazmundagi jarayonlarning uyg'un birikmasi bilan almashtiriladi. Bu jarayonlar turli haroratlar darajasida amalga oshiriladi va bunday biriktirish asosida ularni jadallashtirish va natijaviy foydali ish koeffitsiyentini oshirishga erishiladi. Shu bilan birga ularning boshlang'ich va ishlatish xarajatlari kamayadi.

Bu yo'nalish zamonaviy sanoat issiqlik energetikasini ishlab chiqarishning turli texnologik jarayonlari bilan birlashtirish sohasida katta istiqbolga ega.

16.2. Ikkilamchi energiya manbalaridan foydalanish muammosining rivoji.

Barcha olovli texnologik jarayonlarda juda ko'p miqdorda issiqlik iste'mol qilinadi, shu bilan birga ularda issiqlikdan foydalanish darajasi juda past bo'ladi. Masalan, domna jarayonining foydali ish koeffitsiyenti taxminan 35 %, po'lat eritish 15 % va metalni chigirlash esa 20–30 % dan oshmaydi. Umuman olganda, og'ir sanoatdagi olovli ishlab chiqarish jarayonlarining foydali ish koeffitsiyenti 10–30 % ga teng.

Bundan ishlab chiqarishda issiqlikdan foydalanishni takomillashtirish muammosi kelib chiqadi; bu muammoni ikki yo'l bilan xal qilish mumkin.

Masalaning birinchi, nisbatan oddiy yechimi ishlayotgan pechlarga chiqib ketuvchi gazlardan foydalanuvchi bug' qozonlarini ulab qo'yishdan iborat. Bunday qilinganda ularning natijaviy foydali ish koeffitsiyenti 50–60 % gacha ko'tariladi.

Issiqlikdan foydalanuvchi bunday qurilmalarni qo'llash natijasida qo'lga kiritiladigan ijobiy samaradorlik asosan qisman tejalgan yoqilg'i miqdori bilan belgilanadi, bu – texnologik emas, balki energetik tejash bo'lib, o'rnatilgan bug' qozonining quvvatiga mos bo'ladi.

Po'lat, mis, nikel, qo'rg'oshin kabi qimmatbaxo maxsulotlarni ishlab chiqarishda yoqilg'ini tejash xar doim xam katta ahamiyatga ega bo'lavermaydi. Ayrim soxalardagi ayrim muvaffaqiyatlar muammoni xal qilmaydi, balki sanoat barcha soxalarining xar tomonlama rivojlanishi muxim ahamiyatga ega.

Yuqorida keltirilganlar asosida ishlab chiqarishning olovli jarayonlari va ularning ikkilamchi energetik manbalari soxasidagi yanada murakkabrok ikkinchi masala, ya'ni energiyadan foydalanish bo'yicha texnologiyalarni o'zaro birlashtirish masalasi kelib chiqadi.

16.3. Energiyadan foydalanish bo'yicha texnologik jarayonlarni birlashtirish.

Energiyadan foydalanish bo'yicha turli texnologik jarayonlarni birlashtirishdan ko'zlangan asosiy maqsad ishlab chiqarish qurilmasining ko'rsatkichlari: solishtirma unumdorlik, quvvat, ish davrining davomiyligi, tayyor maxsulot chiqishining to'laligi va boshqalarni keskin yaxshilashdan iborat. Masalaning bunday qo'yilishi qurilmaning printsiptial sxemasini boshidan oxirigacha, ya'ni yonish jarayonini tashkil qilishdan boshlab to ishchi kamera bilan qo'shimcha qizdirish yuzalaridagi issiqlik almashinuvlarini qayta ko'rib chiqishni talab qiladi. Bunday sharoitda ishchi kamera maxsus texnologik o'txona vazifasini o'taydi va unda yoqilayotgan yoqilg'ining isiqiligi ishlab chiqarish jarayonlari uchun, keyin esa, yonish uchun beriladigan xavoni isitish uchun yoki energetik bug' ishlab chiqarish uchun foydalaniladi. Qurilmaning issiqlik quvvatini oshirish maqsadida uning printsiptial sxemasini qayta ko'rib chiqish qo'shimcha energetik samara olish uchun va shuning bilan birga, qurama agregatning natijaviy foydali

