

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

O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA'LIMI MARKAZI

**F.M. Mirzayev, T.A. Otaqo'ziyev, Sh.A. Yakubov**

# **NOORGANIK MODDALAR VA MINERAL O'G'ITLAR TEXNOLOGIYASI**

*Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma*

35,32 9722

O'zbekiston Respublikasi oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining oliy va o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi ilmiy-metodik birlashmalari faoliyatini muvofiqlashtiruvchi kengashi tomonidan nashrga tavsiya etilgan.

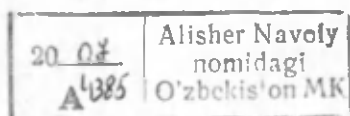
**Taqrizchilar:**

*A.M. Eminov* — texnika fanlari doktori, professor;

*Q.M. Ahmerov* — kimyo fanlari doktori, professor.

Ushbu o'quv qo'llanmada asosiy kimyoviy ishlab chiqarishning eng muhim sohalari (sulfat, azot va xlorid kislota, ammiak, mineral o'g'itlar, xlor, kaustik va kalsiylashtirilgan soda, natriy bixromat va boshqa tuzlar, vodorod) bayon etilgan. Kimyo sanoati mahsulotlarini olishda ishlatiladigan xomashyo, ishlab chiqarish usullari, asosiy jihozlari, ishlab chiqarishning nazariy asoslari yoritilgan. Sohada ishlatiladigan quvvatli agregatlarga tavsif berilgan hamda avtomatlashtirish bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan. Shuningdek ishlab chiqariladigan mahsulotlar sifatini oshirishga va kimyoviy korxonalarining atrof muhitga ta'siri va uni oldini olish bo'yicha chora-tadbirlarga alohida e'tibor berilgan.

Qo'llanmadan kimyo sanoati bo'yicha ta'lim olayotgan talabalar, kimyo sanoati muhandis-texniklari ham foydalanishlari mumkin.



HO 33518  
391

ISBN 978-9943-325-17-3

© «Talqin» nashriyoti, 2007-y

## KIRISH

Mustaqil O'zbekiston Respublikasi xalq xo'jaligida, ayniqsa qishloq xo'jaligida kimyo sanoati muhim rol o'ynaydi. Oxirgi yillarda xomashyo bazasini mahalliy resurslar hisobiga kengaytirish jadal rivojlanmoqda. Tabiiy mineral materiallardan iborat xomashyolarni kimyoviy yo'l bilan qayta ishlash katta ahamiyat kasb etmoqda. Oltin-gugurt, oltingugurt kolchedani, ohaktosh, osh tuzi, fosfatlar, poli-mineral ma'danlar va gaz xomashyosi (tabiiy, yo'l-yo'lakay va koks gazlari), shuningdek havo azotini qayta ishlash yo'li bilan sintetik ammiak, azotli, fosforli, kaliyli va kompleks o'g'itlarni ishlab chiqariladi. Noorganik tuzlarni rudalardan ishlab chiqaradigan sulfat, azot, fosfor kislotalari va kaustik hamda kalsiylashtirilgan soda olinadi.

Qo'llanmada yuqorida sanab o'tilgan ishlab chiqarish aks ettirilgan bo'lib, bular energiya texnologik sxemalarga asoslangan, bu yerda kimyoviy jarayonlarning energiyasidan to'liq foydalanish ustida ham yangi fikrlar bayon etilgan.

Kitobda katta bo'linmas quvvatli agregatlar tavsifiga katta e'tibor berilgan, chunki barcha ishlab chiqarishlarda ular ishlab chiqarish unumdorligini oshiradi, solishtirma mablag'ni va mahsulot tannarxini kamaytiradi.

Mineral o'g'itlar va noorganik tuzlar sanoati atmosferaga chiqaradigan va suvlarga tushadigan zararli moddalarni qisqartirish yo'li bilan muvaffaqiyatli rivojlanishni aks ettirishga urinib ko'rilgan.

Hozirgi vaqtda Markaziy Osiyo davlatlari ichida Respublikamizda eng ko'p sulfat kislota ishlab chiqariladi. (Olmaliq tog'-kon metallurgiya kombinati, Olmaliq «Ammofos» ishlab chiqarish birlashmasi, Samarqand kimyo zavodida, Chirchiq «Elektrkimyo» Ochiq aksiyadorlik jamiyati, Navoiy tog'-kon metallurgiya kombinatida, Muborak gazni qayta ishlash kombinatida va hokazo).

Tabiiy oltingugurtning asosiy konlari AQSH, Italiya, Polsha, Yaponiya, Rossiya, Turkmaniston, O'zbekiston (Sho'rsuv)da, Armanistonda joylashgan.

Qo'llanmada quvvati katta bo'lgan agregatlarga alohida e'tibor berilgan. Ularni amaliyotga joriy etish mehnat unumdorligini, kapital mablag'lar sarfini, mahsulot tannarxini kamaytirishga olib kelishga imkon beradi. Shuningdek, past sifatli fosfori kam bo'lgan rudalarni iqtisodiy samarali ishlash yo'llari ham ko'rsatilgan. Bu esa o'z navbatida fosfor o'g'itlari ishlab chiqarish uchun xomashyo zaxirasini kengaytirishga olib keladi.

Mineral o'g'itlar va noorganik tuzlar ishlab chiqarish sanoatining rivojlanishi atmosferaga zaharli moddalarni chiqarishni kamaytirish va bu sanoat evaziga hosil bo'lgan oqova suvlarni tozalamasdan muvaffaqiyatli rivojlantirib bo'lmasligi ko'rsatilgan. Masalan, chiqindi gazlarni azot kislotasi olishda azot oksidlaridan katalitik tozalashni qo'llab bu gazlarni tozalash muammosi yechilgani ko'rsatilgan. Ammiakli selitra va karbamid sexida gaz fazasini tozalashda donalash-tirish minorasidan chiqarib tashlash uchun samarali skrubberlar o'rnatilgan. Sulfat kislotasi ishlab chiqarishda xomashyodan foydalanish koeffitsientini oshiruvchi va sezilarli darajada atmosferaga chiqarib yuboriladigan gazlarning sanitar tozaligini yengillashtiruvchi SO<sub>2</sub> qo'sh kontaktlashtiruvchi va qo'sh absorbsiyalovchi tizim joriy qilingan. Fosfor kislotasi, fosforli va murakkab o'g'itlarni olishda chiqindi gazlarni zararsizlantirishda, fluor va fosfogipsdan foydalanishga katta e'tibor berilgan. Shuningdek suv havzalari ifloslanishining oldini olish bo'yicha tadbirlar amalga oshirilgan. Masalan, donalash-tirilgan superfosfatlarni ishlab chiqarishda oqovasiz jarayon qo'llangan. Ammiak ishlab chiqarishda va qisman sulfat kislotasi ishlab chiqarishda suv o'rniga havo bilan sovitishni qo'llash bu ishlab chiqarishlarda suv ishlatishni, demak suv havzalarining ifloslanishini kamaytirishni ta'minlashga erishilgan.

Qo'llanmada mualliflar zamonaviy jarayonlarni aks ettirishga uring-anlar. Ammo kitobning hajmi chegaralanganligi va mavzuning kengligi muqarrar materialni bayon etishiga ta'sir ko'rsatdi, biroq qo'llanma ma'ruza konspektiga o'xshashligi bilan ajralib turadi. Shu munosabat bilan mualliflar o'quv qo'llanmani yaxshilash bo'yicha ko'rsatilgan kamchiliklar bartaraf etilishini mamnunlik bilan kutib oladi.

O'quv qo'llanmaning birinchi qismi texnika fanlari doktori, professor T.A. Otaqo'ziyev, ikkinchi qismi texnika fanlari nomzodi, dotsent Sh.A. Yakubov, uchinchi qismi texnika fanlari doktori, professor F.M. Mirzayev tomonidan yozilgan.

## BIRINCHI QISM

### SULFAT KISLOTA TEXNOLOGIYASI

#### 1-BOB

### SULFAT KISLOTA TEXNOLOGIYASI

#### 1.1. UMUMIY MA'LUMOTLAR

Sulfat kislotasini ishlab chiqarish po'lat ishlab chiqarish kabi mamlakatning texnikaviy rivojlanish darajasini bildiradi. Ishlab chiqarish ko'lami va ishlatilish turlari bo'yicha sulfat kislotasi po'lat singari xalq xo'jaligida oldingi o'rinlardan birini egallaydi.

Texnikaning rivojlanishi bilan sulfat kislotasini ishlatish sohalari kengayib bormoqda. Ammo sulfat kislotasini iste'mol qiluvchi eng katta iste'molchi bu mineral o'g'itlar zavodi hisoblanadi.

Sulfat kislotasini ishlab chiqarishni ko'paytirish zarurati tufayli hozirgi kunda bo'linmas quvvatlarni 1000 va 1500 t/sut (100% li  $H_2SO_4$  ga hisoblanganda) oshirish yo'li bilan amalga oshirilmoqda va bitta korxonada parallel ishlaydigan bir nechta tizimlar qurilmoqda. Korxonada bo'linmas quvvatlarni orttirish solishtirma sarmoyalarni va ekspulatsion xarajatlarni korxonada kamaytirishga olib keladi. Ikkita parallel ishlayotgan sulfat kislotasi tizimlarini qurish solishtirma kapital sarmoyani 7,0—7,5%, kislotasi tannarxini 5,0—5,5% kamaytiradi va ishlab chiqarish unumdorligini 75—80% oshiradi. Biroq sulfat kislotasini bitta korxonada ishlab chiqarishni ko'paytirish bilan atmosferaga chiqib ketuvchi oltingugurt ikki oksidi gazlarining chiqib ketishi ortadi. Bundan tashqari chiqib ketayotgan oltingugurt ikki oksidi atrof muhitni ifloslantirib qolmasdan, balki butunlay xomashyoni yo'qolishiga olib keladi, bu esa 1 t ishlanadigan mahsulot sarfi koeffitsientini oshiradi. Masalan, 1500 t/sut  $H_2SO_4$  ishlab chiqaradigan kontakt apparatida sutkasiga, havoga chiqib ketadigan gazlar bilan 20 t gacha yo'qoladi, 300 t/sut quvvat bilan ishlaydigan kontakt apparatlari esa 4 t yo'qotadi. Shuning uchun zamonaviy intensiv tizimlar alohida qo'shimcha ajralib chiqadigan gazlarni zararsizlantiruvchi bo'limlarga ega bo'lib, ular ushlangan  $SO_2$  hajmini 0,03% gacha kamaytirib, sanitar normaga yetkazadilar.

**Sulfat kislotasining ishlatilishi.** Sulfat kislotasi xalq xo'jaligida katta miqdorda ishlatiladi. Shuningdek, tannarxi bo'yicha arzon va eng kuchli kislotalardan biridir. Ayniqsa o'g'it sanoatida, tibbiyotda to'qimachilik, kimyo sanoatida esa nam gazlarni quritishda, mudo-

faada, neftni qayta ishlash sanoatida, ammiakli chiqindi gazlardan ammiakni ushlab, ammoniy sulfat kabi mineral o'g'it ishlab chiqarishda ko'p ishlatiladi. Ekstraksiyon fosfor kislotasini ishlab chiqarishda ham sulfat kislotasi ko'p ishlatiladi.

Sulfat kislotasi metallarning yuzini yuvishda ko'p miqdorda sarflanadi. Bu jarayonning chiqindisi bo'lib temir sulfati hosil bo'ladi, uni kristallantirib cho'kmaga tushirib olinadi. Konsentrlangan sulfat va azot kislotalarining aralashmasi organik moddalarni nitratlash jarayonida. Anil-bo'yoq sanoatida yarim mahsulotlarni, portlovchi moddalar (nitroglitsirin, trotil va boshqalar) olish uchun qo'llaniladi. Sulfat kislotasini yana gidroliz sanoatida katalizator sifatida, sun'iy tola ishlab chiqarishda va boshqa ko'p sohalarda ishlatadilar.

## 1.2. ISHLAB CHIQRISH USULLARI

Zamonaviy sulfat kislotasi ishlab chiqaruvchi korxonalar uchun dastlabki xomashyo oltingugurt dioksidi (oltingugurt to'rt oksidi), kislorod va suv hisoblanadi. Ular orasidagi o'zaro ta'sirlashuv quyidagi stexiometrik tenglama bo'yicha ketadi:



Bu jarayon nitroza va kontakt usullari bilan amalga oshiriladi.

Nitroza va kontakt usullarining bir-biridan asosiy farqi asosan  $\text{SO}_2$  gazini  $\text{SO}_3$  gaziga qanday oksidlashga bog'liq. Nitroza usulida  $\text{SO}_2$  ni  $\text{SO}_3$  gacha oksidlanishi asosan suyuq fazada kechadi va kislorodni berish azot oksidlari yordamida amalga oshirishga asoslangan. Azot oksidlari ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ )  $\text{SO}_2$  ni  $\text{SO}_3$  gacha oksidlab, o'zlari  $\text{NO}$  gacha qaytariladi.  $\text{NO}$  esa gaz aralashmasidagi kislorod bilan suyuq va gazli fazalarda oksidlanadi. O'tgan asrning 70-yillarigacha natriy sulfat (keyinroq superfosfat) ishlab chiqarish uchun nitroza usuli bilan olinadigan sulfat kislotasi qo'llanib kelingan.

Angliyada 1831-yilda Fillips  $\text{SO}_2$  kislorod bilan qattiq platina katalizatori yuzasida oksidlanish mumkinligini ixtiro qilishi faqatgina o'tgan asrning 70-yillaridagina keng qo'llanila boshlanadi. Bunday usulning kech o'zlashtirilishiga platinali katalizator o'z faolligini tez yo'qotishi sabab bo'lgan bo'lsa, ikkinchidan esa oleum iste'molchilari paydo bo'lmagan edi.

O'tgan asrning 70-yillarida Knitchaning ishlari tufayli oltingugurt to'rt oksidi tarkibida mishyak mavjudligi tufayli aniqlandi. U kuydirish gazini katalizator zaharidan tozalash usulini ham topdi.

Kontakt jarayonining rivojlanishida Rossiyada ishlab chiqarilgan Tentelev kimyo zavodi tizimi katta ahamiyat kasb etdi. Bu tizim amalga joriy qilindi va o'sha davr uchun zamonaviy takomillashgan tizim bo'lib hisoblanardi. Foydalanilgan katalizator platinlashgan asbest ko'rinishida bo'lib, barbotaj tipidagi adsorberlar ishlatilgan. 1917-yilda 64 ta Tentelev tizimlari turli mamlakatlarda ishlatilgan.

Hozirgi kunda jahonda katta miqdordagi sulfat kislotasi kontakt usuli bilan ishlab chiqariladi. Sulfat kislotasini kontakt usuli bilan ishlab chiqarishning o'sishi yuqori texnik darajada jihozlanganligi, toza va konsentrlangan kislotaga bo'lgan talabning borligi, jarayonni avtomatlashtirish mumkinligi, shuningdek yo'l qo'yiladigan darajagacha atmosferaga chiqib ketadigan gazlarda oltingugurt oksidlari konsentratsiyasi miqdorining kamligi bilan aniqlanadi.

Kontaktli sulfat kislotasini ishlab chiqarish korxonalari avtomatlashtirilgan texnologik jarayonni boshqarish tizimlari bilan qurolangan.

Sulfat kislotasini kontaktli olish jahonda ikki usul bilan amalga oshirilmoqda:

— bir marta kontaktlanadigan usulda  $SO_2$  va  $SO_3$  gacha oksidlash 97,5—98% yetadi va atmosferaga yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan chegaraviy miqdordan ortiq  $SO_2$  va  $SO_3$  chiqindi gazlar bilan chiqib ketadi, bu esa bunday tizimlarda tozalash bo'limini qurishga qo'shimcha xarajatlar talab qiladi.

— ikki marta kontaktlanadigan usulda va ikki martali absorbsiyada  $SO_2$  ni  $SO_3$  gacha oksidlanish darajasi 99,7—99,8% ni tashkil qiladi, bu esa qo'yilishi mumkin bo'lgan  $SO_2$  va  $SO_3$  konsentratsiyasiga chiqindilarning miqdori mos keladi. Ikki marta kontaktlanadigan tizimda kontakt usulida sulfat kislotasini ishlab chiqarish quyidagi bosqichlardan iborat bo'ladi:

1) xomashyoni tayyorlash; 2) oltingugurt to'rt oksidini olish; 3) gazni tozalash; 4) oltingugurt to'rt oksidini oksidlash; 5)  $SO_3$  absorbsiyasi; chiqib ketuvchi gazlarni tozalash. Ikki marta kontaktlanadigan va ikki marta absorbsiyalanadigan tizimda sulfat kislotasini olishda oltinchi bosqich mavjud emas.

Sulfat kislotasini ishlab chiqarishning kontakt usuliga ho'l kataliz deb ataladigan usul kiradi. Vodород sulfitni yondirishdan olingan ancha miqdorda nam saqlaydigan oltingugurt to'rt oksidi utilizator-qozondan o'tadi, u yerda  $\sim 1000^\circ C$  gacha soviydi, yuvilmasdan va quritilmasdan  $440-450^\circ C$  katalizatorning birinchi qatlamiga keladi. Olingan kislota 76% ga ega bo'ladi.

**Sulfat kislotasini saqlash va ularni tashish.** Sulfat kislotasi sanoatda har birining sig'imi  $3000\text{ m}^3$  keladigan saqlagich (bak)larda, kon-

sentrangan sulfat kislotasini esa qoplamasiz baklarda, konsentrlanmagani va ayniqsa toza sulfat kislotasini kislotaga chidamli materiallar bilan qoplangan po'lat baklarda saqlanadi.

Sulfat kislotasi ishlab chiqariladigan joyida ishlatiladi. Biroq iste'molchilarning talabiga ko'ra oleum va konsentrlangan sulfat kislotasini po'lat sisternalarda tashiladi. Hozirgi kunda sulfat kislotasi qurilmalarining bir agregati bir sutkada o'rta hisobda 1500 tonna sulfat kislotaga monogidratini ishlab chiqaradi. Oleumni saqlashda isitiladigan binolardan foydalaniladi.

### 1.3. SULFAT KISLOTASI VA OLEUM XOSSALARI

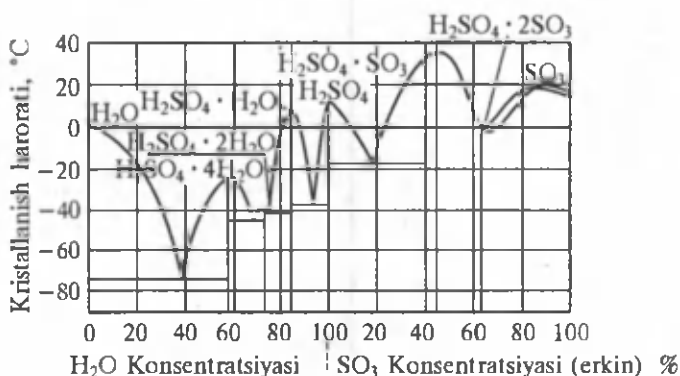
Sulfat kislotasining o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, uni xohlagan konsentratsiyada olish mumkin.

Suvsiz sulfat kislotasi 81,63 mass %  $\text{SO}_3$  dan va 18,37 mass %  $\text{H}_2\text{O}$  dan iborat bo'ladi; 100% li  $\text{H}_2\text{SO}_4$  — monogidrat — 1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  bilan 1 mol  $\text{SO}_3$  ning birikishi natijasida hosil bo'ladi.

100% li sulfat kislotada  $\text{SO}_3$  erishi orqali oleum hosil bo'ladi; uning formulasi  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$ .

Sulfat kislotasi deb  $\text{SO}_3$  bilan  $\text{H}_2\text{O}$  ning aralashmasiga aytiladi. Agarda bu aralashma ichidagi  $\text{SO}_3$  molekulari sonining suv molekulari soniga nisbati birga teng bo'lsa sulfat kislotasining monogidratini yoki konsentratsiyasi 100% ga teng bo'lgan sulfat kislotaga eritmasi olinadi.

Agarda bu nisbat birdan kichik bo'lsa, u vaqtda sulfat kislotasining suvdagi eritmasi olinadi. Maboda birdan katta bo'lsa u vaqtda konsentratsiyasi 100 % dan ortiq bo'lgan  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$  yoki oleum olinadi.



1.1-rasm. Sulfat kislotasining kristallanish diagrammasi.



Sulfat kislotasining kristallanish temperaturasi uning konsentratsiyasiga bog'liq ekanligini nazarda tutib  $H_2SO_4$  saqlashda va tashishda kristallanishga yo'l qo'ymaslik uchun mahsulot sulfat kislota konsentratsiyasiga uning kristallanish minimal temperaturasi bog'liqligiga qarab normalar belgilangan (1.1-rasm).

Mahsulot texnik sulfat kislotasining standart navlarining konsentratsiyasi va ularning kristallanish temperaturalari quyida keltirilgan:

	$H_2SO_4$ mass, %	$SO_3$ hajmiy, %	$T_{krist.}$ °C
Minora sulfat kislotasi	75	—	-35
Kontakt sulfat kislotasi	93,3	—	-29,5
Oleum	104,05	18	-2,8
Yuqori konsentrlangan oleum	114,6	65	-0,35

Sulfat kislotasining sifatiga asosiy talablar 1-jadvalda keltirilgan.

Akkumulatorlarda ishlatiladigan kislotani kontakt usuli bilan oli-shadi. Unda 92—94%  $H_2SO_4$  bor. Uning sifati GOST 667-73 ga mos kelishi kerak.

Reaktiv kislota kimyoviy toza (k.t.), tahlil uchun toza (t.u.t.) va toza (t) ko'rinishda ishlab chiqariladi va ular 92—94 mass. %  $H_2SO_4$  ega bo'ladi.

1-jadval

### SULFAT KISLOTASIGA QO'YILADIGAN TEXNIK TALABLAR

Miqdori, mass. %	Yaxshilangan	1-nav	Texnik		Oleum		Minora sulfat kislotasi
			1-nav	2-nav	Yaxshilangan	Texnik	
Sulfat kislota (100%li monogidrat)	92,5	94,0	Kamida 92,5		—	—	Kamida 75
$SO_3$ (erkin) kamida	—	—	—	—	24	19	—
Temir, ko'pi bilan	0,007	0,015	0,02	0,1	0,007	0,01	0,05
Oksidlar ( $N_2O_3$ ), ko'pi bilan	0,00005	0,0001	—	—	0,0002	0,0005	0,05

Miqdori, mass. %	Yaxshilangan	1-nav	Texnik		Oleum		Minora sulfat kislotasi
			1-nav	2-nav	Yaxshilangan	Texnik	
Mishyak, ko'pi bilan	0,00008	0,0001	—	—	0,00008	0,0001	—
Xloridlar	0,0001	0,0005	—	—	—	—	—

**Zichlik.** 20°C da sulfat kislotasi va oleum zichligining konsentratsiyaga bog'liqligi 1.2-rasmda ko'rsatilgan.

Rasmdan ko'rinib turibdiki, sulfat kislotasining zichligi uning konsentratsiyasiga mutanosib ravishda ortib boradi. Bunda 98,3 mass.% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> maksimumga teng bo'ladi. Konsentratsiyaning ortishi bilan kislota zichligi ancha kamayadi. O dan to 95 mass.% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> konsentratsiyalari oralig'ida kislota konsentratsiyasi zichlik bo'yicha aniqlanadi. 95—100 mass.% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oralig'ida zichligining juda kam o'zgarishi tufayli kislota konsentratsiyasini kimyoviy tahlil yordamida aniqlaydilar.

Oleumning maksimal zichligi 69 hajm % SO<sub>3</sub> (erkin) mos keladi.

Temperaturaning ortishi bilan zichlik kamayadi, temperaturaning kamayishi bilan zichlik ortadi. Zichlikni o'lchash jarayonida temperaturaga tuzatish kiritilib, 20°C temperaturaga to'g'ri keladigan standartga keltiriladi.

Sulfat kislotasining 20°C issiqlik hosil qilishi quyidagi tenglama bilan hisoblanadi:

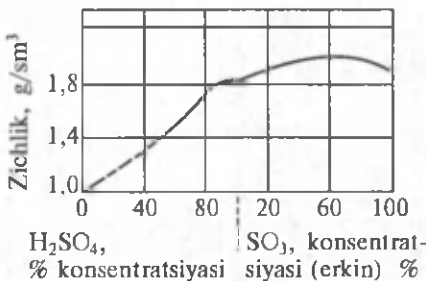
$$Q = \frac{2113M}{M+0,2013} + \frac{2,99(t-15)}{M+0,062}, \quad (1)$$

bu yerda: Q — sulfat kislotasining hosil bo'lish issiqligi, kJ/kg SO<sub>3</sub>;

t — temperatura, °C; M —

sulfat kislotadagi suvning miqdori, kg/kg SO<sub>3</sub>. Uni quyidagi tenglama bo'yicha aniqlaydilar:

$$M = \frac{100 - \text{hajm, \% SO}_3}{\text{hajm, \% SO}_3}$$



1.2-rasm. Sulfat kislota va oleumning 20°C dagi zichligi.

**Kislotaning suyultirish va aralashtirish issiqligi.** Sulfat kislotasiga suv quyilganda ajralib chiqadigan issiqlik miqdoriga suyulti-

rih issiqligi deyiladi. U kJ ning 1 kg 100% li  $H_2SO_4$  nisbati bilan ifodalanadi.

Sulfat kislotasini suyultirganda hosil bo'ladigan issiqlik oxirgi  $Q_2$  va boshlang'ich  $Q_1$  konsentratsiyalar ayirmasining farqiga teng bo'lishi suyuqlashtirishdagi issiqlik hosil qilishning aniqlash usullaridan biri hisoblanadi:

$$Q_{\text{suyuql}} = Q_2 - Q_1,$$

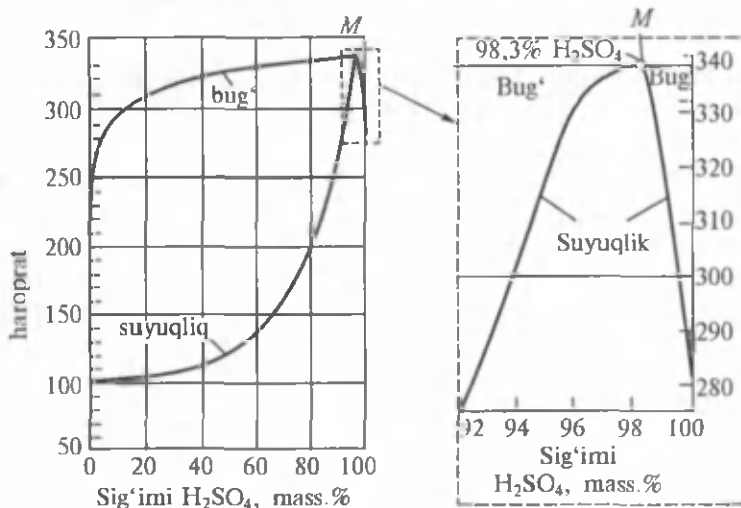
bu yerda:  $Q_2$  va  $Q_1$  (1) tenglamasi bilan aniqlanadi.

Kislotani suv bilan suyultirilganda suvga kislotaning ingichka oqimi bo'yicha tinimsiz aralashtirib quyadilar. Kislotaning qattiq qizib ketishi va sachrashini oldini olish uchun suvni kislotaga quyish mumkin emas.

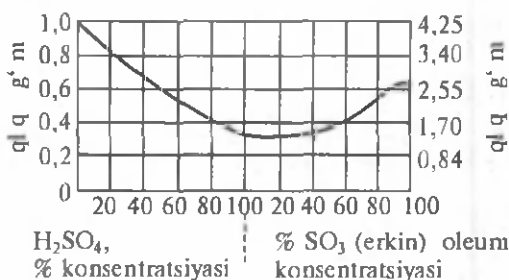
Turli konsentratsiyali kislotalarni aralashtirishda ajralib chiqadigan issiqlik miqdoriga aralashtirish issiqligi deyiladi. Aralashtirish issiqligini  $Q_{\text{aral}}$  quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$Q_{\text{aral}} = Q_3 (n_1 + n_2) - Q_1 n_1 - Q_2 n_2,$$

bu yerda:  $Q_1, Q_2, Q_3$  — 100% li  $H_2SO_4$  suyultirish issiqligi dastlabki kislota konsentratsiyasigacha va aralashtirishdan so'nggi oxirgi konsentratsiyasigacha suyultirish issiqligi;  $n_1, n_2$  — aralashtirish uchun olingan, kg da 100% li  $H_2SO_4$  sulfat kislota massalari.



1.3-rasm. Sulfat kislotaning suvli eritmasini 0,98 MPa bosimda qaynash diagrammasi.



1.4-rasm. Sulfat kislota va oleumning issiqlik sig'imi.

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> qaynashida bug' fazasiga faqat suv ajralib chiqadi, keyinchalik kislota temperaturasi bilan bug'larda sulfat kislota miqdori ko'payadi: 98,3% li H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> da bug' va suyuq faza H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tarkibi bir xil. Bu nuqta azeotrop aralashma tarkibiga mos (doimo qaynovchi aralashma) va bu esa atmosfera bosimida isitish yo'li bilan sulfat kislota konsentratsiyasini faqat 98,3 mass. % ko'paytirish mumkinligini anglatadi.

Sulfat kislota issiqlik sig'imi (1.4-rasm) konsentratsiya ortishi bilan kamayadi va suvsiz sulfat kislota uchun 1,42J/(g °C) yoki 0,338 kal/(g. °C) minimum nuqta bo'ladi. SO<sub>3</sub> (erkin) miqdorning ortishi bilan oleumning issiqlik sig'imi ortadi. Temperaturaning ortishi bilan sulfat kislota va oleum issiqlik sig'imi anchagacha o'sadi.

## 2. SULFAT KISLOTASINI ISHLAB CHIQARISH UCHUN XOMASHYO

Sulfat kislota ishlab chiqarish uchun oltingugurt kolchedanidan, oltingugurtdan, oltingugurt to'rt oksidli chiqindi gazlardan va vodorod sulfidlardan xomashyo sifatida foydalaniladi. Barcha tur oltingugurti bor xomashyolardan oddiy kolchedan va tabiiy oltingugurtdan tashqari rangli metallar, ko'mir, neft va tabiiy gazdan olinadigan mahsulotlar qayta ishlash natijasida amalga oshiriladi. Xomashyodan to'la foydalanish muhim xalq xo'jaligi ahamiyatiga molik.

**Oltingugurt kolchedani.** Oddiy kolchedan pirit, kam miqdorda markazit holida uchraydi, uning zichligi mos ravishda 4,9—5,1 va 4,3—4,9 g/sm<sup>3</sup>.

Toza temir sulfidi FeS<sub>2</sub>, 53,46 mass.% S va 46,54 mass.% Fe dan iborat. Amalda kolchedanda oltingugurt 40 dan 47 mass.% atrofida bo'ladi, qolganlari SiO<sub>2</sub>, rangli metallar sulfidlari (sink, mis, nikel

va boshqa), Ca, Ba sulfatlari, kam miqdorda Se, Rh, Au, Ag, As, F va boshqalardan iborat keraksiz jins deb ataluvchi aralashmalardir.

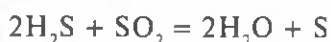
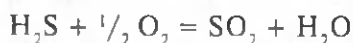
Ko'mirli kolchedan 35 dan 40 mass.% gacha S va 10 dan 20 mass.% gacha ko'mirdan iborat bo'ladi. Toshko'mirlarni boyitishda chiqindi sifatida ko'mir kolchedani olinadi. Kolchedan tarkibida uglerodning bo'lishi uning yonish temperaturasini ko'taradi va kuydirilgan gazda kislorod miqdorini kamaytiradi.

**Flotatsiyalangan kolchedan** tarkibida 1—1,5 mass. % mis bo'lgan kolchedanni boyitish yo'li bilan olinadi. Flotatsiya yo'li bilan kolchedan boyitiladi. Flotatsiyalangan kolchedan kimyoviy tarkibi bo'yicha oddiysidan farq qilmaydi. Unda oltingugurt miqdori 40 dan to 45 mass.% atrofida bo'ladi va 48 mass.% va unga qo'shimcha ravishda qayta flotatsiya qilish yo'li bilan oshirish mumkin. Flotatsiyalangan kolchedan sulfat kislota zavodlariga jo'natilayotganda muzlab qolishini oldini olish maqsadida uning namligi 3—4 mass.% atrofida bo'lishi lozim. Yoz paytlarida esa ruxsat etiladigan namlik 8 mass. % yetadi.

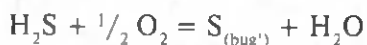
## 2.1. OLTINGUGURT

Oltingugurt — noorganik polimer, massasi — 32, ikkita kristallik shaklda (rombik va monoklin) mavjud bo'ladi. Oddiy temperaturada oltingugurt qattiq holatda  $S_8$  ko'rinishida uchraydi. 112,8 °C temperaturada rombik oltingugurt va 118,8 °C — monoklin suyuqlanadi. 120 °C suyulgan oltingugurt sariq rangga ega va yengil harakatlanuvchan; 190°C da, u qora-jigarrangli qovushqoq massaga aylanadi. Temperatura 400°C oltingugurt yana yengil harakatlanuvchan bo'lib 444,6 °C u qaynaydi. 900°C da oltingugurt bug'lari faqat  $S_2$  dan iborat bo'ladi. 1600°C oltingugurt molekulari atomlarga parchalanadi.

Oltingugurt tabiiy sof ma'danlardan maxsus pechlarda suyuqlantirib olinadi. Vodorod sulfiddan oltingugurt ni olish dastlab taxminan uch qism  $H_2S$  ni havo bilan aralashtirib yondirib  $SO_2$  olinadi. So'ngra vodorod sulfidni S gacha quyidagi reaksiyalar bo'yicha qaytariladi:

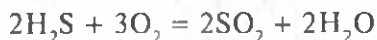


Vodorod sulfidning cheklangan qismi havo bilan aralashtirib katalizator (shamot g'ishti yoki boksid) ishtirokida yondirganda reaksiya quyidagicha o'tadi:



So'ngra oltingugurt bug'lari kondensatsiyalanadi. Bunday oltingugurt gazli deyiladi va DS (davlat standarti) bo'yicha kamida 99,00 mass.% S ega bo'lishi kerak.

Gazlardan ajratib olingan vodorod sulfidni ortiqcha havo ishtirokida yondirish yo'li bilan SO<sub>2</sub> olib, so'ngra sulfat kislotasini olish uchun quyidagi reaksiyadan foydalaniladi:



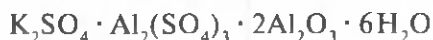
Katta miqdorda nam saqlovchi bunday oltingugurt to'rt oksidi ho'l kataliz usuli bilan kislotaga qayta ishlanishi mumkin.

## 2.2. BOSHQA TURDAGI XOMASHYOLAR

**Chiqindi kislotalar.** Benzin, moylovchi yog'lar va boshqa neft mahsulotlarining oltingugurt to'rt oksidli va to'yinmagan birikmalarini tozalash konsentrlangan sulfat kislotasi yordamida amalga oshiriladi. Bu jarayonning chiqindisi bo'lib *nordon gudronlar* hisoblanadi. Gudronlar generator gazi yoki koks gazi havo bilan aralashmasi 700—750°C temperaturada oltingugurt dioksidigacha qaytarilishi mumkin. Shunday usul bilan organik moddalar aralashmasi bilan ifloslangan hamda ishlatilgan sulfat kislotasini qayta ishlash mumkin. Ishlatilgan kislota miqdori ortib borishi tufayli ularni qayta ishlash muammo bo'lib qolmoqda. Ishlatilgan sulfat kislotasini konsentratsiyasi qancha yuqori bo'lsa, hosil bo'ladigan oltingugurt dioksidining miqdori gazlarda shuncha ko'p bo'ladi. Ba'zi bir hollarda ishlatilgan sulfat kislotasining miqdori 85—88 mass.% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bo'lguncha dastlab bug'lantirish kerak.

4% mass.% gacha erkin H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> va 25 mass.% gacha FeSO<sub>4</sub> iborat bo'lgan yedirish (xurushlash) eritmaları metallar sirtidagi okalina, ya'ni zangni sulfat kislota bilan yedirishda hosil bo'ladi. Bunday eritmalar shuningdek H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ishlab chiqarish uchun potensial xomashyo bo'lishi mumkin.

**Alunitlar.** Toza mineral tarkibi quyidagi formula bilan ifodalanadi:



Alunit ma'danida uning miqdori 50 mass. % gacha bo'ladi.

Sulfat kislotani olish uchun shuningdek, gips, fosfogips, natriy sulfati va temir kuporosi xomashyo bo'lib xizmat qilishi mumkin. Bular yuqori temperatura ta'sirida SO<sub>2</sub> ajralishi bilan parchalanadi. Fosfogips katta miqdorda fosfor o'g'itlari ishlab chiqarishda chiqindi sifatida hosil bo'ladi. Buni qayta ishlab sulfat kislotasi va sement

olish mumkin. Biroq shu kungacha bunday jarayon texnologiyasi murakkabligi tufayli MDH davlatlarida hanuzgacha amalga oshmagan. Hozirgi kunda respublikamizda 100 mln. t fosfogips to'planib qolgan va uning hosil bo'lishi davom etmoqda. Toshkent Kimyo-texnologiya institutida ancha sodda va kam energiya sarflovchi sulfat kislotasi va belit olish texnologiyasi ishlab chiqilgan. Bu texnologiya amaliyotga joriy qilinishi arafasida turibdi.

Oltingugurtning xomashyo manbai bo'lib rangli va qora metallurgiya chiqindi gazlari, shuningdek issiqlik elektrstansiyalarining tutun gazlari hisoblanadi. Issiqlik elektrstansiyalaridan chiqadigan tutun gazlarining tarkibiga 0,1 dan to 1%  $\text{SO}_2$  gazlari kiradi. Bu gazlar atmosferaga chiqib uni ifloslantiradi. Bu gazlardan sulfat kislotasi olishda foydalanishdan oldin ularni boyitish lozim. Boyitishning bir nechta usullari bo'lib, ulardan ammoniy yoki natriy sulfid-bisulfid (sikl usul deb ataladigan) suvli eritmasidan  $\text{SO}_2$  ajratib olish eng maqbul usuli hisoblanadi. Bu usulni qo'llab, 100% li  $\text{SO}_2$  olish mumkin.

### 2.3. OLTINGUGURTLI XOMASHYOLARNING QIYOSIY BAHOSI

$\text{SO}_2$  ni  $\text{SO}_3$  gacha oksidlash jarayonida vanadiyli katalizatorlar uchun zararli bo'lgan mishyak va fluor kabi aralashmalari bo'lmagan oltingugurt sulfat kislotasi ishlab chiqarishda eng yaxshi xomashyo hisoblanadi. Biroq oltingugurt yondirish bilan olinadigan sulfat kislotasining tannarxi kolchedandan olinganga qaraganda yuqori bo'ladi.

1 t  $\text{H}_2\text{SO}_4$  oltingugurtdan ishlab chiqarishda xomashyo tannarxi 80% ni, kolchedanni ishlatganda umumiy sarf-xarajatlar tannarxi 60% ni tashkil qiladi. Sulfat kislotasi ishlab chiqarish uchun rangli va qora metallar sanoati, neftni qayta ishlash va gaz sanoati chiqindi gazlaridan xomashyo sifatida foydalanish texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarining yuqori bo'lishini ta'minlaydi.

Sulfat kislotasini ishlab chiqarishda ishlatiladigan xomashyo texnologiyasini, demak, kapital va ekspluatatsiya sarflarining miqdorini aniqlaydi.

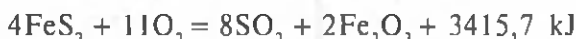
### 3. OLTINGUGURT DIKSIDINI OLIISH

Kislorod, azot, suv bug'lari va boshqa aralashmalarga ega  $\text{SO}_2$  gazi oltingugurt dioksidi deb ataladi. Oltingugurt dioksidining nisbiy molekular massasi 64,063 ga teng. U o'tkir hidli rangsiz gaz, suvda yaxshi eriydi va turg'un bo'lmagan birikma — sulfid kislotani

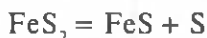
hosil qiladi. 1 kg oltingugurt dioksidining hajmi (ideal gaz) 21,9 m<sup>3</sup> ga teng (gazning hajmi normal sharoitga keltirilgan). Texnik hisoblarda 10—15 hajm % SO<sub>2</sub> ga ega bo'lgan gaz uchun 1 hajm 1 mol SO<sub>2</sub> 22,4 m<sup>3</sup> deb qabul qilinadi. Atmosfera bosimida va 10,1°C temperaturada oltingugurt dioksidi osongina suyuqlikka aylanadi; gazsimon 100% li SO<sub>2</sub> 2,7 · 10<sup>5</sup> Pa bosimda va 15°C temperaturada suyuqlikka aylanadi. SO<sub>2</sub> suyuq holatda po'lat balonlarda tashiladi. U sovitgich texnikasida konservalovchi modda sifatida, ayrim organik moddalar ishlab chiqarishda keng ishlatiladi.

### 3.1. KOLCHEDANNI KUYDIRISH

Kolchedan kuydirish jarayonining yig'indisi quyidagicha stexiometrik tenglama bilan ifodalanadi:



Bu jarayon ko'p miqdorda issiqlik ajratish bilan kechadi. Haqiqatan kuydirish jarayoni murakkab va bir qator oddiy oraliq reaksiyalar orqali kechadi. Taxminlarga ko'ra oldin 500—600°C FeS<sub>2</sub> parchalanishi oltingugurt bug'larini ajralishi bilan boshlanadi:



Bunday oltingugurt o'ziga xos havorang alanga bilan yonib, SO<sub>2</sub> hosil qiladi. Biroq oraliq reaksiyalarining aniq mexanizmi aniqlanmagan.

Kolchedanni kuydirganda SO<sub>2</sub> bilan birgalikda FeO hosil bo'ladi, so'ngra u Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> ga o'tadi, kuydirishning oxirida esa pech bo'limi normal ishlaganda tarkibida 0,5—1,5 mass. % FeS ega bo'lgan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hosil bo'ladi. Jarayonning boshlanishi uchun yoqilg'i bilan kolchedanni alangalanishigacha bo'lgan temperaturagacha yondiriladi. Xomashyodagi oltingugurt miqdoriga bog'liq holda alangalanish temperaturasi 290 dan to 420°C atrofida bo'ladi. Keyinchalik kuydirish temperaturasi ajralib chiqayotgan reaksiya issiqligi bo'yicha ushlab turiladi.

**Kolchedanning yonish tezligi.** Jarayon tezligi kimyoviy jarayon kechayotgan apparat unumdorligiga bog'liq; masalan, pechning unumdorligi esa oltingugurt xomashyosining yonish tezligiga bog'liq. Kolchedanning kuyish tezligi birinchi navbatda reaksiyaga kirishuvchi moddalar sirtlarining bir-biriga tegib turishiga bog'liq. Bu jarayon geterogen bo'lganligi uchun gaz (havo) fazasi sirti va qattiq (xom ashyo) fazasi sirti bir-biriga tegib turishi xomashyo zarrachalarining



o'Ichamlariga va yonish zonasida zarralarni aralashtirish darajasiga bog'liq. Kolchedan zarralari o'Ichamlari qancha kichik bo'lsa, kislorod uning ichlariga yengil kiradi, oltingugurt esa to'la yonadi, natijada temir kuyindisi bilan oltingugurt kam yo'qoladi.

Kolchedanni yonish tezligiga temperaturasi katta ta'sir ko'rsatadi. Temperatura qancha yuqori bo'lsa yonish tezligi shuncha katta bo'ladi. Biroq temperaturaning ortishi bilan kolchedan qovushib pishishi mumkin. Ko'pchilik kolchedanlar 900°C da qovushib pishadi. Bu holda kuydirilayotgan materiallarning ayrim zarrachalari o'zaro yopishib qoladi, uning sochiluvchanligi yo'qoladi va kuydirish jarayoni buziladi. Chang-havo aralashmasi ko'rinishida kolchedan kuydirilganda yuqori temperaturada jarayonni olib borish mumkin. Temperaturani 800 dan 1000°C gacha ko'paytirilsa yonish tezligi 2,19 marta ortadi. Boshqa bir xil sharoitlarda gazda O<sub>2</sub> miqdorining kamayishi kolchedanning kuydirish reaksiyasini sekinlashtiradi.

**Kolchedanni kuydirganda gaz tarkibi.** Kolchedanni kuydirganda 11 hajm kisloroddan 8 hajm SO<sub>2</sub> olinadi, 3/11 kislorod esa temir va 8/11 oltingugurtning oksidlanishiga sarflanadi. Kolchedanni kuydirishda nazariy jihatdan SO<sub>2</sub> ega bo'lgan kislorodsiz gazni olish mumkin:

$$\frac{21 \cdot 8/11 \cdot 100}{100 - 21 \cdot 3/11} = 16,2 \text{ hajm } \%$$

Qolgan azotdan iborat. Zavod sharoitida kolchedanni qaynatma qatlam (QQ) pechlarda kuydirganda gaz aralashmasida odatda quruq gazga hisoblaganda 14 hajm % SO<sub>2</sub> bo'ladi. Amalda kolchedanni kuydirishni oltingugurtni to'la yonishini ta'minlash maqsadida va SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> gacha katalitik oksidlanishi uchun ortiqcha kislorod ish-tirokida amalga oshiriladi.

**Oltingugurtni va boshqa oltingugurtli xomashyolarni yondirish.**

Oltingugurtning yonishi quyidagi tenglama bo'yicha o'tadi.



1 kg oltingugurt yonganda 9293,4 kJ issiqlik ajralib chiqadi.

1 mol kisloroddan 1 mol SO<sub>2</sub> olishadi. Shunday ekan, 21 hajm % O<sub>2</sub> li havoda oltingugurt to'la yonsa olingan kislorodsiz gaz 21 hajm % SO<sub>2</sub> ega bo'ladi. Amaliy sharoitlarda gazda 12 hajm % SO<sub>2</sub> gacha bo'ladi.

Oltingugurt yondirilganda quyidagi reaksiya ketadi:

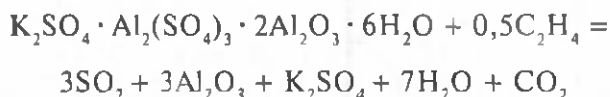


Bu metod bo'yicha sulfat kislota ishlab chiqarish uchun foydalaniladigan oltingugurt gazi  $\text{SO}_2$  va suv bug'lari miqdori keng chegara atrofida bo'lib, dastlabki gaz tarkibiga va uni tozalash uchun ishlatilgan usulga bog'liq. Oltingugurt vodorodini havoda yondirganda gaz  $\text{SO}_2$  miqdori 13 hajm % atrofini tashkil qiladi.

Fosfogipsni parchalash reaksiyasi uglerod ishtirokida o'tadi va issiqlik sarflashni talab qiladi:



Alunitlarni qaytarish reaksiyasi quyidagi tenglama bo'yicha amalga oshadi:



Bu holda gazda  $\text{SO}_2$  miqdori 75 hajm, % yetishi mumkin. Olingan gaz havo bilan siyraklashtiriladi va kontakt usuli bilan sulfat kislota olishga yuboriladi. Kaliy sulfati o'g'it sifatida, gil tuproq,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  esa alumin metalini olish uchun foydalaniladi.

### 3.2. OLTINGUGURTLI XOMASHYONI YONDIRISHDA ISHLATILADIGAN PECHLAR

Hozirgi vaqtda kolchedanni kuydirish uchun qaynama qatlamli va changsimon kuydirish pechlari qo'llaniladi. Oltingugurtni yondirish forsunkali va siklon tipidagi pechlarda, shuningdek qaynama qatlamli pechlarda amalga oshiriladi.

**Qaynama qatlamli pechlarda kolchedanni kuydirish.** Bunday pechlar 45 %  $\text{FeS}_2$  hisoblaganda 100, 200 va 450 t/sut unumdorlikka ega. Pechlarning unumdorligi 1 sutka davomida pechda yondirilgan 45 mass. % oltingugurtli (shartli kolchedan) kolchedanni miqdori bilan xarakterlanadi. 1 sutkada  $1\text{m}^3$  pech hajmida yoki  $1\text{m}^2$  apparat kesimida yondiriladigan kolchedan miqdoriga jadallashtirish deyiladi. Kolchedanni kuydirish geterogen jarayoni bo'lgani uchun xomashyoni havo bilan jadal aralashtirilishiga bog'liq bo'ladi. Bunday aralashtirish qaynama qatlamli pechlarida vujudga keltiriladi.

Bu pechlarda qaynama bir qatlamli va ikki qatlamli bo'ladi. 1.5-rasmda qaynama bir qatlamli pech ko'rsatilgan. Uning ichi o'tga chidamli g'isht bilan qoplangan bo'lib, korpusi po'latdan iborat. Pechning pastki qismida panjara joylashgan, panjara o'piriladigan yoki qalpoqchali bo'lishi mumkin. Kolchedan ombordan tasmali transportyor yoki elevator yordamida bunkerga beriladi, u yerdan

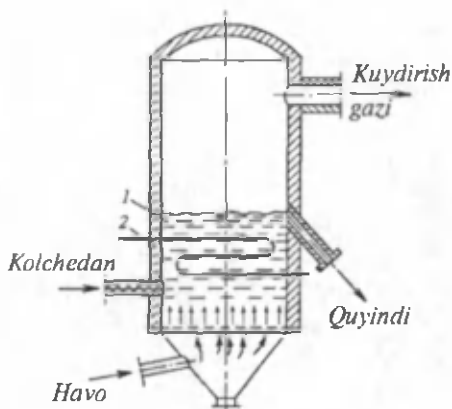
likopchali ta'minlagich va solinadigan kamera orqali pechga keladi. Kolchedanni yonishi uchun havo ventilator bilan panjara ostiga beriladi. Bir-biriga juda yaqindan tutashgan kolchedan zarrachalarini qovushib pishishiga yo'l qo'ymaslik uchun qatlamda temperatura 800—850°C dan yuqori bo'lmasligi kerak.

Kerak temperaturani ushlab turish uchun qaynovchi qatlamda sovitish elementlari o'rnatiladi, bulardan suv o'tib turadi. Yonuvchi kolchedan havoning kontakti davomiyligi, qaynama qatlamning balandligiga bog'liq va u 9—12 s ga teng. 12—14 hajm % SO<sub>2</sub> ega bo'lgan kuydirilgan gaz 850—900°C temperaturada qozon-utilizatorga tushadi, bu yerda tezda 400—450°C soviydi. Bu holda qozon-utilizatorida 1 t kuydirilgan kolchedanga (45% S hisoblanganda) 1,2—1,5 t qizitilgan bug' hosil bo'ladi. Kuydirilgan gaz qozon-utilizatoridan keyin tozalashga yuboriladi.

Temir kuyindisi (ogarak) qaynama qatlam balandligida bo'lgan pech devoridagi teshikdan bo'shatiladi va u kuyindi omboriga yuboriladi yoki iste'molchiga beriladi. Qaynama qatlam pechidan chiqayotgan kuyindi asosan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan iborat bo'ladi. Oltinugurt kislotali sex pechlaridan kuyindini olib ketish uchun tinimsiz zanjirli qirg'ichlar harakatlanadigan qo'zg'almas metall tarnovdan iborat qirg'ichli transportyorlardan foydalanadilar. Qirg'ichlar kuyindini qamrab olib tarnov bo'yicha harakatlantiradi.

Kuyindi pnevmatik usulda ham chiqarib tashlanishi mumkin. Quvur o'tkazgichlarda siyraklanishni vujudga keltirganda havoda muallaq holatdagi kuyindi aralashmasi hosil bo'ladi, u 30 m/s gacha tezlikda harakat qiladi. Quvur o'tkazgichlarning shakldor qismlarini tez yeyilishi va kuyindidan quvur o'tkazgichlarda tiqinlar hosil bo'lishi, shuningdek energiyaning ancha sarflanishi pnevmatik usulning kamchiligi hisoblanadi.

Kuyindini ajratib olish uchun shuningdek gidravlik usuldan ham foydalanishadi. Bu holda tozalangan suv yana pulpa hosil qilish uchun ishlatiladi. Hosil bo'lgan pulpa tindirgichlarga yuboriladi. Tozalangan



1.5-rasm. Kolchedanni kuydirish uchun qaynama qatlamli pech:  
1 — qaynama qatlam; 2 — sovitish elementi.

suv yana pulpani hosil qilish uchun ishlatiladi. Bu usulning kamchiligi shundaki, toza suv sulfat kislota, mishyak, temir sulfat va boshqalar bilan ifloslanadi.

Qaynama qatlamli pechlarning afzalligi — shartli kolchedanga aylantirib hisoblaganda 45 mass.% S uning unumdorligining kattaligi 100 dan to 450 t/sut gacha;  $\text{FeS}_2$  ni kuydirgandagi reaksiya issiqligidan to'la foydalanish mumkinligi (1t kolchedandan 1,5 t gacha bosimi  $40 \cdot 10^5$  Pa va temperaturasi  $420^\circ\text{C}$  bo'lgan bug'ni olish mumkinligi) hamda 12—14 hajm %  $\text{SO}_2$  va 0,1 hajm %  $\text{SO}_3$  ega bo'lgan kuydirish gazi olinadi. Kuydirish gazida ancha miqdorda  $\text{SO}_2$  mavjud bo'lganda gaz o'tkazgichlar, elektrofiltr elektrodleri va qozon-utilizatorlarning quvurlari ular ustida sulfatli qatlam hosil bo'lishi hisobiga korroziyaga (yemirilishga) uchraydi.

Qaynama qatlam pechlarida kolchedanni kuydirganda mishyak kuyindi bilan birga ajralib chiqadi. U  $\text{As}_2\text{O}_3$  nisbatan yaxshi adsorbent va shuningdek katalizator bo'lib hisoblanadi. Shuning uchun  $\text{As}_2\text{O}_3$   $\text{As}_2\text{O}_5$  gacha kuyindi ishtirokida oksidlanadi. Mishyak penta oksidi kuyindi bilan birikib, uchmaydigan arsenatlarni hosil qiladi va kuyindi tarkibida qoladi. Natijada kuydiriladigan gaz vanadiyli katalizatorga salbiy ta'sir etuvchi mishyak aralashmasidan qisman tozalanadi va uning faolligi kamayadi.

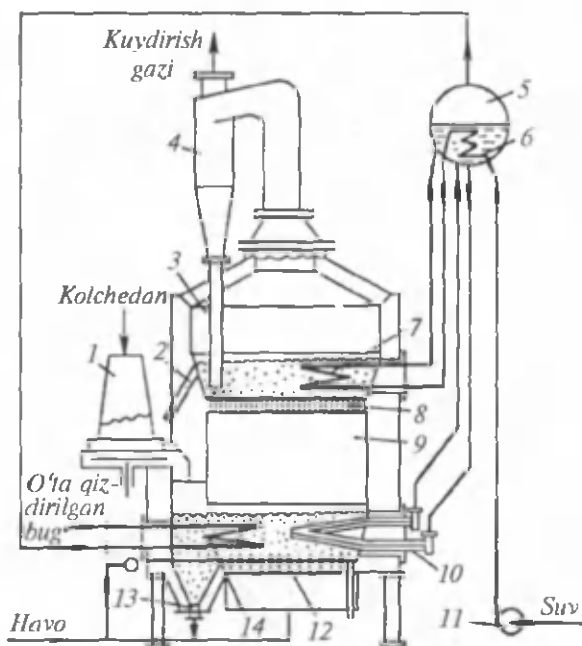
Ancha miqdorda kuydiruvchi gazlar kuyindi massasidan (40 dan to 100 mass.% gacha) chang bilan o'chib ketishi Qaynama qatlamli pechlarning asosiy kamchiligi hisoblanadi.

#### Qaynama qatlamli pechlarning texnologik ko'rsatkichlari:

Unumdorligi, t/sut (45 % S) .....	200
Kuydirish jadalligi, $\text{Im}^3$ pech hajmiga kg/sut .....	1000—2000
Pechda gaz tezligi, m/s .....	0,6—1,0
Gazning pechda bo'lish vaqti, s .....	9—12
Qaynama qatlam balandligi, mm .....	800—1000
Kuydirish gazida $\text{SO}_2$ miqdori, hajm % .....	12—14

**Ikki qaynama qatlamli pech (IQQ)** bir qatlamli pechdan farqi u pastki va yuqorigi qatlamga ega (1.6-rasm). Havoni kolchedanning pastki qatlamiga beriladi, yuqorigi qatlamga esa pastki qatlamdan kuydirish gazi keladi. Yirik kuyindi siklon (4)dan o'tib, qayta kuydirish uchun yana yuqorigi qatlamga qaytadi. Kuyindida mavjud bo'lgan (Cu, Zn va boshqa) metallarning bu qatlamda sulfatlanishi boshlanib, sulfat kislota eriydigan tuzlarning hosil bo'lishi bilan tugaydi.

**Changsimon kuydirish pechida** flotatsion kolchedan muallaq holda kuydiriladi va kuydirish jadalligi  $1000 \text{ kg/m}^3$  sut tashkil etadi. Bu



1.6-rasm. Ikki qaynama qatlamli pech.

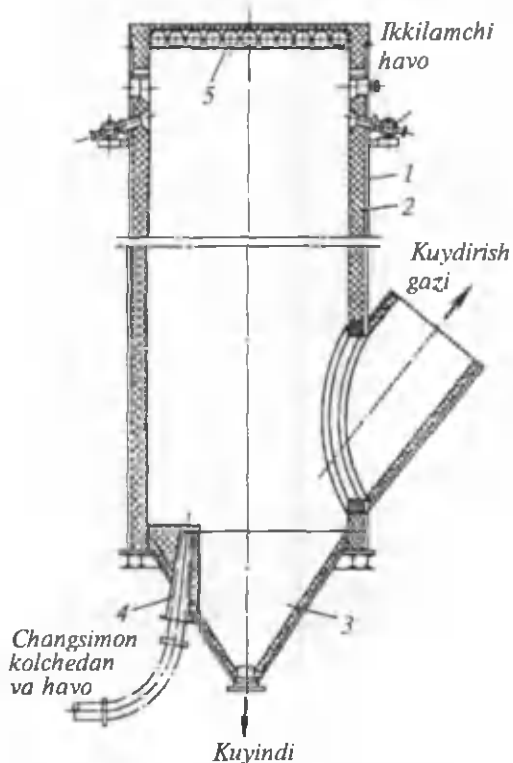
1 — tarelkasimon ta'minlagich; 2, 13 — ustki va ostki qaynama qatlamlardan kuyindini tushirish tarnovchasi; 3 — pechning tepadagi zonasi; 4 — kuyindini qaytarish sikloni; 5 — qozon barabani; 6 — suv isitgich; 7, 10 — ustki va ostki qaynama qatlamning sovituvchi elementlari; 8 — ustki qaynama qatlamdan o'pirilib o'tib ketadigan panjara (to'r); 9 — pechning pastki zonasi; 11 — suvni uzatish uchun nasos; 12 — pastki qaynama qatlamdan o'pirilib o'tmaydigan panjara; 14 — bug' qiizdirgich.

pechlar konstruksiyasi bo'yicha sodda (1.7-rasm) va kuydirish jarayonining osonligi bilan farqlanadi.

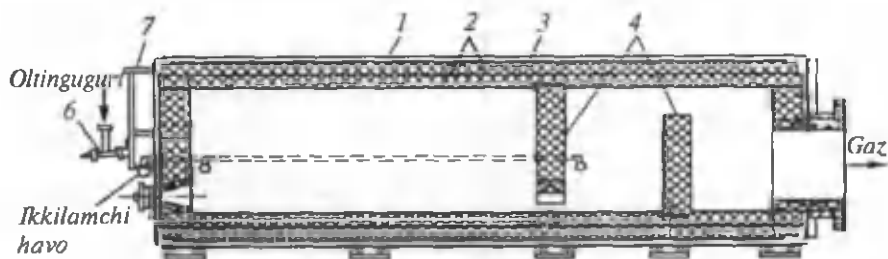
800°C temperaturagacha bo'lgan pechdan chiqayotgan gazlar  $12 \cdot 10^5$  Pa (1 t/t kolchedan gacha) bosimli bug' olish uchun foydalaniladi. Bunday pechlarning kamchiligiga pechga kolchedanni no tekis uzatilishi ( $\text{SO}_2$  ni pech gazida 9—12 hajm % atrofida o'zgarib turishi), gazning ko'p miqdorda qayta changlanishi ( $100 \text{ g/m}^3$  gacha) va flotatsion kolchedanni barabanda quritganda hosil bo'ladigan donalarini maydalashga elektr energiyaning qo'shimcha sarflanishi kiradi.

Hozirgi vaqtda ajratib olinadigan kuyindi sement sanoatida surik va mumiya kabi mineral bo'yoqlar ishlab chiqarishda ishlatiladi.

**Oltinugurtni kuydirish uchun forsunka tipidagi pechlar** (1.8-rasm). Bunday pech ichi o'tga chidamli g'isht (1) bilan qoplangan gorizontal



**1.7-rasm. Changsimon kolchedanni kuydirish uchun pech:**  
 1 — silindrik qobiq, 2 — qoplama; 3 — bunker; 4 — kolchedan va havo aralashmasini uzatish uchun forsunka; 5 — sovituvchi ekran.