ish koeffitsiyentini oshirish uchun qulay sharoit yaratadi. Albatta, texnologiya bilan energetikaning manfaatlarini bitta qurama agregatda birlashtirish juda og'ir masala xisoblanadi. Ammo bu masalaning barcha soxalari uchun umumiy bo'lgan elementlari mavjud bo'lib, xar bir xolat uchun muvaffaqiyatli yechilishi mumkin. Printsipial mazmuni bo'yicha turli texnologiyalarning energiyadan foydalanishga asoslangan uyg'un birikmasi qurama usulda ikki xil energiya ishlab chiqaruvchi issiqlik energetikasi rivojining davomidan iborat.

Sanoatdagi olovli texnologik jarayonlarni elektr energetikasi bilan birlashtirishning qator ijobiy tomonilari bor. Ulardan birinchisi – ishlab chiqarish jarayonlari uchun juda ko'p miqdorda issiqlik iste'mol qilinishi va bu yuklamaning keskin mavsumiy tebranishlarining yo'qligidir. Oddiy tuman miqyosidagi isitish sistemalaridan farq qilgan xolda, ishlab chiqarish qurilmalari yil davomida deyarli o'zgarmaydigan issiqlik yuklamasi bilan ishlaydilar; ularning quvvati ayrim korxonalar ehtiyojini to'la qondirish uchun yetarli bo'lgan yoqilg'isiz elektr quvvatlarni yaratish imkonini beradi.

Birlashtirishning ikkinchi, juda muxim tomoni shundan iboratki, uyg'un birikmani tashkil qilgan ishlab chiqarish qurilmalari ishni jadallashtirish uchun potentsial imkoniyatlar yaratiladi.

16.4. Ikkilamchi energiya manbalari xususida xulosalar

Energetika soxasidagi izlanishlar va o'quv qo'llanmalar juda ko'p bo'lib, issiqlik energetikasiga ayniqsa ikkilamchi energiya manbalariga oid barcha adabiyotlar rus tilida chop etilgandir. Mamlakat sanoat korxonalaridagi barcha jarayonlar energetik quvvatlar talab qilgani sababli, albatta jarayondan so'ng qoldiq quvvat mavjuddir. Bunday qoldiq quvvatning mavjudligi texnologik va texnik sabablar tufaylidir. Energetik quvvatning jarayonga sarflangan qismidan qolgani, o'z parametrlari (darajalari) bilan bir necha satxga tushib ketadi va avvalgi energetik qimmatini yo'qotadi. Lekin, bu qoldiq quvvatning energetik qimmati boshqa jarayonlar uchun mos keladi. Shu sababdan, qoldiq quvvatni ikkilamchi energiya manbai sifatida qarash juda dolzarb masalalarga kiradi, ayniqsa yoqilg'i energetik muammolarni xal qilishda muxim vazifalarni o'taydi. Taqdim etilayotgan ushbu ma'ruzalar to'plamida, sanoatdagi ikkilamchi energiya manbalari, ularning turlari, energetik oqimlardan qanday va qaysi usullar yordamida foydali qismini ajratib olishni, qaytarib olingan energiyadan qanday maqsadlarda foydalanish imkoniyatlari to'g'risida talabalarga ma'lumotlar iloji boricha qisqacha berilgan.

Ma'ruzalarni tayyorlashda foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

- 1 A.U. Alimbaev. Sanoatdagi ikkilamchi energiya manbalari. Toshkent, ToshDTU, 1996 yil, 73 bet.
2. А.У. Алимбаев. Вторичные энергетические ресурсы в промышленности.

Ташкент. ТашГТУ. 1996. 80 стр

3.Н.А.Семененко,Л.И. Куперман и др. Вторичные энергоресурсы и энерготехнологическое комбинирование в промышленности. Киев.: Вища школа. 1979, 296 стр.

4.В.В. Харитонов, В.А. Голубев и др. Вторичные теплоэнергоресурсы и охрана окружающей среды. Минск.: Высшэйшая школа: 1988. 172 стр.