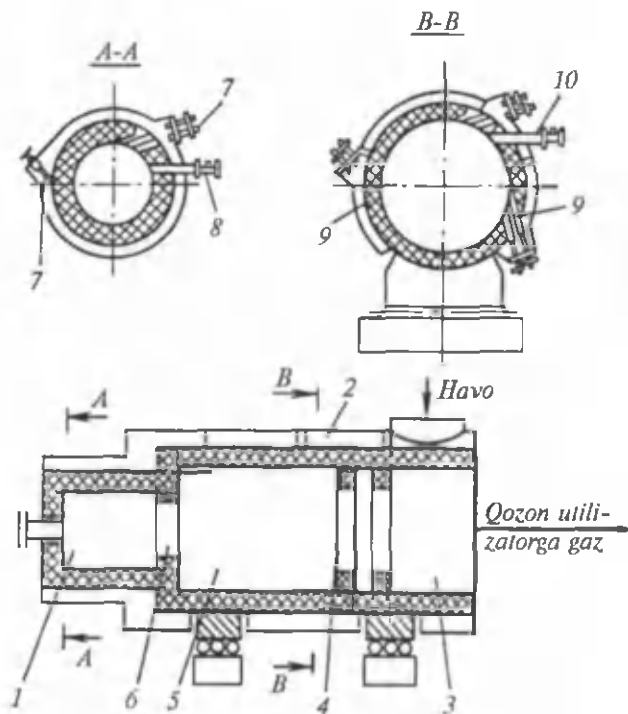


**1.8-rasm. Changlangan holatdagi (forsunkali pech) suyuq oltingugurtni yondirish uchun pech:**  
 1 — po'lat silindr; 2 — qoplama; 3 — asbest; 4 — to'siq; 5 — yoqilg'ini changitib purkash uchun forsunka; 6 — oltingugurtni changitib purkash uchun forsunka; 7 — pechga havoni berish uchun quti.

joylashgan po'lat silindr (2) dan iborat. Suyultirilgan oltingugurt forsunka (6) orqali pechning o'txonasiga beriladi, bu yerga bir marta oltingugurtning yonishi uchun zarur bo'lgan havo uzatiladi. Forsunka (6) oltingugurt chiqishida bug'lanadi va mash'al ko'rinishida yonib ketadi. Oltingugurt bug'larning to'la yonishi uchun ikkilamchi havo pechga beriladi va havo bilan oltingugurtning yonish mahsulotlari aralashishini yaxshilash uchun ikkita to'siq (4) o'rnatiladi.

Ifoslangan oltingugurtni g'ishtdan bajarilgan to'g'ri burchak shaklidagi qaytaradigan tipdagi pechlarda yondiradilar. Oltingugurt bug' ko'rinishida havo oqimida pech gumbazi orasida yonib ketadi. Bunday pechlarning jadalligi  $1 \text{ t/m}^3$  sut.

Hozirgi kunda oltingugurtni yondirish uchun siklon pechlari (1.9-rasm) keng miqiyosda qo'llanilmoqda. Bu pechlarning farqi shundaki suyultirilgan oltingugurt va havo  $100 \text{ m/s}$  yaqin tezlikda forsunka orqali tangensial yo'nalishda beriladi. Gaz va oltingugurt bug'larining aylanma harakatida jadallik bilan aralashish vujudga



1.9-rasm. Siklonli pech:

- 1 — forkamera; 2 — havo qutisi; 3, 5 — yondirib bo'lish kamerasi;  
 4, 6 — kambarlanish halqasi; 7, 9 — havo beruvchi soplo;  
 8, 10 — oltingugurtni beruvchi forsunkalar.

keladi va oltingugurtning yonish tezligi ortadi. 13 hajm %  $\text{SO}_2$ , ega bo'lgan oltingugurt gazi pechdan  $800^\circ\text{C}$  temperatura atrofida qozon-utilizatorga kiradi, bu yerda  $39 \cdot 10^5$  Pa bosimda bug' hosil bo'ladi. Bunday pechlarning ishlab chiqarish unumdorligi sutkasiga 100 t oltingugurtga yetadi. Hozirda sutkasiga 300 t va undan ortiq oltingugurt ishlab chiqarish quvvatiga ega bo'lgan siklonli pechlar loyihalanyapti.

Siklonli pech forkamera (1) va ikkita siqadigan halqalar (4, 6) bilan qo'shimcha yondiradigan ikkita kamera (3) va (5) dan iborat bo'ladi. Berishdan oldin suyultirilgan oltingugurt tindiriladi va filtrlanadi.

Bo'lak ko'rinishdagi oltingugurtni qaynama qatlamli pechlarda ham yondiriladi. Bu holda suyultirgichlar, nasoslar va filtrlar kerak bo'lmaydi.

**Vodorod sulfidni yondirish uchun pechlar.** Ichi o'tga chidamli g'ishtlar bilan qoplangan po'latdan yasalgan silindrik pechda vodorod sulfidi yondiriladi.

Portlash xavfi bo'lganligi tufayli pechning pastki qismida ogohlantiruvchi klapan o'rnatilgan. Pechning yuqori qismida yondirgich orqali vodorod sulfid keladi, havo bilan aralashadi va pechga uzatiladi, mash'al ko'rinishida yonib ketadi. Kuydirilgan gaz pechning pastki qismidan chiqib ketadi.

Vodorod sulfidli gazda vodorodli sian uchrasa  $\text{H}_2\text{S}$  yondirish azot oksidi hosil bo'lishini bartaraf etish uchun reaksiyani kislorod yetishmaganida olib boriladi. Jarayon quyidagi ko'rinishda bo'ladi:



**Oltingugurt dioksidini changlardan tozalash.** Kolchedanni kuydirishda olingan oltingugurt dioksidi changlari va rangli metallurgiya gazlari ancha miqdorda kuyindiga ega bo'ladi. Shunday ekan, changsimon kuydirish pechidan chiqayotgan gaz  $100 \text{ g/m}^3$  gacha changga ega bo'ladi, qaynama qatlamli pechlarda esa chang miqdori  $300 \text{ g/m}^3$  gacha yetadi. Natijada gazo'tkazgich va apparatlar changga to'lib tiqilib qoladi, bu esa gaz oqimiga nisbatan gidravlik qarshilikning oshishiga olib keladi va tizimda havoni tortib o'tish uchun elektr energiyasi sarfini oshiradi. Bundan tashqari, mahsulot tarkibiga chang qo'shilib, uning sifatini yomonlashtiradi.

Nitroza usuli bilan sulfat kislotasini olish uchun foydalaniladigan oltingugurt to'rt oksidi gazini changdan tozalashda ikkita usul qo'llaniladi: mexanik va elektrik. Sulfat kislotani kontakt usulida olishda gazni qo'shimcha changdan tozalanadi. Bu holda yuvish bo'limida pech gazidan selen va tellurni ajratib olinadi.



**Mexanik tozalash.** Changlarni mexanik usulda cho'ktirish og'irlik kuchi ta'sirida tushishga asoslangan bo'lib, kam unumdor tizimlarda ishlatiladi. Zamonaviy yuqori unumdor sulfat kislotali tizimlarda inersion tozalash usuli qo'llaniladi. Bu usul gazlar harakati yo'nalishini keskin o'zgartirilishiga asoslangan bo'lib, natijada gaz harakati kamayib, undan changlarning eng yiriklari pastga tusha boshlaydi. Bunday uskunalarga qozon-utilizatorlari kiradi.

Gazlarni dag'al tozalash uchun markazdan qochma kuchlarga asoslangan uskuna-siklonlar yoki multi-siklonlar ishlatiladi.

**Elektrik tozalash.** Gazlarni tozalash uchun ishlatiladigan elektr-filtrlar quvurchasimon va plastinkachasimonlar bo'ladilar. Elektr filtrning prinsipial sxemasi 1.10-rasmda ko'rsatilgan. Rasmda ko'rinib turganidek ikkita elektrod orasidan gaz o'tkaziladi. Elektrodlardan biri musbat zaryadlangan va o'tiradigan elektrod deb ataladi. O'tiradigan elektrodlar yerga ulanadi. Boshqasi manfiy zaryadlangan va koronirlangan elektrod deb ataladi. Elektr filtr yuqori kuchlanishli 60—80 ming V li doimiy tok bilan ta'minlanadi.

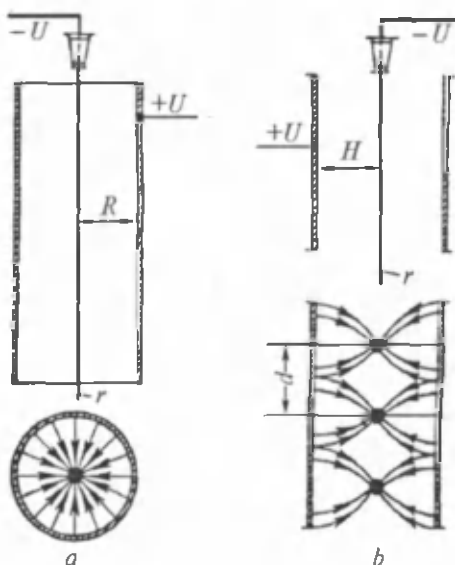
Elektrodlar orasiga tok berilganda elektr maydoni hosil bo'ladi. Bu vaqtda koronirlangan elektrod atrofida o'tayotgan gazni jadal ionlashtirayotgan korona deb ataladigan rangsiz — moviy nurlanish hosil bo'ladi. Musbat zaryadlangan ionlar koronirlangan elektrod tomon intiladi va neytrallanadi. Bu sharoitda gazdagi muallaq chang yoki suyuqlik zarrachalari tegishli zaryadga ega bo'lib, o'tirish elektrodiga tortiladi va zaryadini berib, uning sirtiga o'tiradi. Tozalashga kelayotgan gaz elektr

---

1.10-rasm. Quriq elektr filtr-larning prinsipial sxemasi:

*a* — quvurchalardan yasalgan elektr filtr; *b* — plastinkasimon elektr filtr (elektronlar va ionlar oqimining yo'nalishi strelkalar bilan ko'rsatilgan);

*U* — elektrodlar ustiga qo'yilgan kuchlanish; *R* — quvurchasimon cho'ktirish elektrodlarining radiusi; *r* — koronirlovchi elektrodning radiusi; *H* — o'tkazgich va plastinkasimon elektrodlar o'rtasidagi masofa; *d* — o'tkazgichlar o'rtasidagi masofa.

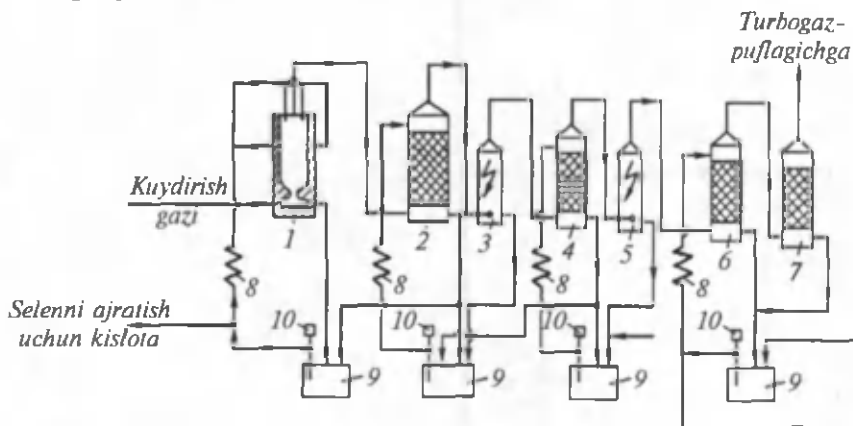


maydonida 8—10 s davomida bo'ladi, elektr filtrda uning harakat tezligi 0,7—1,2 m/s.

Pech gazlarini o'ta tozalash uchun (gorizontal kuyindili, uch maydonli elektrodning o'tirish sirt 20 m<sup>2</sup> teng bo'lgan) Ular elektrod-larni mexanik tebratish tuzilmasi bilan ta'minlangan quruq OG-3-20 tipidagi elektr filtrlar ishlatiladi. Bunday elektr filtrlarda tozalash darajasi 99,9%ga yetadi. O'tiruvchi elektrodning deformatsiyaga uchrashiga yo'l qo'ymaslik uchun temperaturasi 475°C dan oshmasligi kerak. Gazlar temperaturasi elektr filtrdan chiqishda 300—400°C bo'ladi.

Kuyindili elektr filtrlar uchun temperaturaning pastki chegarasi 275°C atrofida bo'ladi. Bundan pastroq temperaturada suv bug'la-rining doimo kuydirish gazlarida mavjud bo'lgan SO<sub>3</sub> bilan birikishi natijasida kislota tuman hosil bo'ladi va elektr filtrlarning po'lat qismlarini korroziyaga uchratishi mumkin.

Elektr filtrlardan chiqayotgan issiq gaz 0,05—0,1 g/m<sup>3</sup> kuyindi changlariga ega bo'ladi. Bu changlar gazni kontakt uskunasi-ga berilayotganda katalizator qatlamlariga tiqilib qolishi mumkin. Bundan tashqari kolchedanni kuydirayotganda uning tarkibidagi aralashgan mishyak va selen As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> va SeO<sub>2</sub> bug'lari ko'rinishida gazga o'tadi, SO<sub>2</sub> ni oksidlovchi katalizatorni zaharlaydi, ayniqsa As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Bu aralashmalardan tozalashni yuvish bo'limida amalga oshiradilar. Kolchedandan kontaktli sulfat kislotani ishlab chiqarishda tozalash bo'li-mining tipik sxemasi 1.11-rasmda ko'rsatilgan.



1.11-rasm. Tozalash bo'limining sxemasi:

1 — birinchi yuvish minorasi; 2 — ikkinchi yuvish minorasi; 3 — birinchi ho'l elektr filtr; 4 — namlatish minorasi; 5 — ikkinchi ho'l elektr filtr; 6 — quritish minorasi; 7 — tomchi ushlagich; 8 — kislota sovitgichlari; 9 — kislota yig'gichlar; 10 — cho'ktiriladigan nasoslar.

### 3.3. GAZNI ARALASHMALARDAN TOZALASH

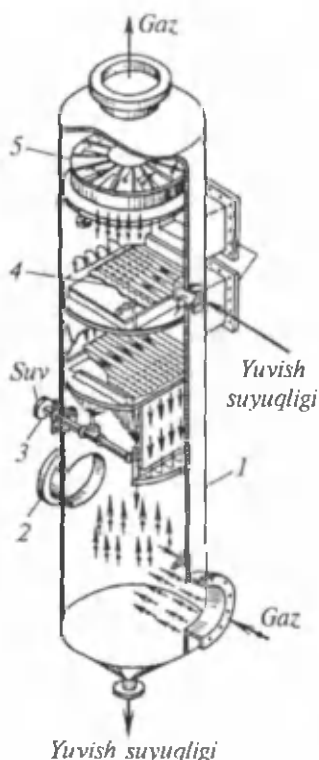
Kuyindi changi qoldiqlari,  $As_2O_3$  va  $SeO_2$  bug'lari bo'lgan kuydirish gazi qizigan elektr filtrlardan keyin  $400^\circ C$  temperatura atrofida yuvish bo'limiga keladi. Bu yerda yuvilayotgan temperatura  $70^\circ C$  bo'lgan sulfat kislotasi bilan uchrashib, u soviydi. Yuvish bo'limida birinchi yuvish minorasi odatda 65 %  $H_2SO_4$  bilan yuviladi. Doimo kam miqdorda  $SO_3$  va  $H_2O$  ga ega bo'lgan kuydirish gazining temperaturasi kamayganida yuvish minorasida mayda dispers oltinugurt kislotali tuman hosil bo'ladi. Bu holda gaz tarkibida bo'lgan  $As_2O_3$  va  $SeO_2$  oksidlarining bug'i tuman zarrachalarida va sulfat kislotasi tomchilarida kondensirlanadi. Temperaturaning pasayishi bilan  $As_2O_3$  bug'simon holatidan qattiq holatga, ya'ni o'ta mayda qattiq zarrachalarga aylanib o'tadi. Ulardan bir qismi yuvayotgan sulfat kislotasida eriydi,  $As_2O_3$  konsentratsiyasi esa 1 mass % ga yetadi.

Keyinchalik kislotani sovitgandan so'ng kislota o'tkazgichlarda, yig'gichlarning devorlarida va sovitgichlarning o'zlarida to'planib bir qism mishyak cho'kmaga tushadi.

Selen dioksidi sulfat kislotasi tumani tomchilarida va yuvadigan kislotada yaxshi eriydi.

Sulfat kislotasi tumanidan, mishyakdan va selendan uzil-kesil (batamom) tozalash ho'l elektr filtrlarda amalga oshiriladi. Har bir bosqichda 70 ming V bo'lgan yuqori kuchlanishda ishlaydigan ikkita parallel ulangan elektr filtrlar bor. Tozalashga kelayotgan gaz cho'ktiruvchi va koronirlovchi elektrodlar o'rtasida teshib o'tishni yoki buzilishni yo'qotish uchun namlangan bo'lishi kerak. Shuning uchun elektr filtrning birinchi bosqichidan so'ng gaz namlovchi minoraga, so'ngra esa ikkinchi bosqichga keladi. Oxirgi juft nam elektr filtrlardan chiqayotgan gaz deyarli zararli aralashmalardan (suv bug'laridan tashqari) tozalanib va keyin quritishga beriladi.

Gaslarni yuvish uchun shuningdek Svenko uskunasi ishlatiladi (1.12-rasm).



1.12-rasm. Svenko apparati:

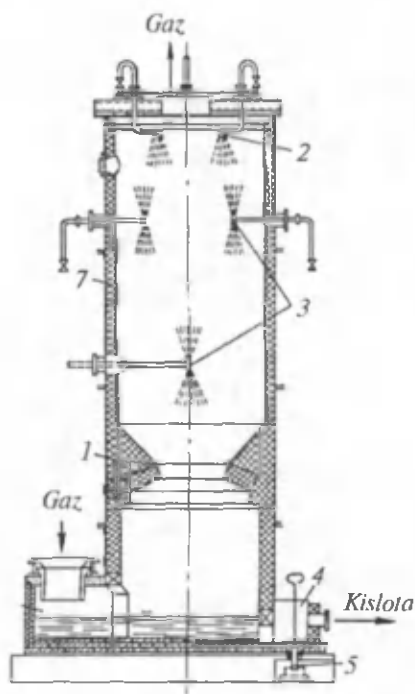
1 — korpus; 2 — ko'rish lyuki; 3 — sachratgichlar; 4 — tarelkalar; 5 — tomchilarni urib maydalagich; 6 — ko'rish va tarelkalarni olish uchun darchalar (lyuklar).

Uskunaning pastki bo'sh qismi sachratgich (3) yordamida sulfat kislota bilan yuviladi; uskunaning yuqori qismi shaxmat tartibida joylashgan gazlar o'tishi uchun barbotaj tipidagi (4) likopchalarda teshiklar bo'ladi. Har bir teshik ustida sulfat kislota tomchilarini urib tushiradigan bolg'achalar turadi. Pechlarda kuydirilgan gaz issiq elektr filtrlarni chetlab o'tib uskunaning pastki qismiga keladi. Bu yerda gazlar yuviladigan sulfat kislota yordamida kuyindi changlaridan tozalanadi. Yuvuvchi kislota sachratgichlar yordamida uskuna hajmi bo'yicha sachratiladi. Changdan tozalangan gaz Svenko uskunasi yuqori qismiga keladi. Barbotaj likopchalari teshiklaridan o'tgan gaz tomchi va ko'pik holdagi urib tushiradigan bolg'alaridan oqib tushuvchi yuvuvchi kislotalar bilan uchraydi, bu esa yuvuvchi suyuqlik bilan gaz o'rtasida uchrashadigan rivojlangan yuzani vujudga keltiradi. Bunday sharoitlar gazni zararli aralashmalardan jadallik bilan tozalashni ta'minlaydi.

Tozalash bo'limining apparatlari

**Birinchi yuvish minorasi** (1.13-rasm) — korroziyadan himoyalash uchun qo'rg'oshin tunukasi yoki poliizobutiliyendan ishlangan ichi bo'sh po'lat minoradan iborat. Yuvadigan kislota, nasos bilan kollektorga uzatiladi va purkagichlar orqali bir tekis minora kesimi bo'yicha taqsimlanadi. Purkagichlar soni 12 tadan to 20 donagacha bo'ladi. Minorani pastki qismiga torayuvchi teshiklar orqali gaz keladi. Yuvadigan minorada pech gazi 350—400 dan to 80—90°C gacha soviydi.

Ikkinchi yuvish minorasi po'latdan bajarilgan, uning korpusi kislotaga chidamli materiallardan terib chiqilgan. Ikkinchi minora, birinchisiga qaraganda yuvuvchi kislota bilan gaz uchrashishi sirtini oshirish uchun keramik halqalardan iborat nasadka bilan ta'minlangan. Gaz



1.13-rasm. Ichi havoli yuvish minorasi: 1 — minora korpusi; 2, 3 — kislotani changlashtirgichlar; 4 — kislotani olib ketish qutisi; 5 — shlamni chiqarib yuborish uchun nov (tarnov); 6 — gaz kiritish uchun quti; 7 — qoplama.

oqimi gidravlik qarshiligini kamaytirish uchun nasadkani to'g'ri qatorlar bilan joylashtiradilar: pastda o'lchamlari 150×150; 120×120 va 80×80 mm yirik halqalar, ustida o'lchamlari 50×50 mm bo'lgan kichikroq halqalar joylashtiriladi. Minorani yuvish turbinka yoki boshqa tipdagi yuvgich yordamida amalga oshiriladi. Sulfat kislotasi bilan yuviladigan minoralarda minora kesimining 1 m<sup>2</sup> yuzasiga yuvish zichligi 15—18 m<sup>3</sup>/soat ni tashkil qiladi. Gazlarni suv bug'laridan tozalash quritish minorasida olib boriladi. Quritish minorasi po'latdan bajariladi va kislotaga chidamli sement asosida kislotaga chidamli g'isht bilan qoplanadi. Yuvuvchi 93—94 % li H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ni taqsimlash uchun minoraning tepa qismida gorizontaal taqsimlovchi plita bor. Quritish minorasidan chiqayotgan gaz bilan olib ketilayotgan kislota tomchilarini ushlab uchun tomchi ushlagich vazifasini bajaruvchi uchi bo'sh minorani o'rnatadilar. Unda ushlangan kislota quritish minorasining yig'gichiga oqib tushadi. Quritish minorasi ikkinchi yuvuvchi minora singari nasadkalar bilan to'ldirilgan.

Markazdan qochirma tipidagi markazdan qochirma va vertikal cho'ktiriladigan nasoslardan minoralarni sulfat kislotasi bilan yuvish uchun foydalaniladi.

Bosimni vujudga keltirish va gazni uzatish tizimida quritish kislotasi tomchi ushlagichidan so'ng unumdorligi 180 ming m<sup>3</sup>/soat va taxminan 27,5 kPa bosimni vujudga keltiradigan bir bosqichli turbogazpuflagichgacha bo'lgan barcha uskunalar siyraklanish, kontakt bo'limi va undan keyingi uskunalar bosim ostida bo'ladi.

Quritish minorasi oldidan havoni namlikdan qo'shimcha quritish maqsadida kolchedanni yoki oltingugurtni QQ pechlarda yondirganda pechlarda hosil bo'lgan gaz havo bilan 12—14 dan to 8—9 hajm % SO<sub>2</sub> gacha siyraklashadi.

Yuvish bo'limining minoralarida kuydirish gazlaridagi SeO<sub>2</sub> sulfat kislotasi bilan yutiladi va shu vaqt ichida SeO<sub>2</sub> to Se gacha quyidagi tenglama bo'yicha qaytariladi:



Yuvish kislotasidan metallik selen kuyindi changi bilan birga tindirgich, to'plagich va sovitkichlarda qisman 5 mass.% Se atrofida kambag'al selen shlamlari ko'rinishida cho'kadilar. Qisman boy selenli shlam oltingugurtli kislotasi tumanlari kondensatsiyasi tufayli ho'l elektr filtr elektrodlarida cho'kadilar. Kondensatdan selenni to'la ajratib olish uchun uni tindirgichga yuboradilar, bu yerda selenni cho'ktirilgan selen-ga boy shlam hosil bo'ladi. Selenli shlamlarni qayta ishlash, filtrlash

natijasida olingan cho'kmani soda eritmasi bilan neytrallashtirish bilan va uni suv bilan yuvish va filtrlashdan iborat bo'ladi. Aylanma barabanda quritilgan neytrallangan selenni qoplaydilar va keyingi ishlov uchun jo'natadilar. 1 t kolchedandan 10 dan to 50 g metallik selen olinadi.

#### 4. SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQRISHNING KONTAKT USULI

##### 4.1. OLTINGUGURT TO'RT OKSIDINING OKSIDLANISHI. OKSIDLANISH JARAYONINING NAZARIY ASOSLARI

**SO<sub>2</sub> oksidlanish reaksiyasi muvozanati.** Har bir kimyoviy texnologik jarayon uchun muvozanat holatiga nazariy jihatdan maksimal yaqinlanish sharoiti, so'ngra kinetika sharoiti aniqlanadi. Bu esa muvozanat holatiga tez yaqinlashishni ta'minlaydi. Yuqorida aytilgandek SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> oksidlanish jarayoni qaytar va issiqlik ajralish bilan o'tadi.



Oltiugurt dioksidini oksidlash darajasi SO<sub>3</sub> gacha oksidlangan SO<sub>2</sub> miqdorining oksidlanishga ketgan SO<sub>2</sub> umumiy miqdoriga nisbati birlik usulida yoki protsentlarda ifodalanadi. Agar to'g'ri va teskari reaksiyalar tezligi teng bo'lsa, unda ushbu gazli tizim muvozanat holatida bo'ladi va doimiy temperaturada uning tarkibi vaqt bo'yicha o'zgar olmaydi. Reaksiya tezligi bu sharoitda 0 ga teng bo'lib qoladi. Bu holda aylanish darajasi muvozanatli deyiladi va quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$X_M = \frac{P_{\text{SO}_3}}{P_{\text{SO}_2} + P_{\text{SO}_3}},$$

bu yerda:  $P_{\text{SO}_2}$ ,  $P_{\text{SO}_3}$  — SO<sub>2</sub> va SO<sub>3</sub> ning muvozanat parsial bosimi.

Le-Shatellye prinsipiga muvofiq SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> ga aylanish muvozanat darajasi temperaturani ortishi bilan pasayadi. Hosil bo'layotgan azot uch oksidini reaksiya zonasidan chetga chiqarish reaksiya muvozanati SO<sub>3</sub> hosil qilish tomoniga siljitadi va oksidlanish reaksiyasi nazariy jihatdan oxiriga borishi mumkin. Shu prinsipga ko'ra sulfat kislotasi ishlab chiqarish tizimi ikki marta kontaklashishiga va ikki martali absorbsiyaga asoslangan (IK-IA).

Bosimni ortishi bilan jarayon muvozanati SO<sub>3</sub> hosil bo'lish tomoniga siljiydi. Biroq bunday jarayonni sanoat miqyosida amalga oshirishda qator qiyinchiliklar yuzaga keladi. Shuning uchun hozircha ishlab chiqarishda ishlatilmaydi, ammo bir qator mamlakatlarda

(Rossiya, Fransiya, Kanada) bu yo'nalishda ilmiy ishlar olib borilmoqda (loyihalar ishlab chiqilgan, sanoat miqyosida tajriba qurilmalari yaratilgan).

Kontaktlashtirish darajasi muvozanati ( $SO_3$  chiqish muvozanati) faqat temperaturaga bog'liq muvozanat konstantasi —  $K_M$  miqdorini aniqlaydi. Vant — Goffa tenglamasi bo'yicha:

$$K_M = 4905,5/T - 4,6455 \quad (a)$$

Turli temperaturalarda tenglama (a) bo'yicha hisoblangan  $K_M$  qiymati quyida keltirilgan:

$C^\circ$	$K_M$	$C^\circ$	$K_M$
390	566	575	13,7
425	241,4	600	9,37
500	49,8	650	4,68

$K_M$  qancha katta bo'lsa,  $SO_2$  ni  $SO_3$  gacha oksidlash darajasining muvozanati shuncha katta bo'ladi.

Konstanta muvozanati qiymatidan ko'rinib turibdiki,  $SO_2$  ni  $SO_3$  gacha oksidlash jarayoni temperatura ortishi bilan muvozanatning aylanish darajasi ( $X_M$ )  $K_M$  kichrayishiga muvofiq kamayadi.

**$SO_2$  oksidlanish tezligi.** Jarayonning muhim ko'rsatkichi bo'lib oxirgi mahsulotning hosil bo'lish tezligi hisoblanadi.  $SO_2$  bilan  $O_2$  orasidagi reaksiya katalizator sirtida o'tadi.  $SO_2$  ni  $SO_3$  katalitik oksidlanish jarayoni quyidagi bosqichlardan tarkib topgan bo'ladi:

1) gaz massasidan ta'sirlashuvchi molekullarning katalizator yuzasining sirtiga kirishi;

2) bu molekullarning katalizator g'ovaklariga diffuziyasi;

3) ichki g'ovak yuzalaridagi reaksiya;

4) reaksiyaga kirishib bo'lgan molekullarning katalizator tashqi yuzasining sirtiga teskari diffuziyasi;

5) ta'sirlashuvchi molekullarni gaz oqimiga o'tkazish.

Reaksiya o'tishi uchun  $SO_2$  va  $O_2$  molekullari gaz oqimidan oldin katalizator yuzasining sirtiga, so'ngra katalizatorlar ichki g'ovaklariga kirishi kerak. Hosil bo'lgan  $SO_3$  katalizatorlar yuzining sirtidagi g'ovaklaridan qayta yo'lni bosib o'tib, yana gaz oqimiga kelib qo'shiladi.

Jarayonning umumiy tezligi eng sust bosqich tezligi bilan aniqlanadi.  $SO_2$  katalitik oksidlash jarayonida boshqaruvchi bosqich bo'lib molekullar katalizator g'ovaklariga diffuziyalanadi. Katalizator g'o-

vaklari diffuziyaga qarshilik ko'rsatadi, ya'ni u katalizator strukturasi (o'lcham va g'ovak hajmi, sirti) bog'liq bo'ladi.

Katalitik jarayon tezligi tezlik konstantasi  $r$  bilan xarakterlanadi. Tezlik konstantasi  $r$  temperatura va katalizator faolligiga bog'liq. Agar muvozanat konstantasi reaksiyasini hisoblash mumkin bo'lsa, u holda ushbu katalizator uchun konstanta tezligi faqat eksperimental yo'l bilan aniqlanadi. Har bir katalizator ma'lum konstanta tezligi bilan xarakterlanadi. Katalizator sintez qilinadigan dastlabki komponentlarga, uni tayyorlash usuliga, o'lcham va zarralarning shakliga bog'liq bo'ladi.

$SO_2$  ni  $SO_3$  gacha oksidlash tezligiga temperaturaning ta'siri. Tezlik konstantasining temperaturaga bog'liqligi Arrenius tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$d \ln k/dT = E/(RT)^2.$$

Bu yerda:  $E$  — reaksiya aktivatsiyasi energiyasi, J/mol;  $R$  — gaz doimiyligi;  $T$  — absolut temperatura, S.

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, konstanta tezligi energiya aktivatsiyasiga bog'liq bo'lar ekan. Vanadiyli katalizator uchun tajriba yo'li bilan ikkita energiya aktivatsiya miqdori aniqlangan. Bitta qiymat  $Y = 23000 \text{ kal/g V}^{5+}$  ko'rinishidagi vanadiyga ega katalizatorga, boshqasi —  $V^{4+}$  shaklidagi vanadiy bor katalizatorga ( $E = 40000 \text{ kal/g}$ ) taalluqli. Energiya aktivatsiyasini pasaytirish va demak,  $SO_2$  ni  $SO_3$  gacha oksidlanish tezligini orttirish uchun, masalan, vanadiyli kontakt massasidan iborat katalizatorni ishlatiladi.

$SO_2$  reaksiyasining oksidlanishi ikkita konstanta — muvozanat konstantasi va tezlik konstantasi bilan xarakterlanadi, bular turlicha temperaturaga bog'liq bo'ladi. Oksidlanish tezligining maksimal miqdoriga mos keladigan temperatura optimal hisoblanadi.

Dastlabki gazning bir xil tarkibi uchun optimal temperatura reaksiya o'tib borishi bilan tinimsiz o'zgarib boradi. Gaz aralashmasi muvozanatdan uzoq bo'lganda jarayon yuqori temperaturada olib boriladi.

$SO_2$  ni  $SO_3$  gacha aylantirib borishda  $SO_2$  ni maksimal oksidlanishini ta'minlash uchun kontaktlashish temperaturasi pasaytiriladi.

7 hajm %  $SO_2$  va 11 hajm  $O_2$  ga ega bo'lgan gazning oksidlanish rejimining optimal temperaturasi quyida ko'rsatilgan:

Oksidlanish darajasi x, %	61	70	80	90	95	96	97	98	99
Qatlamdagi temperatura, C°	600	572	537	492	455	455	436	418	389



## 4.2. OKSIDLANISH KATALIZATORLARI

XIX asrning 30-yillarida sulfat kislotasi ishlab chiqarishda platinali katalizator o'rniga vanadiyli katalizatorlar ishlatila boshlandi. Vanadiy katalizatorlari 6—8 massa %  $V_2O_5$ ,  $K_2O$  va  $SiO_2$  dan iborat g'ovak moddadir. Bu katalizatorning ichki sirti  $10 \text{ m}^2/\text{g}$ , diametri 4—4,5 mm va uzunligi 10—15 mm donalar shaklida ishlab chiqarilmoqda.

Hozirgi kunda Rossiyada vanadiyli katalizatorlar SVD (diatomitga joylashgan sulfovanadat), SVS (silikalvga joylashgan sulfovanadat), KI-1 va KI-2 (Kataliz instituti), QQ (qaynama qatlam) va boshqalar ishlab chiqariladi. Bu katalizatorlar bir-biridan tayyorlash usuli, tarkibi va tashuvchisi bilan farqlanadi. Masalan, SVD katalizatori taxminan  $V_2O_5 \cdot 3K_2O \cdot 6SO_3 \cdot 35SiO_2$  tarkibiga ega. Bu markada ishlab chiqarilayotgan donali katalizatorlarning to'kma zichligi 570 dan to 700 g/l gacha, mexanik mustahkamligi 2—3 dan to 10 kg/sm gacha dona uzunligi atrofida bo'ladi.

Katalizatorlarning asosiy tavsifi bu faollik, termik barqarorlik va mexanik mustahkamlik hisoblanadi. Kontakt massasining muhim sifat ko'rsatkichi yondirish temperaturasi hisoblanadi. Yondirish temperaturasi ta'sirida katalizator tez qiziy boshlaydi va  $SO_2$  ni oksidlanish jarayoni tashqaridan issiq olmasdan avtotermik suratda o'tadi.

Katalizatorlarni yondirish temperaturasi katalizator tabiatiga, reaksiya aralashmasi tarkibiga va reaksiyaning issiqlik samaradorligiga bog'liq bo'ladi. SVS va KI katalizatorlari past yondirish temperaturasiga ega. SVS va KI niki  $390\text{--}400^\circ\text{C}$ , SVD niki esa  $420\text{--}430^\circ\text{C}$  atrofida.

Katalizatorlarni kontakt uskunasiga yuklash va bo'shatishdagi yo'qolishi uning mexanik mustahkamligiga bog'liq bo'ladi. Bundan tashqari, suv bug'lari,  $H_2SO_4$  tumanlari ta'sirida katalizator zarrachalarining buzilishi sodir bo'ladi, gaz oqimiga gidravlik qarshilik ortadi va natijada gazni so'rib olishga elektr energiyasining sarfi oshadi, tizim unumdorligi esa kamayadi.

**Vanadiyli katalizatorning zaharlanishi.** Oltingugurtli xomashyoda mavjud bo'lgan aralashmalar bilan vanadiyli katalizator qaytib bo'lmas darajada zaharlanadi. Yuvish bo'limida oltingugurt (IV)-oksidli gazdan ajratib olinmagan mishyak kontakt apparatiga kelib kontakt massasining birinchi qavatida to'plana boshlaydi va temperatura  $550\text{--}600^\circ\text{C}$  yetganda  $V_2O_5$  bilan reaksiyaga kirishib  $V_2O_5 \cdot As_2O_3$  ko'rinishdagi uchuvchan birikmani hosil qiladi. Natijada katalizatorni birinchi qatlamida vanadiy kamaya boshlaydi. Keyingi qatlamlarda  $500^\circ\text{C}$  past temperaturada  $V_2O_5 \cdot As_2O_3$  kompleksi cho'kib, qobiq hosil qiladi, bu esa kontakt uskunasida gaz oqimiga nisbatan qarshilikni oshiradi.

Katalizatorlar uchun kuchli zahar bo'lib ftor tarkibli birikmalar HF va SiF<sub>4</sub> hisoblanadi.

Kontakt massaning ustki qatlamlarida qobiqni hosil bo'lishida gaz o'tkazuvchi uskunalarni yemrilishi tufayli hosil bo'ladigan temir sulfati ham sababchi bo'ladi. Bu gidravlik qarshilikni o'sishiga sabab bo'ladi va kontakt uskunasi ishini va demak jami tizimni normal ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Kontakt massasining xizmat muddati 3—5 yilga teng. Birinchi qavat bundan mustasno bo'lib, bu qavat qoida bo'yicha har yili almashtirib turiladi.

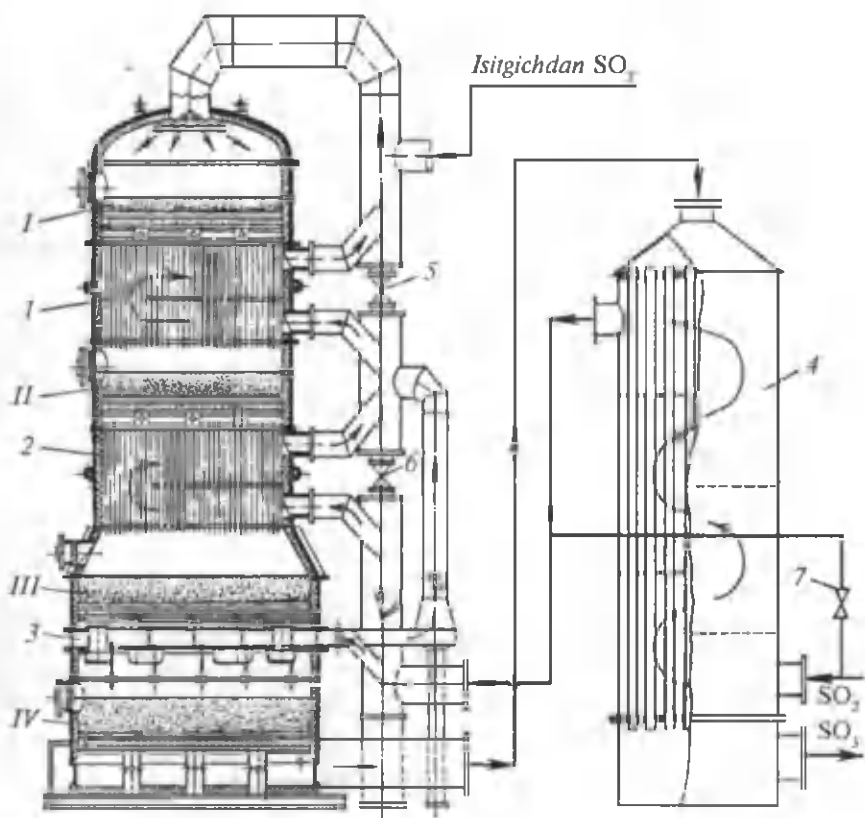
### 4.3. KONTAKT APPARATLARI

SO<sub>2</sub> oksidlash uchun kontakt apparatlari ikki turga bo'linadi: issiqlikni ichkaridan olib ketadigan va sovuq gazni yoki tashqaridan sovuq havoni kiritadigan apparatlar. Birinchi turdagi apparatlarga Fild nayli kontakt apparatlari kiradi. Bu apparatlarda SO<sub>2</sub> ni oksidlash reaksiyalari issiqligi olib ketish reaksiya ketishi bilan birga amalga oshiriladi. Bu turdagi apparatlar past unumdorligi tufayli hozirgi kunda sulfat kislota ishlab chiqarishda qatlamlar oraliq issiqlik almashtirgichli uskunalarga almashtirilgan.

Zamonaviy kontakt apparatlarida SO<sub>2</sub> ni oksidlanishi va reaksiya issiqligini olib ketish alohida-alohida amalga oshiriladi. Bu holda gaz qatlam massalari orasida joylashgan oraliq issiqlik almashtirgichlarida qatlamlar o'rtasida, tashqarida joylashgan qismida, shuningdek sovuq oltingugurt dioksidi kontakt massasining birinchi qatlamidan so'ng pufllash yo'li bilan sovitish mumkin. Tizimga kelayotgan gaz miqdorini 20 hajm % ni sovuq gaz tashkil qiladi.

**Oraliq issiqalmashtirgichli kontakt apparati** 1.14-rasmda ko'rsatilgan kontakt massasining pastki qatlamlari gidravlik qarshiligini kamaytirish uchun pastki qismi kengaytirilgan silindrik korpusdan iborat (pastki qatlamlarda kontakt massasi birinchi ikki qavatga qaraganda ikki marta ko'p). Birinchi va ikkinchi issiqlik almashtirgichlarning jo'valangan quvurli panjarasi vertikal quvurlardan bajarilgan. Katalizatorni oxirgi qatlami oldidan ikkita gorizontallikdan iborat plastinkali issiqlik almashtirgich (3) joylashtirilgan. Ular orasida vertikal spiral to'siq bor.

Quvurli panjaralarda joylashtirilgan I-IVs issiqlik almashtirgich panjaralarida kontakt massa joylashtirilgan. Bunday kontakt apparatlari kontakt massasi qatlamlar soniga va apparatning asosiy katta bo'lmagan o'lchamlariga bog'liq, sutkasiga 60 tonnadan 240 tonnagacha sulfat kislota ishlab chiqarish unumdorligiga ega. Ularni ishlatish jarayoni ishonchli, biroq kontakt apparatlarini tayyorlash mu-

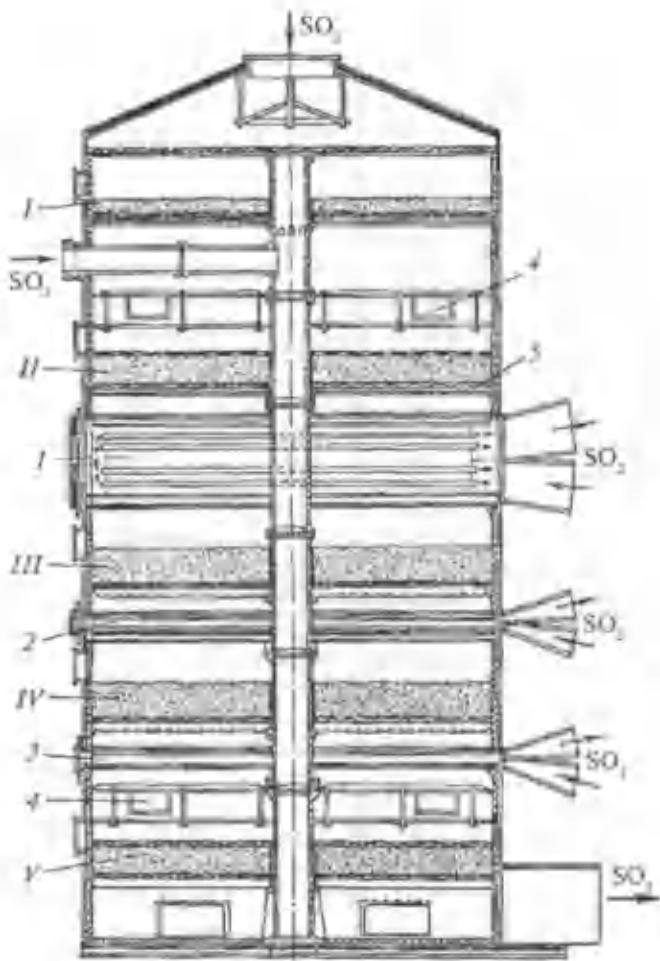


1.14-rasm. To'rt qavatli kontakt apparati va oraliq issiq almashtirgich bilan kontakt tugunining sxemasi:

I — IV — kontakt massasi qavati; 1 — 3 — oraliq issiq almashtirgich; 4 — sirtqi issiqlik almashtirgich; 5 — 7 — gaz zadvijkalari (surilma qopqoqlar).

rakkab. Bundan tashqari issiqlik almashtirgichlarni ta'mirlash kontakt massasini bo'shatish bilan bog'liq.

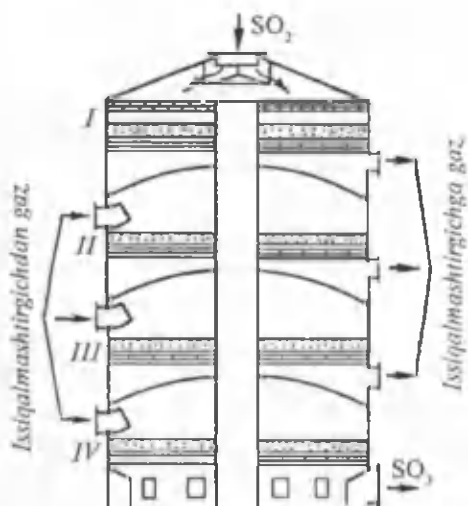
Unumdorligi 540 t/sut  $H_2SO_4$  bo'lgan kontakt apparati 1.15-rasmda ko'rsatilgan. U 2, 3 va 4 kontakt massasi qatlamidan so'ng montaj qilingan 1—3 oraliq issiqlik almashtirgichlarga ega. Kontakt massasining birinchi qatlamidan so'ng gazni sovutish sovuq oltingugurt (IV) oksidi gazini qo'shish bilan amalga oshiriladi. Bunday kontakt apparatining ichki diametri 8,5 m, umumiy balandligi 19,6 m. Apparatning markazida cho'yan quvurlaridan iborat yig'ma tayanch kolonna bor. Unga kolosnikli panjaralar o'rnatilgan, bular ustiga kontakt massasi joylashgan. Bunday issiqlik almashtirgichlarni ta'mirlash kontakt massasini to'kishni talab qilmaydi.



1.15-rasm. Birinchi qatlamlardan keyin sovuq gaz qo‘shiladigan kontakt apparati: 1 – V kontakt massasi qatlamlari; 1 – 3 – oraliq issiqlik almash-tirgichlari; 4 – aralashtirgichlar; 5 – 15 – 20 mm balandlikdagi kvarts qatlami.

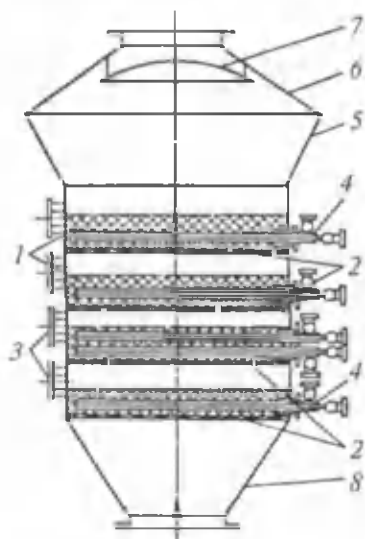
Unumdorligi 1000 t/sut  $H_2SO_4$  li kontakt apparati besh qatlam kontakt massasiga ega va sovuq  $SO_2$  dioksidi kontakt massa-sining birinchi qatlamidan so‘ng puflanadi, bu esa ikkinchi qatlamga kelayotgan gaz temperaturasini boshqarishga imkon beradi. Ikkin-chi, uchinchi va to‘rtinchi qatlamdan so‘ng tashqariga chiqarilgan issiqlik almashtirgichlar o‘rnatilgan (1.16-rasm).

Katalizatorlar qatlamlari orasida joylashgan issiqlik almashtirgichli apparatlar ho‘l kataliz usuli bilan  $SO_2$  qayta ishlash uchun ishlatiladi.



1.16-rasm. Quvvati 1000 t/sut bo'lgan issiqlik almashtirgichlari tashqariga chiqarilgan kontakt apparati:

I—IV — kontakt massasi qatlamlari.



1.17-rasm. Qaynama qatlamli kontakt massali kontakt apparati:

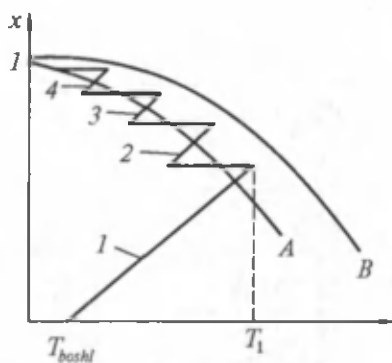
1 — kontakt massasi; 2 — gaz taqsimlaydigan panjara; 3 — darcha (lyuklar); 4 — sovitgich; 5, 8 — diffuzorlar; 6 — konfuzor; 7 — ot-boynik.

Gazni sovitish uchun issiqlik almashtirgichlarning quvuriga quritilgan sovuq havo beriladi. Kontakt apparati to'xtab qolganda katalizator sirtida sulfat kislota bug'lari kondensatsiya hosil bo'lmasligi uchun katalizatorni sulfat kislota bug'larining kondensatsiya haroratidan yuqori temperaturadagi quruq havo bilan shamollatiladi.

Oltinugurt dioksidi oksidlanishini an'anaviy usullari bo'lgan qatlamli katalizatorli statsionar apparatlardan tashqari qaynama qatlamli katalizatorli apparatlar ishlab chiqilgan.

Kontakt massasi to'rtta qaynama qatlamli apparatda ko'rsatilgan (1.17-rasm). Ishlatiladigan vanadiyli kontakt massasi (1) o'lchamlari 0,75—1,00 mm zarrachalar ko'rinishida to'rtta panjara (2) joylashadi. Apparatga kirishda gaz temperaturasi 300—350°C tashkil etadi. SO<sub>2</sub> ni oksidlanishidagi ortiqcha reaksiya issiqligi katalizator qatlamining ichida joylashgan issiqlik almashtirgich (4) ga o'tkaziladi. Bitta massa qatlamining gidravlik qarshiligi 0,2 · 10<sup>5</sup> Pa gacha.

Qaynama qatlam SO<sub>2</sub> ni oksidlanishida kontakt massaning yo'qotmasi sidirilish hisobiga yiliga 10 mass.% tashkil etadi. SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> qaynama qatlamda oksidlanish jarayonining tajriba sanoat sinovlari



1.18-rasm. Katalizator qatlamlarida X ning  $t$  temperaturaga qarab o'zgarishi darajasining bog'liqligi;  $t_{boshl} = t$  yonish (A optimal temperatura chizig'i, B —  $SO_3$  ning muvozanat holatida chiqish chizig'i).

hajm %  $SO_2$  va 10,5 hajm %  $O_2$  konsentratsiyali kelayotgan gazda:

Qatlamlar	1	2	3	4	5
Qatlamga kirishdagi gaz temperaturasi, °C	440	496	467	440	416
Qatlamdan chiqishdagi gaz temperaturasi, °C	585	528	481	447	418
Oksidlanish darajasi, hajm. %	0,71	0,70	0,93	0,97	0,98

Kolchedanni kuydirishda olingan gazda 8,5%  $SO_2$  konsentratsiyaga ega bo'lganda 1000 t/sut monogidrat bo'yicha unumdorlikka ega ikki marta kontaktlashtirilgan kontakt apparatining ishlash rejimi:

	Birinchi bosqich qatlami			Ikkinchi bosqich qatlami	
	1	2	3	4	5
Qatlamga kirishdagi, gaz temperaturasi, °C	420	465	450	430	410
Qatlamdan chiqishdagi gaz temperaturasi, °C	603	575	465	446	414
Oksidlanish darajasi, hajm. %	71,1	83,8	94,0	90,9	93,0

$SO_2$  ni  $SO_3$  ga umumiy oksidlanish darajasi 99,6 %.

#### 4.4. SO<sub>3</sub> ABSORBSIYASI

Oltिंगugurt uch oksidi (oltिंगugurt anhidridi) SO<sub>3</sub> 80,062 nisbiy molekular massaga ega. U rangsiz gaz, bir lahzada suv bug'leri bilan o'zaro ta'sirlashib sulfat kislota tumanini hosil qiladi. Temperatura 44°C ga yetganda oltिंगugurt uch oksidi rangsiz suyuqlikka aylanadi; u qattiq holatda uch xil modifikatsiyada  $\alpha$ -,  $\beta$ - va  $\gamma$ - mos ravishda 16,8; 31,5 va 62,2°C temperaturada suyuqlanadi. Bunda  $\alpha$ -SO<sub>3</sub> modifikatsiyasi monomer;  $\beta$ - va  $\gamma$ -SO<sub>3</sub> modifikatsiyalari polimerdan iborat bo'ladi. Oltिंगugurt anhidridining  $\alpha$ -shakli kuchli oksidlovchi, ularning polimerli shaklining faolligi ancha kam bo'ladi. Suyuq oltिंगugurt uch oksidi SO<sub>3</sub> bilan turli nisbatda aralasha oladi.

Gazsimon SO<sub>3</sub> xlorid kislota bilan reaksiyaga kirishib, xlorosulfon kislotasini SO<sub>2</sub>(OH)Cl hosil qiladi.

**Absorbsiya jarayonining nazariy asoslari.** SO<sub>3</sub> absorbsiya jarayonida sulfat kislota olish quyidagi tenglama bo'yicha o'tadi:

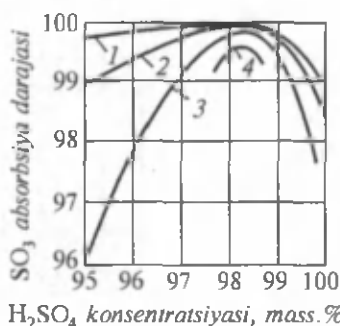


Sanoat miqyosida oltिंगugurt anhidridi absorbsiyasi sulfat kislota eritmalari bilan amalga oshiriladi, bundan tashqari SO<sub>3</sub> kislota davgi suv bilan reaksiyaga kirishadi. Ma'lum konsentratsiyali sulfat kislota ishlatib va H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yuzasida SO<sub>3</sub> bug'larining muvozanat bosimining qiymati minimal darajada bo'lganda absorbsiyaning to'laliligiga erishiladi. Bu sharoitga 98,3% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mos keladi. Biroq 98,3% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> konsentratsiyasidan biroz chetga chiqilganda ham SO<sub>3</sub> ni yutish darajasi keskin kamayadi.

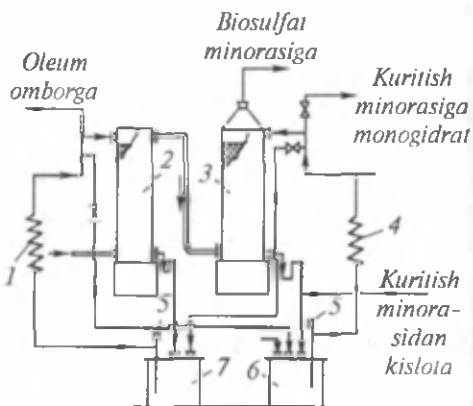
Absorberni yuvadigan kislota temperaturasi qancha past bo'lsa, SO<sub>3</sub> yutish darajasi shuncha yuqori bo'ladi. Sanoat miqyosida bu temperatura ~ 60°C teng.

1.19-rasmdan ko'rinib turibdiki, bu holda deyarli 100% li SO<sub>3</sub> absorbsiyasiga erishiladi, amalda u 99,9—99,99 % tashkil qiladi.

Yuvadigan sulfat kislota bilan gaz aralashmasi kontakt apparatidan so'ng uchrashganda, undan faqat oltिंगugurt anhidridi yutiladi. Yutilmagan gazlar va monogidrat absorberidan chiqayotgan sulfat kislota bug'leri SO<sub>2</sub> ga hisoblaganda PDK 0,03



1.19-rasm. Turli temperaturada monogidrat absorberida SO<sub>3</sub> ning absorbsiyalanish darajasi: 1 — 60°C da; 2 — 80°C da; 3 — 100°C da; 4 — 120°C da.



1.20-rasm. Absorbsion bo'limning sxemasi: 1 — oleum sovitgichi; 2 — oleum absorberi; 3 — monogidrat absorberi; 4 — monogidrat sovitgichi; 5 — cho'ktiriladigan nasoslar; 6 — monogidrat yig'gichi; 7 — oleum yig'gichi.

konsentratsiyasi ortadi va apparatdan chiqishda 21—22% tashkil etadi,  $H_2SO_4$  konsentratsiyasi esa monogidrat absorberiga kirishda 98,3%, chiqishida esa 98,7% gacha ko'payadi. Ishlab chiqarishda 98,3% li sulfat kislota «monogidrat», absorberni esa «monogidratli» deb ataladi.

Birinchi absorberdan chiqayotgan 21—22% oleum to'plagichga keladi, bu yerga birinchi absorberni yuvishga sarflanadigan oleum konsentratsiyasini doimiy ushlab turish uchun monogidrat to'plagichidan ma'lum miqdordagi kislota doimiy ravishda qo'shiladi. Shuningdek quritish minorasi to'plagichidan 93—94% li kislota to'plagichga berish yo'li bilan monogidrat absorber kislota konsentratsiyasini bir xilda ushlab turadi.

$SO_3$  va suv bug'lariga ega bo'lgan gazlar 400°C temperaturadan yuqorida sovitilsa sulfat kislota olish mumkin, chunki temperatura pasaysa  $H_2SO_4$  hosil bo'lish reaksiyasi muvozanati sulfat kislota bug'lari hosil bo'lish tomoniga siljiydi va ular yanada sovitilsa kondensirlanadi.

Sulfat kislota kondensatsiyasi nasadkali minoralarda, barbotaj va boshqa kondensatorlarda amalga oshiriladi.

$SO_3$  ning absorbsiyalanish jarayonida issiqlik ajralib chiqadi. Ajralib chiqqan issiqlik sovitgichga yuboriladi. Quritish va monogidrat absorberlaridan keyingi sovitgichlar kulrang cho'yandan, oleum uchun sovitgichlar esa uglerodli po'latdan ishlangan. Sulfat kislota ishlab chiqaruvchi yirik korxonalarda zanglamaydigan yoki anod bilan

hajm % teng bo'lgan barcha qo'shilmalarni ajratib olish uchun chiqindi gazlarni tozalash bo'limiga keladi.

Sulfat kislota ishlab chiqarishda kontakt absorbsion bo'limi ikkita absorberdan tuzilgan, bir-biri bilan ketma-ket biriktirilgan oleum va monogidrat minoralaridan iborat (1.20-rasm).

Kontakt bo'limidan chiqayotgan gaz angidrid sovitgichi orqali oleumli absorberga, so'ngra monogidratliga kiradi. Birinchi absorber 20% li oleum, ikkinchisi — 98,3% li sulfat kislota bilan yuviladi  $SO_3$  absorbsiyasi jarayonida oleum



himoyalangan po'latdan tayyorlangan oleum uchun qobiq quvurli sovitgichlar ishlatiladi. Qobiq quvurli sovitgichlardan tashqari plastinkali yoki spiralli sovitgichlar ishlatiladi. Sovituvchi agent sifatida bir qator hollarda suv o'rniga havodan ham foydalaniladi.

**Absorbsion bo'limda asosiy apparatlar**  $SO_2$  yutish uchun nasadka turidagi absorberlar va kislotalarni sovitish uchun sirkulatsiya qiladigan sovitgichlardan iborat.

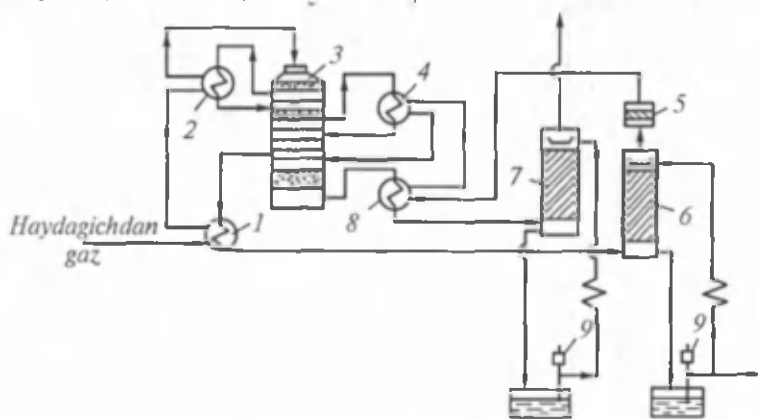
**Oleum absorberi** pastki qismida kolosnikli panjara joylashgan po'lat apparatdan iborat. Panjarada Rashig keramik halqalari yoki turli o'lchamdagi po'lat halqalari joylashgan bo'ladi. Nasadkalar yuviladigan oleum kontakt yuzasini oshirib gazni bir-biriga tegib turishini yaxshilaydi. Shunday qilib, 1 t ishlab chiqariladigan mahsulot uchun nasadka sirti 600 dan to 1000  $m^2$  gachani tashkil qiladi.

Nasadkani yuvish uchun sochgichlar xizmat qiladi. Apparatni kesimida gaz tezligi 0,8 m/s bo'lib oleum absorberini yuvish zichligi 20  $m^3/(m^2 \cdot soat)$  yaqin. Unumdorligi 1000 t/sut bo'lgan adsorber 8 m diametrga va 12 balandlikga ega.

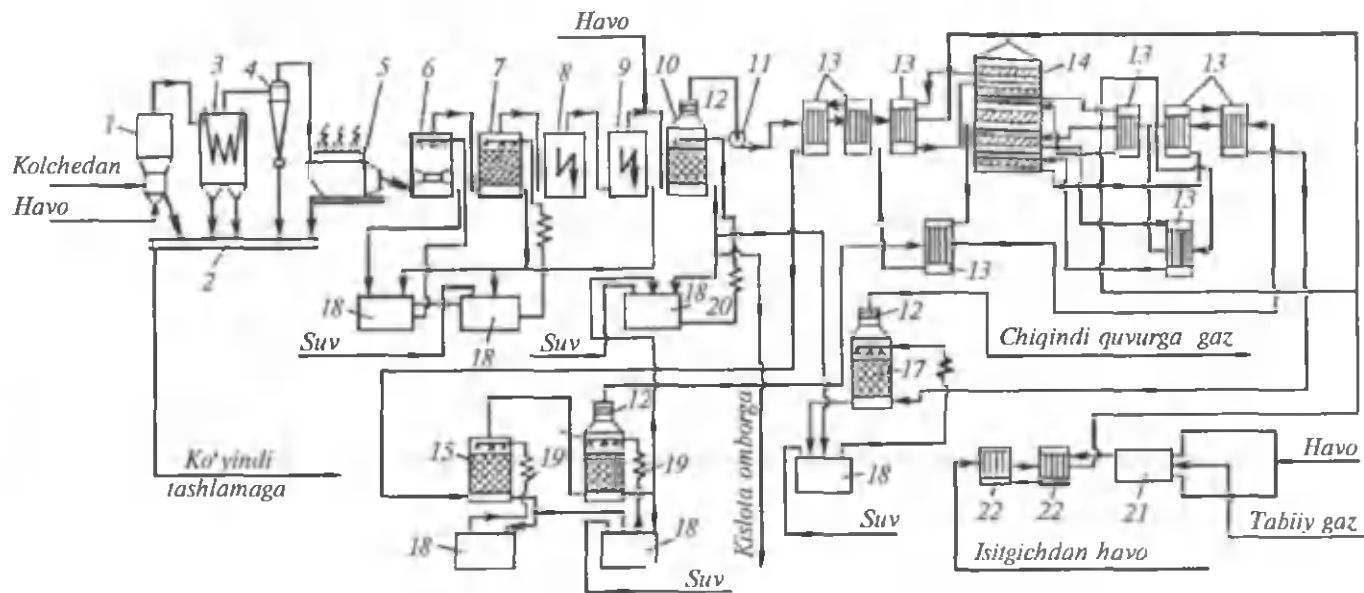
**Monogidratli absorberda** nasadka sirti 20 % li oleum absorbernikidan katta; yuvish zichligi 35–40  $m^3/(m^2 \cdot soat)$  yetadi.