5.S.M.Xo'jaqulov, T.A.Fayziev. Ikkilamchi energiya manbalari. Ma'ruzalar matni. Qarshi QarMII, 2006 yil, 84 bet.

6.Ruscha–uzbekcha politexnika lugati. (elektrotexnika va energetika). Toshkent. 1990 yil. 150 bet.

7.Energetikaga oid atamalar va ularning izoxlari. Tom 2. /A.U.Alimbaev, A.A. Badalov, S.I. Yokubov va boshqalar./ Toshkent. ToshDTU. 1998 yil. 139 bet.

8.Что такая энергетика? (<http://humanearth.hoha.ru/htmls/energy.htm>)

9.Гидроэнергия. (<http://humanearth.hoha.ru/htmls/gidro.htm>)

10.Энергия воли. (<http://humanearth.hoha.ru/htmls/voln.htm>)

11.Солнечное отопление. ([http://menah.narod.ru/pages/solar heat.htm](http://menah.narod.ru/pages/solar_heat.htm))

MUNDARIJA

T/r	Ma'ruzalar nomi	Bet
1	So'z boshi	
2	1-ma'ruza. Kirish. Ishlab chiqarish jarayonlarining asosiy energetik ko'rsatkichlari.	
	1.1. Kirish	5
	1.2. Ishlab chiqarish jarayonlarining tasnifi.	5
	1.3. Olovli texnik jarayonlarning foydali ish koeffitsiyenti.	6
	1.4. Ikkilamchi energiya manbalaridan foydalanishning asosiy yo'nalishlari.	8
3	2-ma'ruza. Sanoatdagi ikkilamchi energetik manbalar.	
	2.1. Issiqlikdan foydalanuvchi sanoat soxalari.	9
	2.2. Qora metallurgiyadagi ikkilamchi energiya manbalari.	9
	2.3. Koks ishlab chiqarish.	11
	2.4. Domnada cho'yan eritish.	11
4	3-ma'ruza. Po'lat ishlab chiqarish va mashinasozlikdagi ikkilamchi energiya manbalari	13
	3.1 Po'lat eritishda xosil bo'ladigan ikkilamchi energiya manbalari.	15
	3.3. Metall quymalarni chigirlab yoyish uchun qizdirish.	16
	3.4 Po'latni konverter pechlarida qizdirish.	16
	3.5 Mashinasozlikdagi ikkilamchi energiya manbalari.	
5	4-ma'ruza. Rangli metallurgiya, neft-gaz sanoati va boshqa haroratli jarayonlardagi ikkilamchi energiya manbalar	
	4.1 Rangli metallurgiyadagi ikkilamchi energiya manbalari.	17
	4.2 Neftni qayta ishlashdagi ikkilamchi energiya manbalari.	18
	4.3 Tabiiy gazni qayta ishlash.	19
	4.4 Sulfat kislotasini ishlab chiqarish.	19
	4.5 Qurilish materiallarini ishlab chiqarish.	20

6	5–ma‘ruza. Texnologik gazlarning issiqligidan foydalanish. 5.1. Ishlab chiqarish jarayonlaridan chiqib ketuvchi gazlarning issiqligidan foydalanish. 5.2.Shixta gazlarining chiqishi. 5.3.Chiqish gazlaridagi turli aralashmalar. 5.4.Chiqish gazlarining asosiy xossalari.	21 22 22 23
7	6–ma‘ruza. Texnologik gazlar issiqligidan foydalanish nazariyasining asosiy masalalari 6.1.Issiqlikdan foydalanish chegaralari. 6.2.Regenerativ Issiqlikdan foydalanish sharoitlari. 6.3.Chiqish gazlari issiqligidan foydalanishning samaradorlik chegaralari. 6.4.Chiquvchi gazlar haroratini pasaytirishga qarshi shart sharoitlar.	24 25 26 27
8	7 – ma‘ruza. Regenerator va rekuperatorlar. 7.1.Umumiy tushunchalar 7.2.G‘ishtli regeneratorlar. 7.3.G‘ishtli regeneratorlarning issiqlik balansi. 7.4.Sopol (keramik) rekuperatorlar.	28 28 29 31
9	8–ma‘ruza. Metall rekuperatorlar va ularning ishonchli ishlash shartlari. 8.1.Metall rekuperatorlarning ishonchli ishlash shartlari. 8.2.Metall rekuperatorlarda issiqlik qabul qilinishning notekisligi. 8.3.Parallel ulangan elementlar orasida proportsionallik. 8.4.Metall rekuperatorlarning xususiyatlari.	32 33 34 35
10	9–ma‘ruza. Cho‘yan rekuperatorlar. 9.1.Cho‘yan rekuperatorlarning xossalari. 9.2.Nurlanishli (radiatsion) rekuperatorlar. 9.3.Nurlanishli quvurli rekuperatorlar. 9.4.Nurlanish balansi va koeffisiyenti.	35 36 37 38
11	10–ma‘ruza. Texnologik gazlar issiqligidan energetik maqsadlarda foydalanish. 10.1.Chiqib ketuvchi gazlardan energetik maqsadlarda foydalanish. 10.2.Issiqlik suv va suv bug‘i issiqlik tashuvchi muhitlar sifatida 10.3.Ikki pog‘onada bug‘lanadigan suv isitish qurilmasi 10.4.Ko‘p pog‘onali isitishda bug‘ va issiqlik suvning bosim ko‘rsatkichlari.	39 40 41 41
12	11–ma‘ruza. Chiqish gazlaridan bug‘ yoki xavo turbinali tsikllarda foydalanish. 11.1.Chiqish gazlaridan energetik maqsadlarda foydalanish qurilmalari. 11.2.Samaradorlik koeffisiyentini belgilash. 11.3.Issiqlikning yo‘qotilishi. 11.4.Chiqish gazlarida ishlaydigan bug‘ qozonlarining parametrlari.	42 43 44 45
13	12–ma‘ruza. Chiqish gazlarida ishlaydigan bug‘ qozonlarining tasnifi. 12.1.Haroratga ko‘ra qozonlarni tasniflash. 12.2.Past haroratli sanoat gazlarida ishlaydigan qozonlar. 12.3.Yuqori haroratli sanoat gazlaridan foydalanish. 12.4.Yuqori haroratli pechlar va ularga ulangan qozonlar.	46 47 48 49
14	13–ma‘ruza. Metallurgiya pechlarini bug‘lanishli sovitish. 13.1.Yuqori haroratli ishchi kameralarini majburiy sovutish. 13.2.Turli pechlardan majburiy sovutish paytida olinadigan issiqlik miqdori. 13.3.Texnologik qurilmalarni majburiy sovutish sxemalari.	51 51 52
15	14–ma‘ruza. Bug‘lanishli sovitish tavsiflari. 14.1.Past bosimli va bug‘lanishli sovutishning texnik–iqtisodiy tavsifi. 14.2.Marten pechining past bosimli va bug‘lanishli sovutish sxemasi.	54 54

	14.3.Yuqori bosimli bug'lanishli sovutish.	55
	14.4.Issiqlik berish sharoitining o'zgarishi.	55
16	15–ma'ruza. Texnologik maxsulotning fizik issiqligidan foydalanish.	
	15.1.Qizigan maxsulot issiqligidan foydalanishning yo'nalishlari.	56
	15.2.Maxsulotning issiqligidan energetik maqsadlarda foydalanish.	57
	15.3. Koksni quruq sundirning avzalliklari.	58
	15.4. Koksni quruq so'ndirishning salbiy tomonlari.	58
17	16–ma'ruza. Energiyadan to'la foydalanish tizimlari.	
	16.1.Issiqlik energetikasi rivojlanishining yo'nalishlari.	59
	16.2.Ikkilamchi energiya manbalaridan foydalanish muammosining rivoji.	59
	16.3.Energiyadan foydalanish bo'yicha texnologik jarayonlarni birlashtirish.	60
	16.4. Ikkilamchi energiya manbalari xususida xulosalar.	61
	Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati	62