#### 4.4. ISHLAB CHIQARISHNING ZAMONAVIY TEKNOLOGIK SXEMALARI. IKKILANGAN KONTAKTLASHISH (IK) VA IKKILANGAN ABSORBSIYALASHISH (IA) SXEMASI

Ikkilangan kontaktlashish — ikkilangan absorbsiya usulining mohiyati (1.21-rasm)  $SO_2$  ni  $SO_3$  oksidlanishini birinchi bosqich-



1.21-rasm. Qo'sh kontaktlashadigan kontakt bo'limi:  
1, 2, 4, 8 — issiqlik almashtirgichlar; 3 — kontakt apparati; 5 — tolali  
filtr; 6, 7 — absorberlar; 9 — cho'ktiriladigan nasoslar.



1.22-rasm. Kolchedandan sulfat kislotali ishlab chiqaradigan sxema:

1 — pech; 2 — kuyindilarni suv bilan chiqarib tashlash sxemasi; 3 — kotel — utilizator; 4 — bir joydan ikkinchi joyga soladigan tuzilmali siklon; 5 — quruq elektr filtr; 6 — birinchi yuvuvchi minora; 7 — ikkinchi yuvuvchi minora; 8 — birinchi ho'l elektr filtr; 9 — ikkinchi ho'l elektr filtr; 10 — quritish minorasi; 11 — gazpuflagich; 12 — tomchi ushlagich; 13 — kontakt tugunning issiqlik almashtirgichi; 14 — kontakt apparati; 15 — oleum absorberi; 16 — birinchi monogidrat absorberi; 17 — ikkinchi monogidrat absorberi; 18 — kislota yig'gichi; 19 — sovitgich; 20 — kislotali havo bilan sovitish sovitgichi.

dan (taxminan konversiya darajasi 92—95%) gaz oltingugurt uch oksid (6) absorbsiyasining birinchi bosqichiga keladi. Oksidlanmagan oltingugurt dioksidi filtdan o'tib, sachragan sulfat kislotat omchilari va tumani ajralib, issiqlik almashtirgichlarda kontakt apparati ikkinchi bosqichining birinchi qatlamida katalizatorni yonish temperaturasi gacha qizdiriladi va kontakt massasining ikki qatlamidan o'tadi. Bu holda kontaktlashish darajasining yig'indisi 99,7—99,8% ni tashkil qiladi. Kontaktlashishning ikkinchi bosqichidan so'ng gaz absorbsiyaga kiradi, bundan so'ng atmosferaga chiqadigan gazlarda  $SO_2$  miqdori 0,03—0,04 hajm % tashkil qiladi, bu esa PDK talabiga mos keladi.

**KI—AI usulida sulfat kislotani olishning texnologik sxemasi 1.22-rasmda keltirilgan.** Kolchedan ulushlagich orqali QQ pechi (1) kiradi. Olingan 13 %  $SO_2$  ega bo'lgan oltingugurt to'rt oksidi (oltingugurt dioksidi) gazi ~ 700°C temperaturada qozon — utilizator (3) ga yuboriladi, bu yerda u 420°C temperaturagacha sovitiladi. Bu holda bosimi 4 MPa gacha va 450°C temperaturadagi energetik bug' olinadi, shuningdek bu yerda temir kuyindisidan qisman tozalanish ham sodir bo'ladi. Gazning keyingi tozalanishi siklon (4) va UGT—3—30 markali quruq elektr filtr (5) da amalga oshadi. Gazni mishyak, selen va boshqa aralashmalardan tozalanish (6) va (7) ikkita yuvuvchi minora bo'limida, ikki juft ho'l elektr filtda (8) va (9) hamda quritish minorasi (10) da amalga oshiriladi.

Birinchi ichi bo'sh yuvuvchi minora (6) bug'lantirish rejimida ishlaydi: sirkullashuvchi kislotat gazni sovitadi, bu holda issiqlik yuvishga kelayotgan kislotat suvini bug'lantirishga sarflanadi. Birinchi minoradagi yuvuvchi kislotat konsentratsiyasi 35—45 mass.%  $H_2SO_4$  tengligi ikkinchi yuvuvchi minora (7) dan 5—10 % li  $H_2SO_4$  berish hisobiga bu darajada ushlab turiladi. Ikkinchi minora (7) dan kislotat to'plagich (18) ga keladi va sovigandan so'ng yuvilishga qaytariladi.

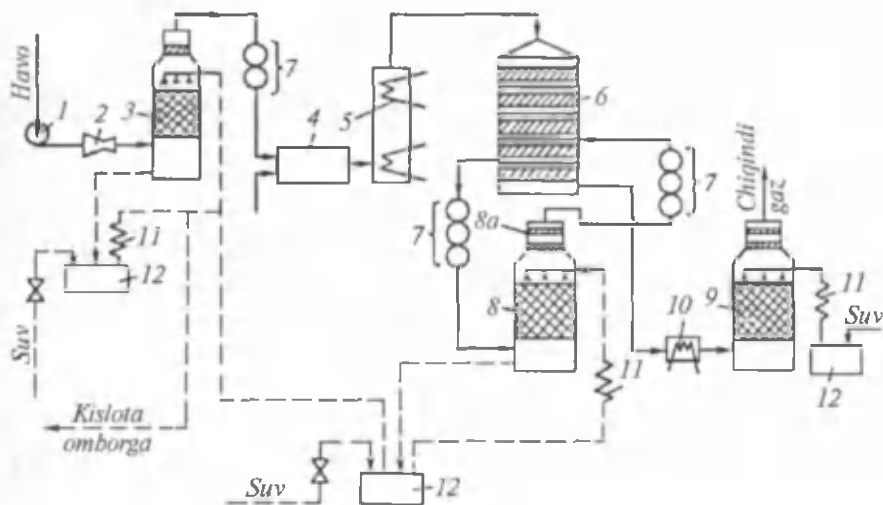
Gaz ikkinchi yuvuvchi minoradan so'ng ketma-ket ikki juft elektr filtr (8) va (9) dan, so'ngra 28—30°C da 93—94% li  $H_2SO_4$  bilan yuviladigan quritish minorasidan (10) o'tadi. Gazdan suv bug'larini yutish hisobiga yuvuvchi kislotat suyuladi va qiziydi, shuning uchun temperaturani pasaytirish uchun uni havu sovitgichida (20) sovitiladi. Kislotat konsentratsiyasini ushlab turish uchun unga monogidratli minoradan kislotat qo'shiladi va yangidan yuvishga uzatiladi.

Quritish minorasi oldidan 9 hajm %  $SO_2$  (oltingugurt dioksidini) miqdorgacha havu bilan kontakt apparatining ishlash texnologik rejimi mos ravishda siyraklashtiriladi.

Quritiladigan kislalani sovitish uchun sug'orish turidagi yoki quvur quvur ichida turidagi sovitgichlar va havo bilan sovitadigan sovitgichlar qo'llanadi. Quritish minorasidan so'ng oltingugurt dioksidi 28—30°C tomchi ushlagichdan (12) o'tadi va turbogaz puflagich (11) ga kiradi. So'ngra gaz uchta quvursimon issiqlik almashtirgichda (13) isitiladi va 420—440°C da kontakt apparatining birinchi qatlamiga kiradi, bu yerda 73,8—74% gacha oksidlanadi; uning temperaturasi 600°C ko'tariladi. Gaz issiqlik almashtirgich (13) dan o'tib katalizatorning ikkinchi qatlamiga kiradi, bu yerda kontaktlashish darajasi 86% yetadi, gazning temperaturasi 465 dan to 514°C gacha oshadi. Issiqlik almashtirgich (13) da gazning temperaturasi yana 450°C gacha kamayadi va u kontakt apparatining uchinchi qatlamiga keladi. Bu yerda SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> gacha oksidlanishi 94—94,5% yetadi, temperatura esa 469—470°C gacha oshadi.

Issiqlik almashtirgich (13) ga o'tib, gaz 100°C temperaturada absorbsiyaning birinchi bosqichiga avval oleum absorberi (15), so'ngra monogidrat absorberi (16) ga kiradi. Monogidrat absorberi va filtr — tomchi ushlagich (12) dan so'ng gaz 430°C gacha issiqlik almashtirgichlar tizimida isiydi va katalizatorni to'rtinchi qatlamiga kiradi, buning ustiga unda SO<sub>2</sub> konsentratsiyasi 0,77—0,84 hajm % ni tashkil etadi. Bu yerda SO<sub>2</sub> ning oksidlanish darajasi 80 % teng. Issiqlik almashtirgich (13) da gaz temperaturasi 449 dan to 409°C gacha kamayadi. Beshinchi qatlamda SO<sub>2</sub> oksidlanishi 87% ga yetadi. Kontaktlashishining umumiy darajasi bu holda 99,8% teng. Kontakt apparatining beshinchi qatlamidan so'ng gaz 409°C temperaturada issiqlik almashtirgich (13) dan o'tib, o'z issiqligini beradi va monogidrat absorberi (17) ning ikkinchi bosqichiga absorbsiyalanishiga kiradi. Bir qism kislota to'plagichiga (18) beriladi. 0,02—0,03 hajm % SO<sub>3</sub> ega bo'lgan yutilmagan gaz atmosferaga chiqindi chiqaradigan quvur orqali chiqarib tashalanadi.

**IK—IA usuli bilan olitngugurtdan sulfat kislota olishning texnologik sxemasi 1.23-rasmda keltirilgan.** Haydagich (1) bilan uzatiladigan havo 92—94% li H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yuviladigan Venturi quvuri (2) da changdan tozalanadi va 94% li H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yuviladigan quritish minorasi (3) ga yuboriladi. So'ngra issiqlik almashtirgich (7) dan o'tib, u 120°C temperaturada suyuq oltingugurtning yonish pechi (4) ga kiradi. Hosil bo'lgan oltingugurt dioksid gazi 1000°C temperaturada qozon — utilizator (5) dan o'tadi va kontakt apparatining birinchi bosqichning birinchi qatlamiga o'tadi. Bu yerda gaz temperaturasi 440°C bo'lganda SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> gacha oksidlanishi sodir bo'ladi,



1.23-rasm. Oltinugurtda ishlaydigan sulfat kislota tizimidagi kontakt tugunining sxemasi:

1 — havo haydagich; 2 — Venturi quvuri; 3 — quritish minorasi; 4 — Oltinugurtni yondirish uchun pech; 5 — qozon — utilizator; 6 — kontakt apparati; 7 — issiqlik almashtirgichlar; 8 — birinchi bosqich absorberi (oralik); 9 — ikkinchi bosqich absorberi; 10 — ekonomayzer; 11 — ilonizi sovitgichlar; 12 — kislota yig'gichlari (yaxshi chiziq — gaz yo'li; punktir chiziq — kislota yo'li).

konversiya darajasi 93,5% ni tashkil etadi. Kontakt massaning har bir qatlamidan so'ng gazni sovitish uchun issiqlik almashtirgich (7) tizimi xizmat qiladi. Bu tizimda gazlar qarama-qarshi oqimda harakat qiladi.

Katalizatorning uchinchi qatlamidan chiqayotgan  $\text{SO}_3$  oralik absorber (8) da 99,9% yutiladi, absorbsion zonadan chiqayotgan gaz 0,8 hajm %  $\text{SO}_2$  va 0,3—0,5 hajm %  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tumani va tomchilariga ega. Gazni tomchi va tumandan tolali filtrlar (8) da tozalashdan so'ng kontaktlashtirishning ikkinchi bosqichi  $\text{SO}_3$  0,77—0,8 hajm %li konsentratsiyada va 405—410°C temperaturada kiradi; to'rtinchi qatlamdan chiqishda gazning temperaturasi 415—425°C ni, beshinchi qatlamdan so'ng — 420—430°C ni tashkil qiladi.

So'ngra gaz dastlab ekonomayzer (10) dan o'tib absorbsiyaning ikkinchi bosqichi (9) ga boradi. Aylanuvchi (sirkulyatsiyalanadigan) kislota sovitish uchun spiral sovitgich (11) lar ishlatiladi. Mahsuliy kislota quritish minorasidan so'ng beriladi.

Quyida toza oltinugurtdan IQ—IA usuli bilan 1 t sulfat kislota ishlab chiqarish uchun sarf bo'lish koeffitsientlari keltirilgan:

Elementar oltingugurt, t	0,334
Elektr energiya, kW soat	40
Texnologik suv, m <sup>3</sup>	0,36
Aylanadigan sovituvchi suv, m <sup>3</sup>	52
Kontakt massasi, kg	0,1

**IQ—IA tizimining afzaligi va kamchiligi** IQ—IA tizimida SO<sub>2</sub> oksidlanish darajasi bir marta kontaktlashgan tizimidagi 97,5—98,0 % ga solishtirganda 99,5—99,7 % ga yetadi.

Gaz oraliq monogidrat absorberidan chiqayotganda ancha miqdorda tuman va tomchilarga ega bo'ladi. Tuman va tomchilarni ushlab tutilish uchun ishlatiladigan tolasimon filtrlar ularni yutilishini to'la ta'minlamaydi, bu esa tumanni issiqlik almashtirgich quvurlarining devorlari sirtiga o'tirib qolishiga va ularni tez yemirilishiga olib keladi. Issiqlik almashtirgichlarda zichlikning buzilishi o'z navbatida SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> ga oksidlanish darajasini pasaytirishga olib keladi, bu esa IQ — IA tizimining asosiy kamchiligi hisoblanadi.

Bundan tashqari, gazni qo'shimcha sovitish va qizdirish zarurligi tufayli hamda issiqlik yo'qotilishini bartaraf qilish uchun yuqori samarali issiqlik almashtirish apparati kerak bo'ladi.

Apparat gabaritlarining yirikligi, tayanchlar bikirligi, yopqichlar, almashtirgichlar sonining ortganligi va tokcha tipidagi kontakt apparatlarda gaz oqimlari taqsimlagichlarning kattalashishi metallni ko'p ishlatilganligi tizimning ikkinchi kamchiligi hisoblanadi. Po'latlarning yemirilishga chidamliligining kamligi va issiqlikka chidamliligining pastligi katalizatorli tokchalarning osilib qolishiga olib keladi. Kontakt apparati, issiqlik almashtirgichlarning quvurlarini va gaz o'tkazgichlarning ichki sirtini yemirilishdan saqlash uchun qalinligi 0,25 mm bo'lgan aluminiy qatlami bilan qoplanadi.

### **Sulfat kislota ishlab chiqarishda issiqlikdan foydalanish**

Ma'lumki, sulfat kislota ishlab chiqarishda ajraladigan issiqlik umumiy miqdorining 52—65% oltingugurtli xomashyoni kuydirishga sarflanadi.

Bu issiqlikdan foydalanish uchun qozon — utilizatorlari ishlatiladi. Sulfat kislota ishlab chiqarishda asosan majburiy suv aylantiruvchi suv quvurli qozonlar ishlatiladi. Shunday qilib QQ pechlarida yonish reaksiyasi issiqlikdan foydalanish hisobiga 1 t yongan FeS<sub>2</sub> dan 1,5 t gacha bug' olinadi.

Kolchedanni kuydirishdan olinadigan  $\text{SO}_2$  oksidlanishida ajraladigan issiqlik kontakt apparatining birinchi qatlamiga keladigan sovuq gazni isitish uchun ishlatiladi.

Nasadkali minoralarda  $\text{SO}_3$  absorbsiyasi jarayonida katta miqdordagi ajraladigan issiqlik yuviladigan kislota bilan olib ketiladi, so'ngra u sovitgichlarda sovitiladi.  $\text{SO}_3$  absorbsiyasi jarayonining adiabatik xarakteri nasadkali minorada jarayon kechishida issiqlikni chetga olib ketishi mumkin emasligi tufayli oqib chiqayotgan olem va kislota temperaturasini  $60-70^\circ\text{C}$  darajada ushlab turish uchun yuvishga berilayotgan kislota miqdorini o'zgartirish bilan amalga oshirilib, issiqlik balansi bilan aniqlanadi.

Barbotaj tipidagi absorberlarni ishlatish absorbsiya jarayoni issiqligini kislota qatlamida joylashgan sovitgichlarda ishlatish mumkin.

#### 4.5. SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISH JARAYONINI AVTOMATLASHTIRISH

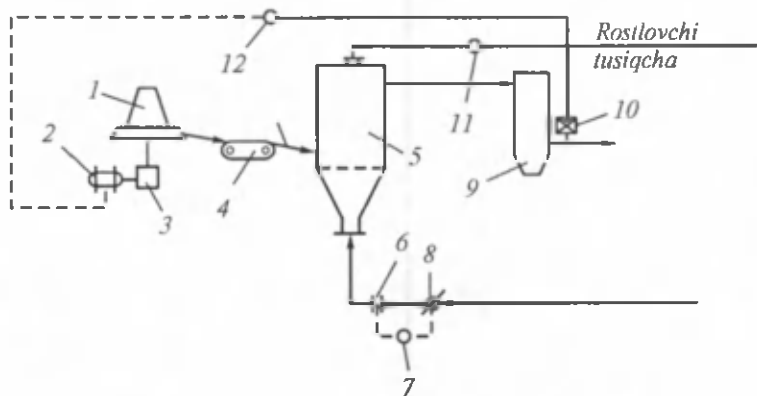
Sulfat kislota ishlab chiqarish jarayonida juda ko'p apparatlar ishlatiladi. Ishlatilayotgan apparatlar faol korroziyaga uchrashi bilan ajralib turadi. Bu esa o'z navbatida texnologik tizimning ayrim qismlarini, apparatlarini va butun tizimni to'xtatib qo'yishga olib keladi.

Butun tizimni, ayniqsa yirik quvvatli agregatlarni bir me'yorda ishlashini ta'minlash uchun nazorat o'lchov va qayd qilib ko'rsatuvchi o'lchov asboblari yordamida markaziy puldan boshqariladi. Ko'rsatuvchi asboblarga apparatlarga o'rnatilgan bo'ladi. Temperatura, mahsulot sarfi va bosimni boshqarish uchun avtomatik boshqaruvchi yoki avtomatik rostlovchi tizimlar qo'llaniladi.

Pech bo'limidan chiqayotgan gazdagi  $\text{SO}_2$  konsentratsiyasi o'zgarishini avtomatik rostlab, shuningdek temperaturaning barqarorligini ta'minlab turish kerak bo'ladi.

Ishlab chiqarishning boshidan oxirigacha me'yorda ishlashi kontakt apparatining ishlashini tashkil qilishga bog'liq. Kontaktlashtirish jarayonida jiddiy buzilish butunlay sex ishini to'xtatib qo'yadi. Misol sifatida 1.24-rasmda QQ pechining avtomatik sxemasi ko'rsatilgan.

Rostlovchi zaslonka (8) va diafragma (6) orqali havo QQ pechining pastki qismiga keladi. Diafragma (6)dan kelgan impuls zaslonka (8) ga ta'sir qiladi. Uning ochilish darajasi kirayotgan havo miqdoriga bog'liq bo'ladi. Kuydirish gazidagi  $\text{SO}_2$  ning konsentratsiyasini tarelkasimon ta'minlagich (1) ning aylanish tezligini o'zgartirish yo'li bilan rostlaydilar. Ushbu ta'minlagich yordamida kolchedanni pechga uzatadilar. Qozon — utilizator (9) dan keyin o'rnatilgan gazoanaliza-



1.24-rasm. Kolchedanni kuydirish uchun qabul qilish pechini rostlovchi avtomatik sxema:

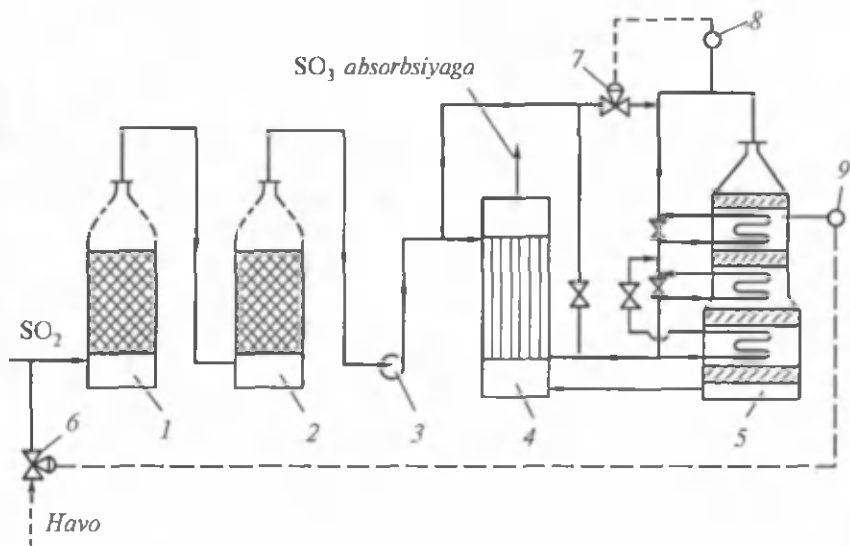
1 — tarelkachasimon ta'minlagich; 2 — ta'minlagich yuritmasi; 3 — reduktor; 4 — oraliq transportyori; 5 — pech; 6 — diafragma; 7, 11, 12 — rostlagichlar; 8 — rostlovchi zaslonka; 9 — qozon — utilizator; 10 — gazoanalizator ( $\text{SO}_2$ ).

tor (10) dan impuls rostlovchi (12) orqali tarelkasimon ta'minlagich aylanish tezligiga ta'sir ko'rsatadi. Rostlovchi (11) yordamida zarur siyraklashtirish ushlab turiladi: rostlagich (11) gazo'tkazgichga zaslonka bilan birlashtirilgan.  $\text{SO}_2$  konsentratsiyasi pechdan chiqayotganda  $\pm 0,5$  hajm % dagi aniqlikda ushlab turiladi.

Kolchedanda ishlaydigan QQ pechlarida pech bo'limining avtomat tizimi  $\text{SO}_2$  ning gazdagi konsentratsiyasini barqaror ushlab turish bilan bog'liq. Gazda  $\text{SO}_2$  ning bunday konsentratsiyasi gazoanalizatoridan berilgan signal bo'yicha rostlagich orqali pechga beriladigan havoning miqdorini o'zgartirish bilan amalga oshiriladi. Bu usul gazoanalizator impulsi ta'siridan kolchedan pechining ta'minlagichini aylanish tezligining o'zgarishiga nisbatan tez ishlovchanligi bilan farqlanadi.

**Kontakt bo'limining avtomatizatsiyasi (1.25-rasm).** Kontakt apparatida  $\text{SO}_2$  ni oksidlash jarayonini boshqarishdan maqsad  $\text{SO}_3$  ning maksimal miqdorda chiqishini ta'minlashdir, ya'ni maksimal darajada kontaktlashga erishishdir. Kontaktlashtirish darajasi katalizator faolligi, gaz tarkibi va kontakt apparatining birinchi qatlamiga kelayotgan gazning dastlabki temperaturasiga bog'liq. Kirishda  $\text{SO}_2$  konsentratsiyasining barqarorligi birinchi navbatda quritish minorasi oldidan havoni so'rib olish hisobiga ta'minlanadi. Pech gazida  $\text{SO}_2$  miqdorini o'lchaydigan gazoanalizatoridan impuls rostlagichga yuboriladi, u quritish minorasi oldidan rostlovchi klapan (6) bilan boshqariladi. Bir paytning o'zida gaz konsentratsiyasi ushlab turish





1.25-rasm. Kontakt tugun avtomatizatsiyasining sxemasi:

- 1 — quritish minorasi; 2 — tomchi ushlagich; 3 — turbo gaz puflagich; 4 — tashqi issiqlik almashtirgich; 5 — kontakt apparati; 6, 7 — rostlov klapanlar; 8, 9 — termoparali temperatura rostlagichlar.

bilan uning temperaturasi apparatga kirishda rostlanib turiladi, bu esa kontakt massasining yonish temperaturasi bilan aniqlanadi.

Oltinugurt dioksid gazi (1.25-rasmga qarang) quritish minorasi (1) va sachragan tomchilarni ushlagich (2) dan quvur gaz puflagich (3) bilan issiqlik almashtirgich (4) ga, katalizator yonishi temperaturasigacha qiziydigan uchinchi, ikkinchi va birinchidagi qatlamlarga va so'ngra kontakt apparatining birinchi qatlamiga yuboriladi. Bir paytning o'zida  $\text{SO}_2$  ning  $\text{SO}_3$  gacha oksidlanishi hisobiga qizigan gazning sovishi boshlanadi.

Apparatga kirishda gazning temperaturasini bir xilda tashqi issiqlik almashtirgich (4) dan tashqari birinchi qatlam kontakt massasidan so'ng sovuq gazni yuborishni rostlash klapani (7) yordamida bir xilda ushlab turiladi. Rostlovchi klapanlar (6) va (7) bilan bog'langan datchik vazifasini termopara 9 bajaradi.

Oltinugurt dioksidini oksidlash jarayonini avtomatlashtirish gaz temperaturasini  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  va oltinugurt dioksid konsentratsiyasini  $\pm 0,3\%$  aniqlikda rostlashga imkon beradi, bu esa qo'l bilan boshqarganga qaraganda oksidlash darajasini  $0,75\%$  ga oshirishni ta'minlaydi. Katta quvvatli apparatlarda  $\text{SO}_2$  ni oksidlash jarayonini avtomatlashtirish katalizator qatlamlari bo'yicha gazni notekis taqsimlanishi sababli o'zgaruvchan qatlamlar bo'yicha temperaturani o'ta aniq rostlash zarurati bilan bog'langan.

## 5. NITROZA USULI BILAN SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQRARISH

### 5.1. JARAYONNING NAZARIY ASOSLARI

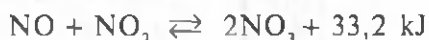
Nasadkali mineralarda  $\text{SO}_2$ ni nitroza bilan oksidlashda sulfat kislota olinadi. Bu quyidagicha ifodalanadi:



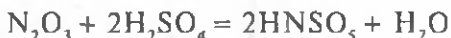
Bu jarayon suyuq fazada o'tadi va qaytmas jarayon bo'lib hisoblanadi. Sulfat kislotaning hosil bo'lishi bilan birga azot oksidi ajralib chiqadi, u sulfat kislotada erimaydi, shuning uchun u gaz fazasiga ajralib chiqadi va shu zahotiyuq gazda mavjud kislorod bilan reaksiyaga kirishadi:



Azot oksidlari  $\text{NO}$  va  $\text{NO}_2$  bir-biri bilan reaksiyaga kirishib ekvimolekular aralashma hosil qiladi:



Bu birikma sulfat kislota bilan yutilib nitrozil sulfat kislota  $\text{HNSO}_5$  hosil qiladi:



$\text{SO}_2$  ni nitroza bilan birikish jarayoni geterogenli bo'lganligi uchun uning tezligi gaz va suyuq fazani ajratish sirtiga bog'liq.

Sulfat kislota olish reaksiyasi tenglamasiga mos ravishda bir hajm  $\text{SO}_2$  gaz fazasiga 2 hajm  $\text{NO}$  ajratib chiqaradi. Amalda birinchi minoradan keyin gazda 1–1,5 hajmga yaqin  $\text{NO}$  bo'ladi. Bu faqat kimyoviy tahlillar bilan emas, balki 1 t  $\text{H}_2\text{SO}_4$  olish uchun zarur bo'lgan azot oksidlari miqdori — azot aylanishi hisobi yordamida ham tasdiqlanadi:

$$\frac{1000\text{N}_2\text{O}_3}{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1000 \cdot \frac{76}{98} = 775 \text{ kg N}_2\text{O}_3, \text{ yoki } 1290 \text{ kg HNO}_3$$

Amaliyotda minora tizimlarida  $\text{HNO}_3$  ning zarur miqdori 500 kg yaqinni tashkil etadi. Bu nazariy miqdorning taxminan 40% ga to'g'ri keladi. Demak, azot oksidlari  $\text{SO}_2$  ni sulfat kislotaga qayta ishlash jarayonida birinchi marta qatnashadi, bu esa  $\text{NO}$  ni  $\text{NO}_2$  gacha oksidlanishi faqatgina gaz fazasida emas, balki suyuq fazadaliq bilan tushuntiriladi. Buning tasdig'i shundaki, birinchi minorada  $\text{NO}$  ni

$\text{NO}_2$  gacha oksidlanadi, bu esa hisoblash bo'yicha  $\text{NO}$  ni  $\text{NO}_2$  gacha gaz fazasida oksidlashidan ko'proq bo'ladi.

Nitrozilsulfat kislota suvsiz sulfat kislota da barqaror bo'lib, sulfat kislota ning suvli eritmalarida esa gidrolizlanadi. Gidroliz darajasi temperaturaning ortishi va sulfat kislota konsentratsiyasining pasayishi bilan ko'payadi. Xona temperaturasida  $\text{H}_2\text{SO}_4$  konsentratsiyasidan gidrolizlanish darajasining bog'liqligi keltirilgan:

$\text{H}_2\text{SO}_4$ miqdori, mass. %	98,0	80,0	70,0	57,0
$\text{HNSO}_4$ gidrolizlanish darajasi, %	1,1	27,7	49,8	100

Temperaturani ortishi bilan nitrozaning  $\text{SO}_2$  ga nisbatan reaksiyaga kirishi xususiyati va nitrozilsulfat kislota ning o'ta chuqur gidrozlanishi ortadi. Amaliyotda bu maqsadlar uchun nitrozaga suv qo'shiladi.

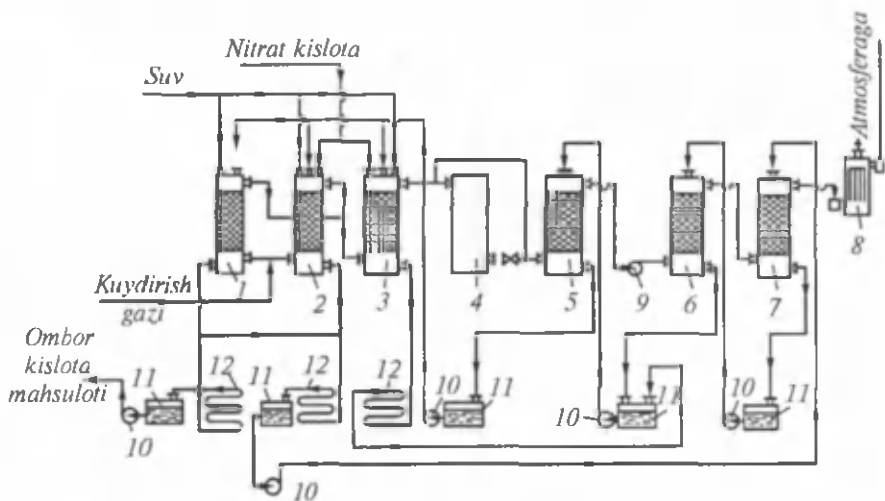
## 5.2. TEXNOLOGIK SXEMA

Nitroza usuli bilan sulfat kislota sini olish jarayoni quyidagi asosiy bosqichlardan tashkil topgan: 1) oltingugurt to'rt oksidini olish; 2)  $\text{SO}_2$  ni nitroza bilan oksidlab sulfat kislota ni olish va ulardan azot oksidlarini birga ajratish (denitratsiya); 3) azot oksidlarini absorbsiyaga tayyorlash ( $\text{N}_2\text{O}_3$  olish); 4) azot oksidlarining absorbsiyasi bilan birga nitrozani olish; 5) chiqindi gazlarni sanitar tozalash. Reaksiyaga kirishuvchi fazalar sirtini kattalashtirishga erishish uchun jarayon nasadkali minoralarda olib boriladi.

1.26-rasmda minorali sulfat kislota ni olish texnologik sxemasi ko'rsatilgan.

Kolchedanni yondirish bilan olingan kuydirish gazi pech bo'limidan keyin elektr filtrlarda temir kuyindisi changidan tozalanadi va ikki parallel turgan minoralarga kiradi, bulardan bittasi denitratsion, ikkinchisi mahsuliy minora hisoblanadi. Denitrator (1) ga gazning umumiy hajmidan 25% yaqini kiradi. Bu minoralardan chiqishda gaz bir oqimga birlashadi va ikkinchi mahsuliy minora (3) ga keladi. Mahsuliy minorani yuvuvchi sulfat kislota da azot oksidlari miqdori 60—70°C temperaturada 15 hajm %  $\text{N}_2\text{O}_3$  ga yaqinni tashkil qiladi.

Mahsuliy minoradan so'ng gaz oksidlovchi minora (4) ga keladi, bu yerda  $\text{NO}$  oksidi  $\text{NO}_2$  gacha oksidlanish bilan birga maksimal darajaga absorbsiya uchun zarur bo'lgan ekvimolekular aralashmani hosil qiladi va atmosferaga chiqarib tashlanadigan azot oksidlarining minimumini ta'minlaydi. Ko'pi bilan 0,5 hajm %  $\text{SO}_2$  va 10 hajm % gacha azot oksidiga ega bo'lgan absorbsiya uchun tayyorlangan



1.26-rasm. Nitroza usulida sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:

1 — denitrator; 2 — birinchi mahsulot minorasi; 3 — ikkinchi mahsulot minorasi; 4 — oksidlovchi minora; 5 — 7 — absorbsion minora; 8 — elektr filtri; 9 — dum ventilatori; 10 — nasoslar; 11 — yig'gich.

gaz absorbsiya minoralaridan (5, 7) va (8) ketma-ket o'tadi. Oxirgi absorbsiyaviy minora birinchi mahsuliy minoradan 40—45°C temperaturada ko'pi bilan 0,5 hajm %  $N_2O_5$  ega bo'lgan nitroza bilan yuviladi. Denitratsion minoradan chiqayotgan mahsulot 75 mass.%  $H_2SO_4$  va 0,03 hajm %  $N_2O_5$  ega bo'ladi. Hamma tizim siyraklashishda ishlaydi; oxirgi ikkita absorbsion minoralar bundan mustasno, bular oldida ventilator (6) turadi. Yuvuvchi kislotalar sovitgich (9) larda sovitiladi. Uchinchi absorberdan keyin 0,1—0,15 hajm %  $N_2O_5$  ega bo'lgan chiqindi nitroz gazlari sanitar tozalashga yuboriladi va chiqindi chiqish quvurlaridan atmosferaga chiqib ketadi. Minoralarni yuvish uchun kislotalarni uzatish yopiq xonada joylashgan markazdan qochirma nasoslar yordamida amalga oshiriladi. Minora va sovitkichlar ochiq havoda joylashgan bo'ladi. Minora tepasi shatyor (chodir) bilan himoyalangan bo'lib, narvonlar bilan o'zaro birlashgan maydonchalarda ularga xizmat ko'rsatiladi.

**Minoralar** nitroza usuli bilan sulfat kislota ishlab chiqarishda minora asosiy apparat bo'lib, uning diametri 4,5—5 m va balandligi 16—18 m. Ular po'latdan yasaladi va kislotalarga chidamli g'ishtlar yoki andizit asosida tayyorlangan kislotalarga chidamli sement bilan qoplanadi.

Minora ichida kislotalarga chidamli yoki andizitdan qurilgan kolonnalarga keramik halqalardan yasalgan nasadkalar yotqizilgan bo'ladi. Mayda halqalar keramik panjaradan tushib ketmasligi uchun avval o'lchamlari 120×120×10 mm halqalarni, so'ngra 100×100×10 mm,

80×80×8 mm, keyin esa o'lchamlari 50×50×5 mm halqalar yotqiziladi. Nasadkalarini pastdan kelayotgan gaz oqimining gidravlik qarshiligini kamaytirish maqsadida to'g'ri qatorlar bo'yicha yotqiziladi.

Sulfat kislota minoraga minora tomiga o'rnatilgan tomchi sachratuvchi orqali kiradi, gidravlik zatvor orqali esa oqib chiqadi. Minoralar bir-biri bilan kislota ga chidamli po'lat qoplamali gaz o'tkazgichlar orqali bog'langan. Tomchi sachratuvchilar turli konstruksiyali bo'lib ularning vazifasi minora kesimi bo'yicha kislota ni bir tekis taqsimlashdan iborat bo'ladi.

1 t  $H_2SO_4$  ga sarf koeffitsientlari:

Kolchedan (45% S ga hisoblanganda), kg	760—780
Nitrat kislota, kg	20 gacha
Elektr energiya, kW · soat	25—30
Suv, m <sup>3</sup>	25—50

## 6. SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHDA TEXNIKA XAVFSIZLIGI

Sulfat kislota ishlab chiqarishda oltingugurt ikki oksidi, azot oksidlari, bug'lar yoki quruq materiallar, tumansimon sulfat kislotalar bilan zaharlanish, sulfat kislota va oleumga tegib ketganda kimyoviy kuyish, termik kuyish va elektr toki bilan shikastlanish hollari uch-rashi mumkin.

Kontakt apparatiga vanadiyli katalizator massasini solayotganda va undan bo'shatayotganda vanadiy birikmali chang havfli bo'lib, u qon aylanishini o'zgartiradi, yallig'lanish va allergetik teri kasalligini keltirib chiqaradi, nafas olish organlariga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Kon'yuktivitni paydo bo'lishiga va burunning shilliq pardasi yallig'lanishiga sabab bo'lishi mumkin. Ishchi xonada vanadiy changgi massasining konsentratsiyasi yo'l qo'yiladigan chegarasi ko'pi bilan 0,5 mg/m<sup>3</sup> ga teng bo'ladi. Changga qarshi respiratorlar yoki «BKF» markali protivogazlardan foydalanish zarur. Kommunikatsiya va apparatlarning qizigan sirtiga tegib ketish natijasida kuyib qolish, elektr toki bilan ehtiyotsizlik bilan muomala qilganda shikastlanish mumkin.

Oltingugurt dioksidi nafas olish yo'llariga ta'sir ko'rsatadi. Uning katta konsentratsiyalari bo'g'ish, nafas qisilishiga olib keladi. Ishchi xonalarda  $SO_2$  ni yo'l qo'yiladigan konsentratsiyasining chegarasi 10 mg/m<sup>3</sup> to'g'ri keladi.  $SO_2$  ta'siridan himoyalani sh uchun filtrlovchi «V» yoki «BKF» markali protivogazlardan foydalanadilar. Kuchli

shikastlangandan zarar ko'rgan kishini xonadan tashqariga toza havoga olib chiqib, kislorod berish zarur. Kerak bo'lgan hollarda tez tibbiy yordamni chaqirish lozim.

SO<sub>3</sub> oltingugurt uch oksidi nafas olish yo'llarini qichitib, qattiq yo'talni qo'zg'atadi, o'pkani yallig'lanishiga sabab bo'ladi. Ishchi xonada SO<sub>3</sub> ni yo'l qo'yiladigan konsentratsiyasining chegarasi 1 mg/m<sup>3</sup> atrofida bo'lishi mumkin. Himoyalani uchun «BKF» markali protivogazdan foydalaniladi. Zaharlanganda 2% li ichimlik sodasi bilan tomoqni chayish, tezda shifokorga murojaat etish lozim.

Margumush va selen angidridlari juda kuchli zaharlovchi moddalardir. Ishchi xona havosida margumushli birikmalarning yo'l qo'yiladigan konsentratsiyasining chegarasi ko'pi bilan 0,3 mg/m<sup>3</sup> atrofida bo'ladi.

Sulfat kislota va oleum kishi tanasiga tekkanida kuchli, tez bitmaydigan kuydirishga sabab bo'ladi. Tananing katta qismini kuydirish bilan shikastlanish juda xavfli, ba'zan u o'limga olib kelishi mumkin. Teriga sulfat kislota yoki oleum tekkanda uni kuchli bosim ostida oqayotgan suv bilan tezda yuvib tashlash kerak. So'ngra terining kuygan joyini 5% li soda eritmasi bilan namlab, vazelin surtib qo'yish kerak.

Tok bilan shikastlanganda shikastlangan kishini iloji boricha tezroq tok ta'siridan ozod qilish, sun'iy nafas oldirish kerak va shifokorni chaqirish lozim.

Elektr o'tkazgich yoki elektr jihozi buzilishi natijasida yong'in sodir bo'lishi mumkin. Bunda zudlik bilan elektr shchitini toksizlantirish zarur va o't o'chirish guruhini chaqirish va oldini olish uchun sex ma'muriyatiga xabar qilish kerak.

Uglerod dioksidi — rangsiz, hidsiz, nordon ta'mga ega gaz. Ishchi xonada kishilar kam vaqt bo'lsalar havoda CO<sub>2</sub> miqdori 0,2 hajm % ni tashkil qilishi mumkin; kishilar uzoq vaqt turib qoladigan bo'lsalar havodagi CO<sub>2</sub> miqdori 0,1 hajm % bo'lishi kerak.

## NAZORAT SAVOLLARI

1. Sulfat kislota olish uchun qanday xomashyo ishlatiladi?
2. Kolchedan, oltingugurt kuydirish pechlarining tuzilishini aytib bering.
3. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ishlab chiqarishda yuvish bo'limining roli qanday?
4. SO<sub>3</sub> oksidlash uchun qanday katalizatorlar ishlatiladi?
5. SO<sub>3</sub> ni oksidlash optimal temperaturasi deganda nima nazarda tutiladi?
6. Bir qatlamli katalizatorida SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> ning yuqori oksidlanish darajasiga nima uchun yetkazish mumkin emas?
7. IQ—IA tizimini ishlash prinsipini aytib bering.
8. Aylanma azot deb nimaga aytiladi?
9. Kontakt bo'limi ishlashini avtomatik boshqarish prinsipini tushuntirib bering.

### BOG'LANGAN AZOT TEXNOLOGIYASI

#### 2-BOB

### AMMIK SINTEZI UCHUN AZOT ISHLAB CHIQRISH

#### 2.1. BOG'LANGAN AZOT BIRIKMALARINI ISHLAB CHIQRISH ZARURATI

Azot so'zi yunoncha «azoos» so'zidan kelib chiqqan bo'lib, hayotsiz degan ma'noni anglatadi. Azotning lotincha nomi esa, «selitra yaratuvchi» degan ma'noni anglatadi.

Ko'pgina elementlar qatori azot ham tabiatda ikki xil — kimyoviy bog'langan va kimyoviy bog'lanmagan shaklda bo'ladi. Kimyoviy bog'lanmagan azot oddiy sharoitda, asosan, gaz holatida uchrab, juda ham inert bo'lib, u faqat ayrim kamdan-kam kimyoviy elementlar, masalan, litiy metalli kukuni bilan quyidagi reaksiyaga kirishishi mumkin:



Amaliyotda, xususan, kimyo sanoatida tarkibida azot kimyoviy bog'langan shaklda bo'lgan har qanday birikmaning bog'langan azot birikmasi, yoki oddiygina qisqartirilgan holda, bog'langan azot deb ham yuritiladi.

Insoniyat taraqqiyoti uchun bog'langan azot ishlab chiqarish muammosi muhim masalalardan biridir. Juda qadimdan kishilar azot birikmalaridan foydalanishni o'rganib kelganlar. Insoniyatga ma'lum bo'lgan birinchi modda — kaliy selitrasi — bizning eramiz boshlanmasdan avvalroq yonuvchi aralashmalar tayyorlash uchun ishlatilgan edi. Eramizning 778-yili arab alkimyogari Jabir Ibn Xayyan (yevropaliklar uni Geber deb atashgan) «kuchli araq» (azot kislotasi) ni selitra bilan achchiqtoshlarni qayta haydash yo'li bilan tayyorlash usulini bayon qilgan.

Bog'langan azot texnologiyasi tushunchasida azotni bog'langan holda noorganik va organik shakldagi (ammiak, azot oksidlari, nitrit va nitrat kislotalari, ammoniyli, kaliyli, natriyli va kalsiyli selitralar (selitra deb, tarkibida nitrat, ya'ni  $\text{NO}_3^-$  anioni bor bo'lgan birikmalarga aytiladi), ammoniy sulfati, karbamid, sinil kislotasi, sianamid, kalsiy sianamidi va hokazo) birikmalarini olish texnologiyasi tushuniladi.

Atmosferada bog‘lanmagan azotning miqdori juda katta bo‘lsa ham, bu azotni o‘simliklar bevosita o‘zlashtira olmaydilar; o‘simliklarga azot asosan bog‘langan shaklda tuproqdan ammoniyli, nitratli va amidli tuzlar ko‘rinishida kelib, ular o‘simliklar tarkibida azot yuqori molekular shaklda bo‘lgan organik birikmalar — oqsillarga qayta ishlanadilar.

O‘simliklar oqsili hayvonlar tomonidan qayta ishlanib, hech narsaga almashtirib bo‘lmaydigan tirik mavjudot tarkibiga kiruvchi hayvonlar oqsiliga aylantiriladi. Shuning uchun insoniyat oldida odamlar va hayvonlarni oqsillarga, o‘simliklarni esa bog‘langan azotga bo‘lgan talabini qondirishdek zarurat paydo bo‘lib qoldi.

Bog‘langan azot birikmalari o‘simliklar, hayvonlar va insonlar hayotida katta ahamiyatga egadir. O‘simliklarning rivojlanishi uchun asosan, to‘rt kimyoviy element — uglerod, kislorod, vodorod va azot, shuningdek, fosfor va kaliy juda zarur elementlardan hisoblanadi. Atmosferada mavjud bo‘lgan uglerod dioksidi va suv o‘simlik dunyosini uglerod, kislorod va vodorodga bo‘lgan talabini qondiradi. Ammo atmosferadagi bog‘lanmagan azot har xil usullar bilan bog‘lanib, o‘simliklarga yetkaziladi.

## 2.2. AZOTNING TABIATDA AYLANISHI

Oqsil tarkibiga kiruvchi bir qism bog‘langan azot tirik organizm faoliyati natijasi sifatida elementar azotgacha parchalanadi. Tuproqning denitrifitsirlovchi bakteriyalarining ta’siri natijasida bog‘langan azotning yana bir qismi elementar azotga aylanadi. Bulardan tashqari, bog‘langan azotning boshqacha yo‘llar bilan yo‘qolishi ham sodir bo‘lishi mumkin. Shu bilan bir qatorda dukkakli o‘simliklar — mosh, loviya, beda, no‘xat kabilarning ildizlarida to‘plangan nitrifitsirlovchi bakteriyalar yordamida atmosferadagi elementar azotni bog‘lash jarayoni amalga oshishi mumkin.

Atmosfera azoti momaqaldiroq chaqmoqlarida hosil bo‘ladigan yuqori temperaturada quyidagi kimyoviy reaksiyalar asosida bog‘langan azotga aylanadi:



Hosil bo‘lgan azot monoksidi havo atmosferasidagi kislorod bilan azot dioksidigacha oksidlanishi mumkin:

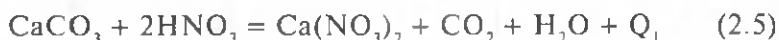


Havodagi namlik, shu jumladan, yomg‘ir suvlari bilan azot dioksidi reaksiyaga kirishib, nitrat kislotasining kuchsiz eritmasini hosil qilishi mumkin:





Nitrat kislotasi tuproqqa tushgach, undagi kuydirilmagan ohaktosh bilan reaksiyaga kirishib, suvda yaxshi eriydigan kalsiy nitrati tuzini hosil qiladi:



Tuproqda hosil bo'lgan bu kalsiy selitrasini o'simliklar o'zlarida o'zlashtiradilar va natijada bu jarayon o'simliklarda oqsilni hosil bo'lishiga hamda hosildorlikning ortishiga olib keladi.

Bu jarayonlar azotning tabiatda aylanishini tashkil etadi. Biroq, azotning aylanib yurishi natijasida tuproqning faqat bir ozgina qismi bog'langan azot bilan to'ldiriladi, xolos, ya'ni vaqt o'tishi bilan tuproqning sekin-asta madori keta boshlaydi. Shuning uchun tuproqqa azot o'g'itlarini qo'shimcha tarzda berib turish zarur bo'ladi. Bundan tashqari hosildorlikning ortishi uchun yerga solinadigan azotli o'g'itlar, ya'ni bog'langan azotni miqdorini yanada ko'paytirish kerak bo'ladi.

Tabiatda uchraydigan bog'langan azot tuzlaridan kaliy selitrasi, natriy selitrasi zaxiralari kam bo'lgani sababli, insoniyat oldida tarkibida azoti bor bo'lgan moddalarni ishlab chiqarishni ko'paytirishdek katta muammo paydo bo'lib qoldi.

### 2.3. ATMOSFERA HAVOSI AZOTINI BOG'LASHNING TURLARI VA USULLARI

Hozirgi vaqtda atmosfera azotini bog'lashni ikki turga bo'lish mumkin: birinchisi biologik va ikkinchisi — texnik.

Biologik tur ham o'z navbatida, asosan, yuqorida bayon etilganidek, ikki xil usulga bo'linadi; birinchisi, tuproqdagi mikroorganizmlar, ya'ni bakteriyalar hayotiy faoliyati bilan bog'liq bo'lgan usuldir. Bu usulga binoan dukkakli o'simliklar ildizlarida yashovchi bakteriyalar atmosfera havosidagi elementar azotni bevosita o'zida o'zlashtirish qobiliyatiga ega va natijada bir gektar yerdagi dukkakli o'simliklar tomonidan bir yilda 100 kg dan 300 kg gacha azot bog'langan holga o'tadi.

Biologik turning ikkinchi usulini shartli ravishda momaqaldiroq usuli deb atash mumkin. Bu usulga ko'ra momaqaldiroq davrida havoda hosil bo'ladigan elektr razryadlari qisqa tutashuvi natijasida katta miqdordagi issiqlik hosil bo'lib, so'ng yomg'ir yog'ib, yuqoridagi (2.2)-(2.5) reaksiyalar natijasida 1 gektar tuproqda yiliga 4 kg dan 15 kg gacha bog'langan azot hosil bo'lishi aniqlangan.

Bu miqdorlarda hosil bo'layotgan bog'langan azot o'sib borayotgan qishloq xo'jaligi talablarini umuman qondira olmaydi va buning asosiy sabablaridan biri bog'langan azotning anchagina qismini tuproqqa umuman qaytib kelmasligidir.

Ekinlar bilan tuproqdan olib chiqib ketilayotgan bog'langan azotning miqdori 2.1-jadvalda keltirilgan.

2.1-jadval

**BIR HOSIL DAVOMIDA EKINLAR BILAN TUPROQDAN OLIB CHIQIB KETILADIGAN AZOT MIQDORI**

T/r	Ekin nomi	Hosildorlik, kg/ga	Hosil bilan azotni olib ketilishi, kg/ga
1.	Bug'doy	1500—3000	45—110
2.	Javdari bug'doy	2000	50
3.	Qand lavlagi	20000—27000	90—170
4.	Kartoshka	20000—35000	100—175

Kimyogarlar hisobiga qaraganda, texnik o'simliklar — qand lavlagi, kartoshka, kuzgi bug'doy, paxta va shunga o'xshash ekinlarni yetishtirishda har bir gektar tuproqqa beriladigan azot o'g'itlari me'yorini birikma holda 200—350 kg gacha yetkazish kerak ekan. Bu fikrning isbotini 2.2-jadvaldan ham ko'rish mumkin.

2.2-jadval

**MINERAL O'G'ITLARNI QO'LLAGANDA HOSILDORLIKNI ORTISHI (1 kg ozuqa moddalarga nisbatan kg larda)**

T/r	Ekin nomi	Ozuqa moddalar quyidagilarga nisbatan		
		N <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1.	Kuzgi bug'doy	12—25	7—20	3—7
2.	Paxta	10—12	5—6	2
3.	Qand lavlagi	120—160	50—55	40—50
4.	Kartoshka	120	40—50	40—50

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, hosildorlikni oshirishda bog'langan azotning ta'siri boshqa ozuqa moddalariga qaraganda o'rtacha 2—2,5 marotaba samaraliroq ekan. Bu ko'rsatkich kelajakda yuqori konsentrlangan bog'langan azotni ko'plab miqdorlarda ishlab chiqarishni taqozo qiladi.

Umuman olganda, atmosfera azotini bog'lashning biologik turi nisbatan sodda bo'lsa-da, ammo bu turda jarayonni juda kichik tezlik bilan ketishi biologik turni keng qo'llanilishiga qarshilik ko'rsatuvchi yirik salbiy omillardan biri bo'lib qolmoqda.

Biologik turdan farqli o'laroq atmosfera azotini bog'lashning texnik turi juda kuchli tezliklarda rivojlanib borayotgani bilan ajralib turadi. Texnik turda tarkibida katta miqdorda bog'langan azoti bor bo'lgan mineral o'g'itlar, tuzlar olish ta'minlanadi. Bu esa nafaqat qishloq xo'jaligini, balki butun kimyo sanoatining ham keng rivojlanishiga olib keladi.

Hozirgi vaqtda texnik tur bo'yicha atmosferadagi elementar azotni bog'lashning quyidagi uch usuli: yoy, sianamidli va ammiakli usullari ma'lum.

Yoy usuliga G.Kavendish asos solgan bo'lib, 1781-yili birinchi bo'lib elektr yoyi ta'sirida havoda azot oksidlari hosil bo'lishini ixtiro qilgan:



Bu reaksiya endotermik va qaytardir. Reaksiya amaliy qaytar bo'lgani munosabati bilan reaksiya yo'nalishini aniqlashda Le-Shatlye prinsipidan foydalanish mumkindir. Shunga muvofiq reaksiya muvozanatini o'zgartirishga azot va kislorodni atomlarga dissotsiatsiyalanishi boshlanadigan temperatura, ya'ni 2500 K gacha bo'lgan temperaturalarda bosim hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi, chunki reaksiya hajm o'zgarishsiz boradi. Reaksiya komponentlaridan biri — azot yuqori inertlikka ega bo'lgani sababli, reaksiya anchagina yuqori temperaturalardagina, ya'ni 3300 K atrofidadagina sezilarli darajadagi tezlik va 4,0—4,5% NO chiqishi bilan borishiga erishilgan.

Tarkibida NO gazi bo'lgan bu aralashmani sovitish va qayta ishlash natijasida, keyinchalik (2.3), (2.4) reaksiyalar sodir bo'lib, azot kislotasining kuchsiz eritmalari olingan va uning ishtirokida har xil azotli mineral tuzlar hosil qilingan.

Atmosfera azotini bog'lashning yoy usuli 1929-yilgacha rivojlanib keldi. 1932-yilga kelib esa, bu usulni qo'llash amaliy jihatdan batamom to'xtatildi. Bunga asosiy sabab, yoy usulida energiya sarfi nisbatan juda katta miqdorga ega ekanligidadir. Masalan, yoy usuli bo'yicha 1 tonna bog'langan azot olish uchun energiya sarfi 70000 kW·soat yoki ekvivalent bo'yicha 64 tonna ko'mir sarfiga tengdir.

Yoy usuli boshqa usullarga nisbatan sodda bo'lganligi munosabati bilan hozirgi vaqtda atmosfera azotini to'g'ridan to'g'ri bog'lash bo'yicha ilmiy izlanishlar davom etmoqda va ularning asosiy zamonaviy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

1. Termik usul; 2. Elektr energiyasidan foydalanish (elektr razryadi, elektr va plazma); 3. Yadroviy reaktorda azot oksidlarini olish.

Bu progressiv usullarni qo'llash natijasida azot oksidlarini chiqishi 9—10% gacha, yadroviy reaktor qo'llanganda esa azot oksidlarini konsentratsiyasi 11—15% gacha chiqishiga erishilgan. Ammo oxirgi usulni qo'llanganda hozirgi kunda gaz aralashmasini radioaktiv izotoplardan tozalash o'ziga xos muammolardan biri bo'lib turibdi. Bundan tashqari, bu usullarni hozirgi vaqtda amaliyotda qo'llanilmayotganligining asosiy sababi, baribir, ularni atmosfera azotini bog'lashning ammiakli turiga nisbatan qimmatligidadir.

Atmosfera azotini bog'lashning o'sha davrlar uchun zamonaviy deb hisoblangan usullardan biri — bu sianamid usulidir. Bu usul quyidagi asosiy bosqichlardan iborat bo'lgan:

Birinchi bosqichda tabiiy ohaktoshni 1173—1273 K atrofida kuydirib, kuydirilgan ohaktosh olingan:



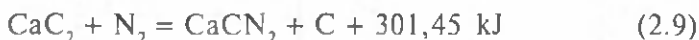
Ikkinchi bosqichda alohida apparatda koks ishtirokida 2273—2473 K da kalsiy karbidi olish:



Uchinchi bosqichda atmosfera havosini alohida jihozda qizdirilgan mis orqali o'tkazish natijasida erkin elementar kislorodni yutib, erkin elementar azot olish bundan 100 yillar ilgari atmosfera havosini chuqur sovuqlik hosil qilish va uning ta'sirida atmosfera havosini bo'lib, erkin azot va kislorodga ajratish texnologiyasi sanoat miqyosida hali hal qilinmagan edi:



To'rtinchi bosqichda kalsiy karbidiga bu hosil qilingan elementar azotni 1373 K atrofida ta'sir ettirib, kalsiy sianamidi olish:



Bu bosqichlar ichida eng asosiylari birinchi, ikkinchi va to'rtinchilar bo'lib, ulardan birinchi va ikkinchi bosqich reaksiyalari kuchli endotermik bo'lib, to'rtinchi bosqich reaksiyasi ekzotermik bo'lsa-da, bu yerda ajralib chiqayotgan issiqlik birinchi va ikkinchi bosqich jarayonlarini amalga oshirish uchun talab etiladigan issiqlikni umuman qoplay olmaydi.

Shuni ta'kidlash kerakki, yuqoridagi (2.6)-(2.9) reaksiyalar kalsiy sianamidi olishning karbidli usuliga xosdir.

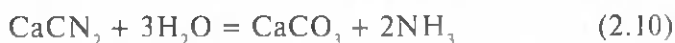
Sianamid usuli bo'yicha 1 tonna bog'langan azot ishlab chiqarish uchun sarflanadigan energiya 15000 kW/soat energiyani yoki ekvivalent bo'yicha 13,5 tonna ko'mirni tashkil etsa-da, bu ko'rsatkich bo'yicha sianamid usuli yuqorida bayon qilingan yoy usuliga qaraganda 4—5 marta tejamliroq ekanligi ko'rinib turibdi.

## 2.4. KALSIY SIANAMIDI OLIISHNING USULLARI

Kimyoviy toza  $\text{CaCN}_2$  — kalsiy sianamidi oddiy sharoitda rangsiz kristall modda bo'lib, tarkibida 34,98% (xuddi  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  — ammoniy selitrasidagidek) bog'langan azot amid shaklida mavjud (ammoniy selitrasi esa ammoniy va nitrat shakllaridadir).

Kalsiy sianamidi ishqoriy azotli mineral o'g'iti bo'lib, 1372 K gacha termik chidamli, suvda esa juda sekin eriydi; ammoniy selitrasiga qaraganda 70 marotaba kam eriydi. Kalsiy sianamidining bu xususiyati qishloq xo'jaligi ekinlari uchun tengi yo'q xususiyatlardan biri bo'lib, mineral o'g'itlar umumiy sarfini deyarli 2—3 marta kamaytirishga olib keladi, bu esa qishloq xo'jalik mahsulotlarining tannarxini arzonlashtirishga, yoqilg'i va mehnat sarflarini esa kamaytirishga olib keladi.

Kalsiy sianamidi nafaqat qishloq xo'jaligida, balki texnik maqsadlarda ham keng qo'llanilgan. Buning uchun karbidli usul bilan olingan kalsiy sianamidiga suv bug'i ta'sir ettirilib, ammiak hosil qilingan:

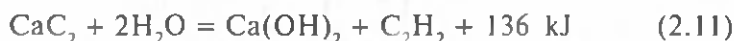


O'z navbatida, ya'ni elementar azotni bog'lashning ammiakli turi topilgunga qadar, bu reaksiya sintetik ammiak olishning yagona usuli bo'lib, xizmat qilgan. Ammiakdan esa ammoniy selitrasi, ammoniy sulfati kabi bog'langan azot mahsulotlarini ishlab chiqarilgan.

Hozirgi vaqtda kalsiy sianamidi olishning ikki usuli birinchisi klassik karbidli usul bo'lib, bu usulga birinchi bo'lib A.Muasson, 1878-yilda esa G.Meyer asos solgan. Bu usul 1895-yildan boshlab A.Frank va N.Karo, keyinchalik esa bir qator boshqa olimlar tomonidan rivojlantirilgandir.

Karbid usuli bo'yicha kalsiy sianamidi yuqorida bayon etilgan (2.6)-(2.9) reaksiyalari asosida olinib, hosil qilingan texnik mahsulot o'rtacha 58,4 (m)%  $\text{CaCN}_2$  (uning tarkibida 20,5 (m)% bog'langan azot); 25,94 (m)%  $\text{CaO}$ ; 9,5 (m)%  $\text{S}$ ; 2,4 (m)%  $\text{SiO}_2$ ; 1,0 (m)%  $\text{CaS}_2$ ; 0,5 (m)%  $\text{CaF}_2$ ; 1,0 (m)%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 0,63 (m)%  $\text{MgO}$ ; 0,2 (m)%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 0,43 (m)%  $\text{S}$  dan tashkil topgandir. Ayrim sharoitlarda mahsulotdagi bog'langan azotning miqdori 24 (m) % gacha bo'lishi

mumkin. Olingan mahsulot qora rangli (tarkibida 10 (m)% ga yaqin koks bo'lgani uchun), kukun holda bo'lib, uning tarkibida reaksiyaga kirisha olmay qolgan kalsiy karbidining bo'lishi katta xavf tug'diradi, chunki mahsulot omborxonalarda saqlanganda, atmosfera havosidagi suv bug'lari bilan reaksiyaga kirishadi va asetilen gazini hosil qiladi:



Hosil bo'lgan asetilen atmosfera havosidagi kislorod bilan juda kichik uchqun mavjud bo'lgan taqdirda kuchli portlash jarayonini sodir qilishi mumkin:



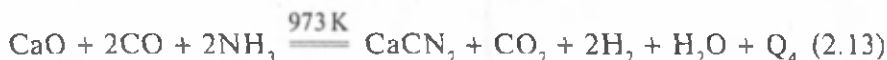
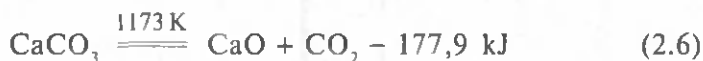
Bunday salbiy holatlardan qutulishning asosiy yo'llaridan biri — bu tarkibida kalsiy karbidi umuman bo'lmagan va boshqa aralashmalari juda oz miqdorda bo'lgan yuqori sifatli kalsiy sianamidi ishlab chiqarishga erishishdir.

Bu izlanishlarning ayrimlarida ko'plab miqdorda va nisbatan arzon narxlarda ishlab chiqarilayotgan ammiakni qo'llash ko'zda tutilgan. O'z vaqtida kalsiy sianamidi ammiak ishlab chiqarish uchun xomashyo bo'lgan bo'lsa, XX asrga kelib esa, aksincha, ammiak kalsiy sianamidi olish uchun xomashyo vazifasini o'tamoqda. Bunga asosiy sabab, kalsiy sianamidini yuqorida bayon etilganidek, boshqa azotli birikmalardan tubdan farq qiluvchi bog'langan azot mahsuloti ekanligidir.

XIX asrning boshlaridan toki shu vaqtga qadar bu borada kalsiy sianamidi olishning mutlaq yangi progressiv usuli — karbidsiz usul bilan olish bo'yicha bir qator izlanishlar olib borilmoqda.

Ana shunday ilmiy izlanishlardan biri Toshkent politexnika institutining kimyo-texnologiya fakultetida, hozirgi Toshkent kimyo texnologiya institutida professor S.A. Sitov va Z.M. Leykinlar ilm rahbarligida uch xil yo'nalishdagi usullar bo'yicha olib borilgandir.

Birinchi yo'nalish ikki bosqich (2,6 va 2,13 kimyoviy reaksiyalar)dan iborat bo'lib, 2,13 reaksiya bo'yicha 973 K da kalsiy oksididan



oq rangli, yuqori sifatli bog'langan azot miqdori 28—30% dan kam emas, donador kalsiy sianamidi olish bir qator texnologik omillari R.I. Daychi tomonidan o'rganilgan. Bu izlanishlardan katalizator sifatida juda kam miqdorda bo'lsa ham kalsiy xloridi va magniy oksidi

ishlatilgan. Bu esa olingan mahsulotni boshqa kimyoviy birikmalarga qayta ishlashdagi yagona kamchiligidir.

Ikkinchi yo'nalish bo'yicha kalsiy karbonati va har xil ohaktoshlardan 1073 K da hech qanday katalizator ishlaganday kalsiy sianamidini bir bosqichda (2.14) reaksiyasi



orqali olish bo'lib, bunda ma'lum ijrochi Sh.A. Yakubov tomonidan bu usulning bir qator texnologik va kinetik omillari o'rganilib, yuqorida ko'rsatilganidek sifatli mahsulot olingan. Bu usulning afzalliklaridan yana biri energiya sarfining nisbiy kichikligidir.

Birinchi yo'nalishni (2.13) reaksiyasi bo'yicha kalsiy sianamidi olish jarayonining kinetikasini o'rganish prof. F.M. Mirzayev, dots. Sh.A. Yakubov ilmiy rahbarligida mas'ul ijrochi A.A. Pimenova tomonidan amalga oshirildi.

Birinchi va ikkinchi yo'nalishlar bo'yicha kalsiy sianamidi olishda yordamchilar sifatida dots. I.T. Mirzayev, katta o'qituvchi Y.L. Terexin va muhandis R.Z. Sayfullinlar qisman ishtirok etganlar.

Uchinchi yo'nalish bo'yicha ham kalsiy sianamidi hech qanday katalizator qo'llamay quyidagi reaksiya bo'yicha:



dots. Sh.A. Yakubov ilmiy rahbarligida, tadqiqotchi O.X. Panjiyev, muhandis Sh.Sh. Yakubovlar ishtirokida olib borilmoqda.

Ushbu yo'nalishlar bo'yicha kalsiy sianamidi olishda xomashyo sifatida kuydirilmagan ohaktosh, tarkibida CO gazi bo'lgan tashlandiq retur gazlari, ammiak, tashlandiq CO<sub>2</sub> gazlarini qo'llab, tarkibida hech qanday maxsus katalitik qo'shimchalari va kalsiy karbidi bo'lmagan, rangi oq, 2—3 mm li donador, yuqori sifatli — tarkibida 85—86 (m.) % (bog'langan azot miqdori 29—30 (m.) % gacha bo'lgan CaCN<sub>2</sub>) texnik mahsulot olishga erishilgan. Hozirgi vaqtda bu erishilgan natijalar asosida kalsiy sianamidini sanoat miqyosida olishga qaratilgan ishlar olib borilmoqda.

Karbidli usul bo'yicha kalsiy sianamidi hozirgi vaqtda undan ozod sianamid, melamin va hokazolarni olish uchun faqat ayrim mamlakatlardagina ishlab chiqarilmoqda, xolos. Karbidli usulning bunday cheklanishining asosiy sababi, yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, energiya sarfining nisbatan, garchand bu ko'rsatkich yoy turiga qaraganda 4—5 marta kichik bo'lsa ham kattaligidadir.

Bog'langan azot ishlab chiqarishning uchinchi usuli — bu ammiakli usul bo'lib, u elementar toza azot bilan vodorodni 30—32 MPa bosim 723—773 K temperaturada quyidagi reaksiyasiga asoslangandir:



Bu usul kam energiya sarfiga va bir qator texnologik qulayliklarga ega bo'lgani uchun atmosfera azotini bog'lashning barcha boshqa usullarini siqib chiqarib, hozirgi vaqtda butun dunyoda, xususan, O'zbekistonda ham eng ko'p qo'llaniladi.

## 2.5. ELEMENTAR AZOTNING XUSUSIYATLARI VA BIRIKMALARI

Elementar azot D.I.Mendeleyevning elementlari davriy sistemasining 5-guruhning 2-davr 2-qatoridagi 7-elementini tashkil etib, oddiy sharoitda rangsiz, hidsiz moddadir. Azot molekulasini ikki atomli bo'lib, ular orasidagi bog'lanish uch bog'ni tashkil etadi, ya'ni  $\text{N}\equiv\text{N}$ , gaz holatidagi moddadir, atom massasi 14.0067, molekular massasi 28.0134 uglerod birligiga, (273 K temperatura va 0,1 MPa bosimda molekular hajmi 22,404 l/molga tengdir).

Azotning kritik temperaturasi 125,84 K (temperatura miqdorini ko'rsatilganidan har qanday o'zgarishi azotning agregat holatining o'zgarishiga olib keladi, ya'ni gaz holatidan suyuqlik yoki boshqa holatiga o'tib ketishiga olib kelishi mumkin), kritik bosimi 3,35 MPa ga teng. Suyuq azotning atmosfera bosimidagi qaynash temperaturasi 77,3 K ga, qattiq azotning erish temperaturasi 63,1 K ga teng. Qattiq holdagi azot ikki xil — kubik va geksagonal modifikatsiyalarda mavjud.

Atmosfera azoti ikki xil izotop  $^{14}_7\text{N}$  (99,63 %) va  $^{15}_7\text{N}$  (0,37 %) dan iborat. Azotning radioaktiv  $^{13}_7\text{N}$  va  $^{16}_7\text{N}$  izotoplari ham ma'lum. Azot yadrosi yetti proton va yuqorida ko'rsatilgan azot izotoplari  $^{13}_7\text{N}$ ,  $^{14}_7\text{N}$ ,  $^{15}_7\text{N}$ ,  $^{16}_7\text{N}$  atom massalariga mos ravishda olti, yetti, sakkiz va to'qqiz neytrondan iborat. Azot atomi yetti elektrondan iborat bo'lib, undan beshtasi tashqi qatlamda joylashgan.

Azot atomini elektron formulasi —  $1\text{S}^2 2\text{S}^2 2\text{p}^3$  dan tarkib topgan va bu elektronlar ikki qatlamda joylashgan.

Gaz holatidagi elementar azot suvda va bir qator suyuqliklarda oddiy sharoitda amaliy jihatdan deyarli umuman yutilmaydi.

Oddiy sharoitda elementar azot juda inert modda bo'lib, deyarli hech narsa bilan kimyoviy reaksiyaga kirishmaydi. Bundan mustasno sifatida yuqorida bayon etilgan (2.1) reaksiya bo'yicha litiy nitridi



$\text{Li}_3\text{N}$  ni olinishini ko'rsatish mumkin. Xuddi shuningdek, elementar azot xona temperaturasida xrom, molibden, volframlarning past valentli metalloorganik birikmalari bilan ham reaksiyaga kirishishi mumkin. Ammo bu reaksiyalar orqali texnik tur sifatida elementar azotni bog'lash iqtisodiy jihatdan foydali emas.

Elementar azot har xil ishchi sharoitlarda vodorod, kislorod, uglerod va boshqa elementlar bilan bir qator kimyoviy birikmalar hosil qiladi.

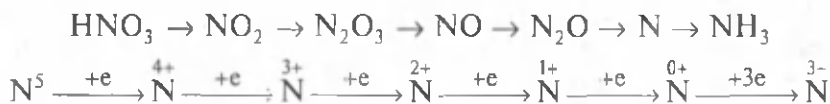
Ta'kidlash kerakki, elementar azot deganda suyuq atmosfera havosini maxsus qurilmalarda 188 K va 0,6 MPa bosimda rektifikatsiya qilish yo'li bilan ajratib olingan deyarli toza, ya'ni 99,999% N tozalikka ega bo'lgan mahsulotni tushunmoq kerak. Yana shuni ham aytib o'tish kerakki, bu jarayon natijasida tozaligi 94—95%  $\text{O}_2$  dan iborat texnologik kislorod ham ishlab chiqariladi.

Shunday qilib, elementar azotni vodorod bilan eng oddiy birikmasi — bu ammiak bo'lib, uning olinish reaksiyasi yuqorida (2.16) reaksiyasiga binoan amalga oshiriladi. Bundan tashqari azotning vodorod bilan quyidagi birikmalari mavjud: gidrazin  $\text{NH}_2\text{—NH}_2$ ; azot-vodorodli kislota  $\text{N}_3\text{H}$ ; diimid  $\text{NH}=\text{NH}$ ; gidroksilamin  $\text{NH}_2\text{OH}$  va hokazolar.

Kislorod bilan azot quyidagi birikmalarni hosil qiladi: oksidlari — diazot oksidi  $\text{N}_2^{+1}\text{O}^{-2}$ ; azot monooksidi  $\text{N}^{+2}\text{O}^{-2}$ ; azot dioksidi  $\text{N}^{+4}\text{O}_2^{-2}$ ; azot uch oksidi  $\text{N}_2^{+3}\text{O}_3^{-2}$ ; azot to'rt oksidi  $\text{N}_2^{+4}\text{O}_4^{-2}$ ; azot besh oksidi  $\text{N}_2^{+4}\text{O}_5^{-2}$ .

Azotning quyidagi kislorodli kislotalari: nitrit kislota  $\text{H}^{+1}\text{N}^{+3}\text{O}_2^{-2}$ ; nitrat kislotasi mavjud bo'lib, ulardan nitrit kislotasi beqarordir.

Yuqoridagilardan ko'rinib turibdiki, azot atomlari sakkiztagacha elektron qabul qilib, minus besh valentlikdan plus uch valentli holatgacha quyidagi tartib bo'yicha qaytarilishi mumkin ekan:



Azot ko'pgina organik va noorganik birikmalarning tarkibiy qismini tashkil etib, ularga bir qator guruhlar ko'rinishida kiradi: sianat —CN; izosianat —NC; azoguruh  $\equiv\text{N}$ ; nitrozil —NO; nitroguruh  $\text{NO}_2$ ; tiosianat —SCN; izotiosianat —NCS; amidooksim —C(=NOH) $\text{NH}_2$ ; nitroooksim —C(=NOH) $\text{NO}_2$ ; azoguruh —N=N—; uchlamchi amin  $\equiv\text{N}$ ; imidli guruh =NH; nitrozoooksim —C(=NOH)NO; tetramin —C(CH $_2$ =N—CH $_2$ ) $_3$ N va boshqalar.

Oltinugurt bilan azotning quyidagi birikmalari ma'lumdir: oltinugurt nitridi  $S_2N_2$  (yoki  $S_4N_4$ ); sulfamid  $SO_2(NH_2)_2$ ; sulfonur xloridi  $(NSOCl)_3$  va boshqalar.

Shu bilan birga azotning bir qator boshqa birikmalari ham bor: azot xloridi  $NCl_3$ ; azot yodidi  $NI_3$ ; xloramin  $NH_2Cl$ , aluminiy nitridi  $AlN$  hamda kaliy, rubidiy, seziiy nitridlari va hokazolar. Bu moddalarning ko'pchiligi sanoat ahamiyatiga ega.

## 2.6. BOG'LANGAN AZOT ISHLAB CHIQRISH XOMASHYOLARI

Bog'langan azot ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan xomashyo xillari avvalambor bog'langan azotning qanday birikma holida olish kerak ekanligiga bog'liqdir.

Yuqorida keltirilganidek, azot kislorod, vodorod va shunga o'xshash kimyoviy elementlar bilan har xil birikmalar hosil qilishi mumkin.

Azotni kislorod bilan birikmalarini ishlab chiqarish ko'zda tutilgan bo'lsa, xomashyo sifatida atmosfera havosi ishlatiladi; agarda azotning vodorodli birikmalarini ishlab chiqarish nazarda tutilgan bo'lsa, u vaqtda xomashyo sifatida atmosfera havosi, vodorod yoki vodorod ishlab chiqarilishi mumkin bo'lgan uglevodorodli gazlar — tabiiy gazlar, yo'ldosh gazlar, koks gazlari; koks, suv, osh tuzining suvdagi eritmasi, degidrogenizatsiya jarayoni gazlari va hokazolar xomashyo sifatida ishlatiladi.

Shuni ta'kidlash lozimki, bog'langan azot ishlab chiqarish ko'pgina jarayonlari ekzotermik va amaliy qaytar bo'lganliklari uchun suv sovitgich modda sifatida yoki ayrim jarayonlarda esa suv alohida kimyoviy komponent sifatida ishlatilgani uchun, bog'langan azotni qanday turi ishlab chiqarilishidan qat'iy nazar suv albatta ishlatiladi.

Bulardan tashqari, garchand xomashyo sifatida bo'lmasa-da, ammo kimyoviy jarayonlar tezligini oshirish maqsadida bir qator birikmalar yoki qotishmalar yuqori bosim va temperaturalarda katalizatorlar sifatida keng qo'llaniladi.

Atmosfera havosi — Yer sharining balandligi 2000 km gacha bo'radigan gazsimon qatlamini tashkil etib, uning umumiy massasi o'rta-cha 5100 trillion ( $5,1 \cdot 10^{15}$ ) tonnani tashkil etadi. Bu atmosfera havosining umumiy massasini 90% yerdan 16 km gacha bo'lgan balandlikka to'g'ri keladi.

Havoning tarkibi uni qayerdan tahlil uchun olinganiga qarab, undagi moddalar va ular miqdorlari doimiy tarzda o'zgarib turishi mumkin.

Quruq atmosfera havosi tarkibida uni tashkil etuvchi doimiy gazlarga quyidagilar ko'rsatilgan miqdorlarda kirishi mumkin (hajmiy % larda): azot  $N_2$  — 78,09; kislorod  $O_2$  — 20,95; argon Ar — 0,932; uglerod dioksidi  $SO_2$  — 0,03 ga yaqin; geliy He, neon Ne, azot monooksidi NO — 0,01. Bulardan tashqari, amaliyotda, atmosfera havosi tarkibida doimiy ravishda suv bug'i ham bo'ladi va uning miqdori bir qator omillarga — yil fasliga, qor, yomg'ir va atmosfera havosi bosimi, temperaturasiga bog'liqdir.

Texnik hisoblarda quruq havo tarkibini (h) 79% azot va (h) 21% kisloroddan iboratdir, deb qabul qilingan.

Atmosfera havosi bog'langan azot ishlab chiqarishda deyarli cheklanmagan miqdorda ishlatilishi mumkin, chunki havoni yuqori bosimda 73 K atrofida sovitib, uni suyuq holga o'tkazib, rektifikatsiya usulini qo'llab, katta miqdorda elementar azot va kislorod ishlab chiqariladi.

Bog'langan azot ishlab chiqarishda atmosfera havosi ammiakni oksidlab, azot monooksidi olishda, uni oksidlab esa azot dioksidi va azot uch oksidlarini olishda, tabiiy gazni to'liqsiz va to'liq oksidlashda va hokazo jarayonlarda keng qo'llanadi.

Azot sanoati rivojini suvsiz umuman tasavvur etib bo'lmaydi. Kimyoviy toza suvning formulasi  $H_2O$  bo'lib, uning molekular massasi 18.0148 uglerod birligiga teng bo'lib, oddiy sharoitda rangsiz, hidsiz, suyuq moddadir. Atmosfera bosimida suyuq suv 273 Kelvin gradusdan past temperaturalarda muzlaydi, undan yuqori temperaturalarda esa bug'lanadi; 373 K da qaynaydi.

Oddiy sharoitda suyuq suvning zichligi  $1 \text{ g/sm}^3$  ni tashkil etadi. Suv kelib chiqish sharoitiga qarab bir necha turlarga bo'linadi: tabiiy suvlar; atmosfera suvi; yer usti suvlari; yer osti suvlari va hokazo; shu munosabat bilan ular tarkibidagi aralashma ko'rinishidagi moddalar va ular miqdorlari ham har xil bo'ladi. Azot sanoatida ular turli tuman yo'llar bilan bu aralashmalardan tozalanib, so'ng ishlatiladi.

Hozirgi zamon kimyo korxonalarida kuniga o'rtacha 1 million kubometr (ya'ni 1 million tonna) gacha suv sarflanadi.

Suv universal xususiyatlarga ega bo'lgan tabiat in'omlaridan biridir. Bog'langan azot texnologiyasida suv bug'i tabiiy va uglevododli gazlarni, uglerod monooksidini oksidlashda, azot oksidlarini absorbsiyalab konsentrlanmagan va konsentrlangan nitrat kislotasi ishlab chiqarishda, konvertirlangan gazlarni har xil aralashmalardan tozalashda, bir qator absorbentlarni suvdagi eritmalarni tayyorlashda, ammiakli suv ishlab chiqarishda, har xil moddalarni sovitish yoki isitishda, suv sovituvchi minora-gradirnyalarda aylanma suv sifatida, vodorod va kislorod olishda qo'llanadi.

Suv Yer kurrasida eng ko'p tarqalgan birikmalardan biri bo'lib, uning Yer yuzidagi umumiy massasi  $1,39 \cdot 10^{18}$  tonnani tashkil etadi. Bu suvlarning asosiy miqdori dengiz va okeanlarga to'g'ri keladi. Gidrosferadagi suvning faqat 0,3% gina foydalanish uchun mumkin bo'lgan chuchuk suvni tashkil etadi. Bu suvlar esa asosan daryo, ko'l, kanal va suv omborlari hissasiga to'g'ri keladi.

Kimyo korxonalarida ishlatilayotgan chuchuk suvlarning ma'lum bir qismi ishlab chiqarishda ro'y berishi mumkin bo'lgan ayrim sharoitlarda har xil kimyoviy birikmalar bilan ifloslanishi mumkin. Bunday salbiy holatlarning oldini olish maqsadida boshqa davlatlardan farqli o'laroq Respublikamizda bir qator davlat ahamiyatiga molik qaror va qonunlar qabul qilingan bo'lib, bu borada sanoat korxonalari, ayniqsa bog'langan azot korxonalarida qattiq nazorat o'rnatilgan. Qo'llanilayotgan tadbirlar natijasida yurtimizda ekologik muhit tobora yaxshilanib bormoqda.

Lekin shuni alohida ta'kidlash kerakki, bog'langan azotning har qanday birikmasini ishlab chiqarish uchun avvalambor aksariyat hollarda xomashyo sifatida birinchi navbatda toza elementar azot kerak. Shu vaqtga qadar va bundan buyon ham elementar toza azotni ishlab chiqarishning eng zamonaviy va samarali usuli — bu o'rta bosim va chuqur sovuqlikni qo'llab, atmosfera havosini suyuqlikka o'tkazish va uni rektifikatsiyalash usuli yordamida azot va kislorodga ajratib ishlab chiqarishdir. Bu usul rivojlangan davlatlardagi singari Respublikamiz kimyo korxonalarida ham keng ishlatilib kelinmoqda.

Barcha xomashyolar kabi bog'langan azot xomashyolarining har biri ham umuman olganda, ma'lum bir baho yoki narxga ega. Ammo bu haqiqatdan farqli o'laroq bog'langan azotning asosiy xomashyolaridan biri — atmosfera havosi shu vaqtga qadar va bundan buyon ham bepul va deyarli cheklanmagan miqdordagi xomashyo turiga kiradi. Atmosfera havosini texnologik jarayon uchun tayyorlash — havoni har xil aralashmalar (chang, dag'al aralashmalar — barglar, qush patlari, qog'oz parchalari, gazzimon aralashmalar — uglerod dioksidi va hokazo) dan tozalash, havoni quvurlar va jihozlar orqali o'tkazish va shu kabilar uchungina ma'lum bir xarajatlar qilinadi, xolos.

Modomiki, yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, atmosfera azotini ishlab chiqarish imkoniyatlari juda katta ekan, bog'langan azotni vodorodli birikmalarini ishlab chiqarish sanoatining xomashyo bazasi asosan xomashyoning ikkinchi turi — vodorod yoki tarkibida vodorodi bor bo'lgan gazni olish uchun qo'llaniladigan yoqilg'i bilan belgilanadi.

XX asrning 50-yillarigacha sobiq SSSR kimyo korxonalarida vodorod ishlab chiqarish uchun asosan qattiq yoqilg'i ishlatib kelingan. Bu jarayon o'z davrida ilg'or usullardan hisoblangan bo'lsa ham,

lekin ishlab chiqarish madaniyati va qurilmalar unumdorligi anchagina past edi. Ammo, XX asrning ikkinchi yarmidan boshlab azot sanoati xomashyolari tarkibida keskin o'zgarishlar ro'y bera boshladi, ya'ni qattiq yoqilg'i ulushi kamayib, aksincha, gazsimon yoqilg'i, ya'ni tabiiy va yo'ldosh gazlar ulushi ortib bordi. Buni 2.3-jadvaldan ham ko'rish mumkin.

2.3-jadval

### AZOT SANOATI XOMASHYO BAZASI TUZILISHINING O'ZGARISHI

T/r	Xomashyo turlari	Xomashyo bo'yicha yoqilg'ining yillar bo'yicha ulushi, %				
		1960	1965	1970	1975	1982
1.	Qattiq yoqilg'i (toshko'mir, koks)	32,0	15,9	10,4	5,7	1,8
2.	Koks gazi	32,1	18,2	14,2	11,7	3,6
3.	Tabiiy va yo'ldosh gazlar	16,3	59,9	72,3	79,6	93,0
4.	Boshqa gazlar	19,3	6,0	3,1	3,0	1,6

Bunday o'zgarish hozirgi davrda ham faol davom etib, xomashyo sifatida asosan, gazsimon yoqilg'ilar ishlatilmoqda.

Endi gazsimon xomashyolardan qaysi biri ko'proq samarali ekanligini bilish uchun quyidagi 2.4-jadvalga nazar tashlaymiz.

2.4-jadval

### UGLEVODORODLI GAZLARNING O'RTACHA TARKIBLARI, (h. %larda)

T/r	Gaz	Metan va uning gomologi	Olefinlar	H <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
1.	Tabiiy gaz	95—98	0—0,04	—	—	0,1—2,0	1—4
2.	Neftni qazib chiqarish yo'ldosh gazlari	54—65	22—32	—	—	—	12—13
3.	Mazutni gazifikatsiyalashdan keyingi gazlar	0,2—0,3	—	43—47	37—46	3—13	0,2—0,3
4.	Koks gazlari	24—28	1,5—3,0	55—62	5—8	2—3	3—5
5.	Metan pirolizi va asetilenni ajratib olingandan keyingi sintez-gaz	5—8	—	55—63	27—30	3—5	1,5—2,0

Jadvaldan ko‘rinadiki, tarkibida metan va uning gomologlari eng ko‘p bo‘lgan gaz bu — tabiiy gazdir. Vodorod va bog‘langan azot ishlab chiqarish uchun ham 2.4-jadvalda keltirilgan gazlar orasidan tabiiy gazni ko‘rsatish mumkindir, chunki 1 kg mol metanga 2 kg mol suv bug‘i ta‘sir ettirib, 4 kg mol vodorod ishlab chiqarish mumkin (3-bobga qaralsin).

Shuning uchun ham, bog‘langan azot korxonalarida hozirgi vaqtda vodorod ishlab chiqarish uchun asosan tabiiy va yo‘ldosh gazlarni suv bug‘i bilan qayta ishlab (kimyo korxonalarida bu jarayonni konversiya deb yuritiladi) olish usuli keng qo‘llanib kelinmoqda. Qisman vodorodni esa suvni yoki osh tuzi NaCl ning suvdagi eritmasini doimiy elektr toki ta‘sirida parchalab (bu jarayonni elektroliz jarayoni deb yuritiladi) olish qo‘llanadi.

Bu usullar bilan vodorod ishlab chiqarish texnologiyasi nisbatan oddiyroq bo‘lsa-da, ammo yildan yilga tabiiy gaz va neft zaxiralari-ning tobora kamayib borishi garchand bizning Respublikamizda unchalik sezilmasa-da, lekin ular zaxiralari dunyoda kamayib ketayotganligi hamda ularni qazib oluvchi mamlakatlarda sodir bo‘layotgan har xil notinch vaziyatlar gaz va neftning narxini kundan kunga oshib ketishiga olib kelmoqda. Ma‘lumotlarga qaraganda hozirgi kunda neftning narxi jadallik bilan qimmatlashib bormoqda va bir barel neftning narxi 2006-yili ayrim oylarda jahon bozorida 75—78 AQSH dollarigacha ko‘tarilgan.

Bunday vaziyatda yaqin keljakda xomashyoning dastlabki an‘anaviy turi — qattiq yoqilg‘i — ko‘mirni qo‘llab vodorod olish masalasini yana qaytadan rivojlantirishga to‘g‘ri keladi.

Bu yo‘nalishda Respublikamiz ilmiy tekshirish va loyihalashtirish institutlarida Markaziy Osiyoda yirik Angren va boshqa ko‘mir havzalarida ko‘mir qazib olish hajmini yanada ko‘paytirish va uni kokslab, hosil bo‘ladigan koks gazidan vodorod ishlab chiqarishni tashkil etish bo‘yicha bir qator ijobiy ishlar olib borilmoqda.

Yuqorida bayon etilganlardan kelib chiqadiki, Respublikamiz bog‘langan azot korxonalarida vodorod ishlab chiqarish uchun zaruriy xomashyolarning barcha turi bilan, nafaqat hozirgi vaqtda, balki kelajakda ham yetarli miqdorda ta‘minlangandir.

## **2.7. BOG‘LANGAN AZOT ISHLAB CHIQARISH KO‘LAMLARI VA O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASIDAGI KORXONALARI**

Bog‘langan azot har xil ko‘rinishda bo‘lishi mumkin. Bog‘langan azot ishlab chiqarishning ko‘lamlari va bog‘langan azot olishning har xil usullari rivojini 2.6-jadvaldan ko‘rish mumkin.

Quyidagi 2.5-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar fikrimizni yana bir marta isbotlaydi.

2.5-jadval

**AMMIK ISHLAB CHIQRISH XOMASHYO TUZILISHI, %larda**

T/r	Xomashyolar	Yillar	
		1975	1980
1.	Tabiiy va yo'ldosh gazlar	79,6	92,2
2.	Koks gazi	11,7	5,3
3.	Koks va ko'mir	5,7	1,5
4.	Boshqa xomashyolar	3,0	1,0

2.5-jadvaldan ko'rinib turibdiki, tabiiy va yo'ldosh gazlarni ammiak sintezi uchun qo'llash ortib bormoqda, qolgan xomashyolarni qo'llash esa, aksincha, kamayib boryapti. Bu tendensiya hozirgi davrda ham yanada ortib bormoqda. Tabiiy va yo'ldosh gazlarni asosiy xomashyo sifatida ammiak sintezida qo'llanishining sabablari-dan yana biri nisbatan kam energiya talab qilishi va yuqori samara-dorligidir.

2.6-jadval

**XORIJIY DAVLATLARDA BOG'LANGAN AZOT ISHLAB CHIQRISH HAJMI, MING TONNA HISOBIDA**

Yillar	Tabiiy azot (selitra ko'rinishida)	Azot tosh-ko'mirdan (ammiak ko'rinishida)	Sintetik azot, usullar bo'yicha			Jami
			Yoyli	Siana-midli	Ammi-akli	
1903	239,1	112,9	—	—	—	352,0
1906	290,3	149,7	—	0,1	—	440,1
1907	294,4	187,1	0,2	0,3	—	482,0
1912	413,2	252,0	8,9	25,7	—	699,8
1914	394,6	257,9	15,9	41,7	11,0	720,9
1923	208,9	324,4	29,2	102,2	218,8	981,6
1929	529,2	440,5	16,8	254,1	1121,8	2362,4
1932	71	295	—	168	1130	1664
1948	280	500	—	209	2622	3611
1960	185	653	—	331	11843	13012
1965	135	800	—	310	18775	20000
1975	110	1100	—	300	58600	60100

Hozirgi vaqtda bog'langan azotning umumiy miqdorida tabiiy manbalardan olinayotgan bog'langan azot bir foizdan kamrog'ini, ko'mirni kokslashda olinayotgani esa 4% dan kamrog'ini tashkil etadi. Yoy usuli bo'yicha elementar azotni bog'lash o'zining samarasizligi tufayli 1932-yildayoq sanoat miqyosidan siqib chiqarilgan. Sianamid usuli bo'yicha bog'langan azot ishlab chiqarish faqat ayrim mamlakatlardagina saqlanib qolingan, chunki u korxonalar kalsiy sianamididan bir qator birikmalar (kalsiy sianidi  $\text{Ca}(\text{CN})_2$ , natriy sianidi  $\text{NaCN}$ , ozod sianamid  $\text{H}_2\text{CN}_2$ , disianamid ( $\text{H}_2\text{CN}_2$ )<sub>2</sub>, tiomochevina  $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$  va boshqalar) ishlab chiqarishga ixtisoslashgan.

1930-yillardan boshlab bog'langan azotni ishlab chiqarishning asosiy usuli bo'lib elementar va toza azot va vodoroddan ammiakni sintez qilish 2.6-jadvaldan ko'rinib turibdiki, bog'langan azotni ishlab chiqarishda ammiakli usul ulushi hozirgi vaqtda 97% dan anchagina oshib ketgandir. Ayrim mamlakatlarni ammiak ishlab chiqarishdagi ulushlari 2.7-jadvalda ko'rsatilgan.

2.7-jadval

**AMMIK ISHLAB CHIQRISH BO'YICHA  
BUTUN DUNYO UMUMIY QUVVATIDA AYRIM  
MAMLAKATLAR ULUSHLARI, %**

T/r	Mamlakatlar	Yillar				
		1960/71	1975/76	1980/81	1981/82	1985/86
1.	Sobiq SSSR	15,7	18,9	22,9	23,1	22,5
2.	AQSH	23,3	19,7	16,3	15,4	13,0
3.	Xitoy	4,0	5,5	8,1	7,7	7,4
4.	Hindiston	2,8	4,0	5,5	5,6	7,0
5.	Ruminiya	2,2	2,7	3,5	3,7	3,2
6.	GFR	5,2	3,9	2,6	2,5	2,3
7.	Fransiya	5,0	3,7	2,9	2,7	2,3
8.	Yaponiya	5,7	5,1	2,5	2,4	2,0

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, dunyo bo'yicha ammiak ishlab chiqarishda sobiq SSSR ning ulushi yildan yilga oshib borgan bo'lsa, aksincha, dunyoning eng rivojlangan davlatlaridan biri AQSH da,



bu ko'rsatkich deyarli 2 marotabaga pasaygan, Xitoyda esa deyarli 2 marotaba ortgan.

Mamlakatimizning kimyo korxonalarida esa bog'langan azot ishlab chiqarish yildan yilga ortib bormoqda. Respublikamiz va Markaziy Osiyoda sintetik ammiak ishlab chiqaradigan birinchi korxonalar — Chirchiq elektr-kimyo kombinati 1940-yil 6-noyabrda ishga tushirilgan. Keyinchalik esa Navoiy kimyo kombinati, Farg'ona azot o'g'itlar ishlab chiqarish zavodlari qurilgan. Ular hozirgi davrda zamonaviy ochiq turdagi aksiyadorlik jamiyat (OAJ)larga aylanganlar. Bu korxonalar hozirda dunyodagi yirik kimyo korxonalarini bilan o'zining kattaligi, ishlab chiqarish quvvatlarining zamonaviyligi va yuqori texnik madaniyati bilan bema'lol raqobatlasha oladi. Bu korxonalarda yirik birlamchi quvvatga, ya'ni kuniga 600 t, 1360 t sintetik ammiak ishlab chiqaradigan kuchli avtomatlashtirilgan qurilmalar ishlab turibdi.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Atmosfera havosidagi azotni bog'lashning qanday turlari va usullarini bilasiz?
2. Kalsiy sianamidi qanday modda va uni elementar azotni bog'lashdagi ahamiyatini tushuntirib bering.
3. Bog'langan azot ishlab chiqarish xomashyolarini qanday turlarini bilasiz.
4. O'zbekiston Respublikasidagi bog'langan azot ishlab chiqaradigan qanday korxonalar bor?

### 3-BOB

## ATMOSFERA HAVOSIDAN AZOT VA KISLOROD ISHLAB CHIQRISH

### 3.1. HAVONI AJRATISH USULLARI

Azot va kislorodni hozirgi davrda atmosfera havosini siqib va sovitib, suyuqlikka aylantirib, so'ngra har xil usullardan birini qo'llab, ajratib ishlab chiqariladi.

Atmosfera havosi ko'p komponentli gazlar aralashmasidan iborat bo'lib, suv bug'idan quritilgan havoning to'liq tarkibi 3.1-jadvalda keltirilgan.

3.1-jadval

#### QURITILGAN HAVO TARKIBI

T/r	Gazlar	Kimyoviy formulasi	Hajmiy, %	Og'irlik, %
1.	Azot	N <sub>2</sub>	78,09	75,52
2.	Kislorod	O <sub>2</sub>	20,95	23,15
3.	Argon	Ar	0,932	1,2862
4.	Uglerod dioksidi	CO <sub>2</sub>	0,03	0,046
5.	Geliy	He	0,00051	0,00007
6.	Neon	Ne	0,000161	0,0012
7.	Kripton	Kr	0,000108	0,0003
8.	Vodorod	H <sub>2</sub>	0,00005	0,0000036
9.	Ksenon	Xe	0,000009	0,00004
10.	Ozon	O <sub>3</sub>	0,000001	0,000001

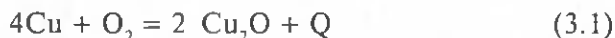
Atmosfera havosi tarkibida juda oz miqdorda bu gazlardan tashqari metan, azot monooksidi va boshqa gazlar ham bo'lishi mumkin. Ammo, texnik hisoblarda quritilgan havoning o'rtacha tarkibini (h) 79% azot va (h) 21% kisloroddan iborat deb qabul qilingan.

Demak, amaliyotda quruq havoni azot va kisloroddan tashkil topgan binar gaz aralashmasi deb hisoblash mumkin. Bunday shartli holat havoni uni tashkil etuvchi komponentlarga ajratishdek murakkab jarayonni anchagina soddalashtirishga olib keladi.

Havoni ajratishni asosiy murakkabligi shundan iboratki, suyuq azot va kislorodlarni atmosfera bosimida qaynash temperaturalari

mos ravishda 77,39 K va 90,19 K ga teng bo'lib, ular orasidagi farq juda kichik ya'ni 12,8 K gagina tengdir, xolos.

Yuqoridagilarni e'tiborga olib, havoni ajratishning quyidagi tur va usullarini taklif etish mumkin. Bu turlar ikki xilga bo'linadi: a) kimyoviy tur; b) fizik tur. Kimyoviy tur bo'yicha havoni ajratishda uning komponentlaridan birini bironta (absorbent yoki adsorbent) modda bilan kimyoviy reaksiyaga kiritish orqali o'ziga biriktirib olib, gaz fazasida esa havoning ikkinchi komponenti qoladi. Bu turga misol tariqasida havodagi kislorodni qizdirilgan mis bilan yuqorida bayon qilingan kimyoviy reaksiyasini ko'rsatish mumkin:



Bu reaksiya bo'yicha gaz fazasida deyarli toza azot qoladi. Yoki havodagi kislorodni organik birikma — piragallolni ishqordagi eritmasi orqali yuttirib, gaz fazasida ozod elementar azotni qoldirish va hokazolar. Bu tur texnologik jihatdan nisbatan sodda bo'lsa ham, ammo iqtisodiy samaradorligi jihatdan anchagina pastdir. Shuning uchun ham, bu tur amaliyotda ishlatilmaydi.

Havoni ajratishning fizik turiga quyidagi usullarni kiritish mumkin:

- a) paramagnitli usul;
- b) markazdan qochma kuch usuli.
- d) adsorbsiya usuli;
- e) diffuziya usuli;
- f) havoni fraksiyaviy kondensatsiyalash usuli;
- g) suyuq havoni bug'latish usuli;
- h) suyuq havoni rektifikatsiyalash usuli.

Paramagnitli usulda azot va kislorodni magnitlanish xususiyatlari har xilligidan foydalanish ko'zda tutilgan. Markazdan qochma kuch usulida azot va kislorodni zichliklari har xil, ya'ni temperatura 273 K va bosim 0,1 MPa ga teng bo'lgan sharoitda mos ravishda 1,25 g/l va 1,44 g/l bo'lganligidan foydalaniladi. Bu usulga ko'ra gaz holdagi havo silindrik idishga katta tezlikda urinma holda berilganda kislorod idishning tashqi devori orqali, nisbatan yengilroq komponent azot esa idishning o'rtasidan olinishi mo'jallangan edi.

Adsorbsiya usulida seolitlar, ya'ni molekular elaklarda havoni ajratish rejalashtirilgan. Diffuziya usuli esa yarim o'tkazgichli to'siq-lar — membranalar orqali havo komponentlarini har xil tezlikdagi diffuziyasiga asoslangan.

Havoni fraksiyaviy kondensatsiyalash usulida havoni asta-sekin sovitilishi natijasida birinchi bo'lib uning yuqori temperaturada qaynovchi komponenti, ya'ni kislorod kondensatlanib, so'ng esa nisbatan pastroq temperaturada qaynovchi komponenti, ya'ni azot kondensatlanib, alohida-alohida suyuqlikka o'tishlari va bu hosil bo'lgan suyuqliklarni

alohida-alohida bug'latib, toza kislorod va azot olish maqsadi qo'yilgan edi. Suyuq havoni fraksiyaviy bug'latish usulida suyuq havoni sekin-asta isitilsa, past temperaturada qaynovchi komponenti, ya'ni azot birinchi bo'lib, keyin esa yuqori temperaturada qaynovchi komponent, ya'ni kislorodni bug' fazasiga o'tkazilishi ko'zda tutilgan edi.

Suyuq havoni rektifikatsiyalash usuli tarelkali vertikal minoralarda amalga oshirilib, suyuq havo asta-sekin isitilganda u bug'lanadi. Bu jarayonda birinchi bo'lib, past temperaturada qaynovchi komponent, ya'ni azot asosan, bug'lanadi. Lekin, bu vaqtda nisbatan yuqori temperaturada qaynovchi kislorod ham qisman bug'lanadi, chunki ularning qaynash temperaturalari bir-biriga juda yaqin. Bu bug' aralashmasi minoraning pastki qismidan hisoblanganda birinchi tarelkadagi suyuq azot va suyuq kisloroddan iborat suyuq havo bilan uchrashadi. Bu vaqtda nisbatan yuqori temperaturada bo'lgan azot va kislorod bug'lari bilan uchrashadi. Buning natijasida kislorod bug'lari kondensatlanib, minoraning pastiga oqib tushadi. Bu kondensatlanish issiqligi hisobiga tarelkadagi suyuq azot esa bug'lanib, minorani pastidan kelayotgan azot bug'lari bilan qo'shib, yuqori tarelka, ya'ni pastdan ikkinchi tarelkaga o'tadi. U yerda ham va boshqa tarelkalarda ham birinchi tarelkadagidek jarayon qaytarilaveradi.

Bu usullarning mazmuniga ko'ra tahlili shuni ko'rsatadiki, paramagnitli va markazdan qochma kuch usullarini hozirgi vaqtda qo'llab bo'lmaydi, chunki bu usullarda nisbatan katta elektr energiyasi sarflanadi, adsorbsiya va diffuziya usullari bo'yicha ilmiy va amaliy ishlar uzil-kesil tugallangan emas va ularda iqtisodiy va texnologik qulay sharoitlarni topish bo'yicha ishlar davom ettirilmoqda. Havoni fraksiyaviy kondensatsiyalash va suyuq havoni fraksiyaviy bug'latish usullarini ham havoni ajratish uchun qo'llab bo'lmaydi, sababi — azot va kislorodlarni qaynash temperaturalari bir-biriga juda yaqin bo'lganligi uchun ikkala usulda ham toza azot yoki kislorod o'rniga qisman kislorod bilan aralashgan azot va qisman azot bilan aralashgan kislorod olinadi. Shunday qilib, Respublikamizdagi kimyo korxonalarida havoni ajratish uchun hozirgi vaqtda yagona usul — ya'ni suyuq havoni rektifikatsiyalash usuli qo'llanadi. Ammo bu usulni amalga oshirish uchun havoni avvalambor suyuqlikka o'tkazish lozim, buning uchun esa chuqur sovuqlik ishlatish talab etiladi.

### **3.2. SOVUQLIKNI OLISHNING NAZARIY ASOSLARI**

Havoni ajratish jarayonida qo'llanadigan sovuqlikni uch xilga bo'lish mumkin:

a) o'rtacha sovuqlik — bunda temperatura 228 K gacha bo'lishi mumkin;

b) mo'tadil sovuqlik — bunda temperatura 228 K dan 173 K gacha bo'lishi mumkin;

d) chuqur sovuqlik — bunda temperatura 173 K dan pastroq, ya'ni nol K gacha bo'lishi mumkin.

Dunyodagi eng past temperatura 0 K ga teng bo'lib, buni texnik adabiyotlarda Kelvinning nol gradusi deb ham yuritiladi.

Texnikada 120 K dan past temperaturani kriogen texnika deb qabul qilingan.

Bizning nazarimizda sovuqlik olishning 2 turi bo'lishi mumkin:

a) kimyoviy tur; b) fizikaviy tur.

Kimyoviy turga barcha endotermik reaksiyalarni, ya'ni issiqlikni yutish usuli bilan ketadigan barcha kimyoviy reaksiyalarni misol qilib ko'rsatish mumkin.

Ammo, bu turni havoni ajratish jarayonida qo'llab bo'lmaydi, chunki: 1) kimyoviy tur bilan o'rtacha sovuqlik hosil qilish mumkin, xolos; 2) bu tur texnologik jihatdan soddaroq bo'lgani bilan, iqtisodiy jihatdan samarasi ancha pastdir. Fizik tur bo'yicha sovuqlik olish bir necha usullarga bo'linishi mumkin.

**1-usul** bu — suyuq moddalarni bug'latish usuli. Bu usulda shuni ta'kidlash lozimki, suyuqlik modda sifatida qanday modda ishlatilishiga va bug'latish sharoitiga qarab o'rtacha sovuqlik (suyuq ammiak va hokazolar), mo'tadil sovuqlik va chuqur sovuqliklar (suyuq havo, suyuq kislorod, suyuq azot va hokazolar) hosil qilish mumkin.

Ammo, suyuq havo, kislorod va azot ishlab chiqarish uchun avvalambor chuqur sovuqlik kerak. Shunday qilib, bug'latish usulini chuqur sovuqlik olish uchun ishlatish mantiqqa to'g'ri kelmaydi, chunki har qanday jarayonda bo'lgani kabi bug'latish usulida ham amaliyotda bir qism sovuqlik atrof muhitga doimo yo'qolib turadi; bu yo'qolishni to'ldirib turish uchun esa chuqur sovuqlik olishning boshqa usullaridan foydalanmoqlik kerak.

**2-usul** bu — siqilgan havoni drossellash, ya'ni izoentalp kengaytirish usuli va **3-usul** — bu siqilgan havoni izoentrop kengaytirish usuli.

Amaliyotda hozirgi kunda bu ikkinchi va uchinchi usul, uning har xil variantlari chuqur sovuqlik olish uchun keng qo'llanmoqda.

Nazariyotda barcha gazlar ikki xildan, ya'ni ideal va real gazlardan iboratdir, deb qabul qilingan.

Ideal gaz deb, shunday xayoliy gazga aytiladiki, uning atom va molekulalari o'zaro tortish va itarish kuchlariga hamda o'zining xususiy hajmiga ega bo'lmagan gazga aytiladi.

Real gaz deb, aksincha, atom va molekulalari orasida ma'lum bir itarish va tortish kuchiga hamda o'zining xususiy hajmiga ega bo'lgan, tabiatda haqiqiy mavjud bo'lgan gazga aytiladi.

Ideal gazlar quyidagi qonunlarga bo'ysunadilar:

1) 1662-yilda Boyle va 1672-yilda Mariott tomonidan bir-biridan bexabar holda kashf etilgan qonun temperatura doimiyligida, ya'ni  $T = \text{const}$  bo'lganda, matematik jihatdan quyidagi tenglama bilan ifoda etilgan

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \quad (3.2)$$

2) 1787-yilda kashf etilgan Sharl qonuni, bosim doimiy, ya'ni  $P = \text{const}$  bo'lganda, quyidagi tenglama bilan ifoda etilgan:

$$V = V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)_{P = \text{const}} \quad (3.3)$$

3) 1802-yilda kashf etilgan Gey-Lyussak qonuni, hajm doimiyligida, ya'ni  $V = \text{const}$  bo'lganda, quyidagicha ifoda qilingan:

$$P = P_0 (1 + \alpha \cdot t)_{V = \text{const}} \quad (3.4)$$

Bu tenglamalarda:  $t$ ,  $T$  — temperatura, mos ravishda  $^{\circ}\text{C}$  va  $K$  o'lchamlarda,  $V_1$ ,  $P_1$  lar ideal gazning boshlang'ich holatdagi,  $V_2$ ,  $P_2$  lar esa, ideal gazning ikkinchi holatdagi hajmi va bosimidir, mos ravishda  $l/\text{mol}$  yoki  $\text{m}^3$  va  $\text{mm}$  simob ustuni yoki  $\text{MPa}$  o'lchamlarda.

$\alpha$  — gazning kengayish koeffitsienti;

$\beta$  — gazning elastiklik koeffitsienti; (qavsdan keyingi  $P$  va  $V$  indekslar shu parametrlarning o'zgarmas ekanligini ko'rsatadi).

Ideal gaz uchun

$$\alpha = \beta = \frac{1}{273,16} = 0,0036608 \text{ ga teng} \quad (3.5)$$

Yuqoridagi (3.1)—(3.4) tenglamalar asosida Boyle-Mariott qonunini quyidagicha ifodalash mumkin: ma'lum miqdordagi va o'zgarmas temperaturadagi gazning bosimini hajmiga ko'paytmasi qiymati o'zgarmasdir; Sharl qonuni quyidagicha ta'riflanadi: gaz o'zgarmas bosimda bir gradusga isitilsa, uning hajmi boshlang'ich hajmining  $\frac{1}{273,16}$  qismiga kengayadi.

Gey-Lyussak qonuni esa quyidagicha ta'riflanadi: gaz o'zgarmas hajmda bir gradusga isitilsa, uning bosimi boshlang'ich bosimining  $\frac{1}{273,16}$  qismiga ortadi.

Bu qonunlar asosida ideal gazning holat tenglamasini turli vaqtda, xususan, Klayperon 1834-yilda va D.I.Mendeleyev 1874-yili kashf etganlar. Mendeleyev-Klayperon tenglamasi bir gramm-molekula gaz uchun quyidagicha:

$$P \cdot V = R \cdot T \quad (3.6)$$

yoki  $n$  gramm-molekula gaz uchun esa:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (3.7)$$

ifoda etiladi.

Ammo kritik temperaturaga yaqin past temperatura va yuqori bosim sharoitlarida yuqorida bayon qilingan ideal gaz qonunlari real gazlar holatini aniqlashda katta xatoliklarga olib keladilar. Chunki real gazlar o'z molekulari orasida tortish va itarish kuchlarining borligi va molekularining xususiy hajmiga ega ekanligi jihatidan ideal gazlardan farq qiladilar. Shuning uchun, real gazlarni holatini belgilovchi asosiy o'lchamlar — bosim, hajm va temperaturasini aniqlashda eng qulay bo'lgan Van-der Vaals tenglamasini qo'llash maqsadga muvofiqdir:

$$\left( P + \frac{a}{V^2} \right) \cdot (V - b) = R \cdot T, \quad (3.8)$$

bu yerda:  $P$ ,  $V$ ,  $T$  — gaz bosimi, hajmi, temperaturasi, mos ravishda

MPa,  $\frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$ , K o'lchamlarda;

$R$  — universal gaz doimiysi, 8.31 kJ/mol/grad;

$b$  — real gazning xususiy hajmi,  $\text{sm}^3$ .

$$b = \frac{1}{3} \cdot V_k \quad (3.9)$$

$\frac{a}{V^2}$  — real gaz molekularini o'zaro tortish kuchini e'tiborga oluvchi tuzatish soni (ya'ni, gazning ichki bosimi);  
 $a$  — real gaz molekularining ichki bosimi, MPa.

Moddani kritik nuqtadagi holati parametrlari kritik bosim  $R_k$ , kritik hajm  $V_k$  va kritik temperatura  $T_k$  bilan belgilanadi. Bu kritik o'lchamlar Van-der Vaals doimiylari yordamida quyidagi tenglamalar orqali hisoblanishi mumkindir:

Kritik bosim:

$$P_k = \frac{a}{27 \cdot b^2} \quad (3.10)$$

Kritik hajm:

$$V_k = 3 \cdot b \quad (3.11)$$

Kritik temperatura:

$$T_k = \frac{8 \cdot a}{27 \cdot R \cdot b} \quad (3.12)$$

Agarda, o'zgaruvchi bosim, hajm va temperatura —  $P$ ,  $V$  va  $T$  parametrlari o'rniga ularning keltirilgan miqdorlari:

keltirilgan bosim

$$\pi = \frac{P}{P_k} \quad (3.13)$$

Keltirilgan hajm:

$$\varphi = \frac{V}{V_k} \quad (3.14)$$

Keltirilgan temperatura:

$$\tau = \frac{T}{T_k} \quad (3.15)$$

ya'ni bosim  $R$ , hajm  $V$  va temperatura  $T$  ni ularni kritik nuqtadagi miqdorlariga (3.10)—(3.12) tenglamalarda ifoda etilgan nisbatlari kiritilsa, Van-der Vaalsning real gazlar uchun keltirilgan holat tenglamasini hosil qilish mumkin:

$$\left( \pi + \frac{3}{\varphi^2} \right) \cdot (3 \cdot \varphi - 1) = 8 \cdot \tau \quad (3.16)$$

Real gazni kritik temperaturadan yuqori temperaturalarda har qanday bosim qo'llanganda ham suyuqlikka o'tkazib bo'lmaydi.

Real gazlarning ideal gazlardan yana bir farqi shuki, real gazlar o'ta qizdirilgan bug' bo'lib, ularning har biri temperaturaning pasayishi bilan kondensatlanib, suyuqlik yoki kristallga aylanishi mumkin.

Past temperatura, ya'ni chuqur sovuqlik olishning hozirgi vaqtda, yuqorida aytib o'tilganidek, ikki xil: siqilgan gazlarni drossellash va tashqi ish bajarish bilan kengaytirish usuli bordir.

Drossellash deb, siqilgan gazlarni izoentalp  $I = \text{const}$ , ya'ni entalpiyasi doimiy bo'lgan sharoitda tashqi ish bajarmay to'satdan kengayishi natijasida temperaturaning o'zgarishiga aytiladi. Drossellash jarayoni qaytmasdir.

Real gazlarni drossellashda ularning temperaturalari o'zgarishi miqdorlarini deyarli bir vaqtda birinchi bo'lib Joule va Tomson topdilar.

Ideal gazlarni drossellaganda ikki xil, ya'ni differensial va integral effekt sodir bo'lishi mumkin.

Joule-Tomsonning differensial effekti deb, bosimlarni cheklanmagan juda kichik miqdorda o'zgarishi natijasida gaz temperaturasining o'zgarishiga aytiladi va u quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$\alpha_i = \left( \frac{\partial T}{\partial P} \right)_{i=\text{const}} \quad (3.17)$$



Amaliyotda differensial effekt deb, bosimni 0,1 MPa (ya'ni, 1 atmosfera) ga pasaytirganda temperaturaning o'zgarishiga aytiladi.

Atmosfera havosi uchun bu miqdor  $\alpha_i = \frac{1}{4} \cdot K$  ga tengdir.

Real gazlarni drossellashdagi integral effekti deb, siqilgan gazlarni to'satdan katta farqdagi bosim bilan entalpiya doimiyligida tashqi ish bajarmay kengayishi natijasida temperaturaning o'zgarishiga aytiladi:

$$T_2 - T_1 = \int_{P_1}^{P_2} \alpha_i \cdot dP = \int_{P_1}^{P_2} \left( \frac{\partial T}{\partial P} \right)_i \cdot dP \quad (3.18)$$

Gazning dastlabki temperaturasi va drossellash jarayonida uning bosimi pasaytirilganda Joule-Tomsonning differensial effekti ortadi.

Joule-Tomson effekti nolga teng bo'lgan nuqta inversiya nuqtasi deb ataladi, ya'ni

$$\alpha_i = 0 \quad (3.19)$$

Ikki inversiya nuqtasi mavjuddir — ya'ni yuqori va pastki inversiya nuqtalari. Har bir gaz uchun inversiyaning shunday maksimal temperaturasi bordirki, undan yuqori temperaturada drossellash effekti doimo manfiydir, ya'ni drossellash natijasida gaz sovish o'rniga isib ketadi. Shunday qilib, drossellash natijasida uni sovitishga erishish uchun gazni drossellash ventiligacha bo'lgan dastlabki temperaturasi inversiyaning yuqori nuqtasidan past bo'lmog'i kerak.

Shuni ham ta'kidlamok kerakki, har bir keltirilgan bosim

$$\pi = \frac{P}{P_k} \quad (3.20)$$

uchun inversiyaning ikki nuqtasi mavjuddir: yuqori nuqtasi — gaz sohasi uchun va pastki nuqta — suyuqlik sohasi uchundir.

Amaliyotda suyuq havo olish uchun zarur bo'lgan chuqur sovuqlik hosil qilishda siqilgan havoni drossellash natijasida uning temperaturasini pasaytirishga erishish alohida ahamiyat kasb etadi.

Havoni bizni qiziqtiradigan manfiy temperaturalar sohasida boshlang'ich bosimi  $R_2 = 20-30$  MPa dan oxirgi atmosfera bosimi  $R_1 = 0,1$  MPa yoki qandaydir oraliq bosimgacha drossellash natijasida gazni temperaturasi pasayishini kuzatish mumkindir.

Havoni suyuqlikka aylantirish uchun faqat dastlab siqilgan havoni drossellashni qo'llashni o'zi yetarli emasdir va bu jarayonni texnik jihatdan amalga oshirish deyarli mumkin emasdir. Chunki buning uchun hisob-kitoblarga qaraganda havoni juda yuqori bosim —

45000 MPa gacha siqish talab etiladi, shuning uchun texnikada drossellanish jarayoni issiqlik almashish bilan birga amalga oshiriladi.

Fikrimizning isboti uchun quyidagi 3.2-jadvalga murojaat etamiz.

3.2-jadval

**HAVONI OXIRGI BOSIMI  $R_1 = 0,1$  MPa GACHA  
DROSSELLASH NATIJASIDA UNING TEMPERATURASI ( $\Delta t$ )  
PASAYISHIGA BOSHLANG'ICH BOSIM ( $R_2$ )  
VA BOSHLANG'ICH TEMPERATURANING TA'SIRI**

T/r	Havoning boshlang'ich temperaturasi, K	Havoning boshlang'ich bosimi ( $R_2$ ), MPa			
		5	10	15	20
1.	303	10,3	20,0	27,3	34,0
2.	223	21,9	43,8	61,2	72,7

3.2-jadvaldan havoni drossellanish effekti  $\Delta T$  drossellanishdan avvalgi  $R_2$  va keyingi  $R_1$  bosimlar ayirmasi ( $R_2 - R_1$ ) ga taxminan proporsional ekanligi ko'rinib turibdi.

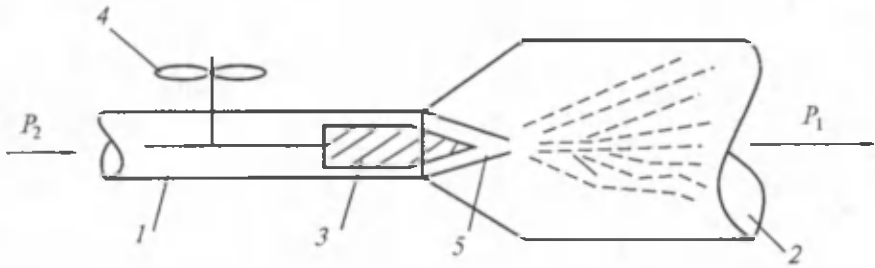
Izotermik sharoitlarda gazni siqish uchun sarflanadigan energiya bosimlar nisbati logarifmiga, ya'ni  $\lg\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$  ga proporsionaldir.

Havoning boshlang'ich bosim  $R_2 = 0,1$  MPa ga drossellagandagi drossellanish effekti xuddi shu havoni  $R_2 = 10$  MPa dan oxirgi bosim  $R_1 = 0,1$  MPa gacha drossellash effektiga qaraganda ikki marotaba ko'p bo'lsa-da, lekin bu jarayondagi energiya sarfi jami bo'lib 15% gagina oshar ekan, xolos.

Bundan kelib chiqadiki, chuqur sovuqlik olish uchun drossellanishga qadar gazning dastlabki boshlang'ich bosimi iloji boricha yuqori bo'lgani ma'qul ekan. Amaliyotda havoni ajratish uchun kerak bo'ladigan chuqur sovuqlikni drossellash usuli bilan hosil qilish uchun havoning boshlang'ich bosimini  $R_2 = 20$  MPa ga teng qilish qo'llanadi. Undan yuqori bosimlarni qo'llash qo'llanadigan kompressor (gazni siqib, bosimini oshirib beruvchi) agregatlarini murakkablashishiga va qimmatlashishiga, oxir-oqibat ishlab chiqarilayotgan sovuqlikning narxi oshib ketishiga olib keladi. Bu salbiy holatga umuman yo'l qo'yib bo'lmaydi.

Drossellanish jarayoni oddiy va arzon jihoz — drossellash ventili (3.1-rasm) da amalga oshiriladi.

Chuqur sovuqlik olishning zamonaviy va yuqori samarali usullaridan biri — siqilgan gazlarni izoentrop kengaytirish usulidir. Gazlarning izoentrop kengayishi deb, siqilgan gazlarni entropiya doimiy-



3.1-rasm. Drossellash ventili:

1 — yuqori bosimli gaz quvuri; 2 — past bosimli gaz quvuri; 3 — konussimon drossel ignasi; 4 — drossel ignasini boshqaruvchi ventili; 5 — drossel ignasi uchun konussimon soplo.

ligida, ya'ni  $S = \text{const}$  sharoitida, tashqi ish bajarish bilan to'satdan adiabatik (ya'ni, sistema tashqi muhit bilan issiqlik almashmaydi) kengayishi natijasida temperaturaning o'zgarishiga aytiladi.

Gazni adiabatik ( $dQ = 0$ ) izoentrop kengayishi natijasida temperatura o'zgarishining differensial effekti quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$d_s = \left( \frac{\partial T}{\partial P} \right)_s \quad (3.21)$$

Gazlarning izoentrop kengayishi tuzilishi jihatdan ancha murakkab bo'lgan detander deb ataladigan porshenli mashinalarda yoki turbomashinalarda amalga oshiriladi. Havoning kengayishi amalga oshirilayotgan detanderning ishi havoning detanderga kirish va chiqishdagi entalpiyalari ayirmasiga tengdir:

$$L = (i_{kir} - i_{chiq}), \text{ kJ/kg} \quad (3.22)$$

Entropiya o'zgarmagan taqdirda (ya'ni,  $dS = 0$ ) gazning oxirgi temperaturasi quyidagi tenglama orqali hisoblanishi mumkin:

$$T_2 = T_1 \cdot \left( \frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (3.23)$$

bu yerda:  $T_1, T_2$  — gazni kengaymasdan va kengaygandan keyingi temperaturalari K o'lchamida;

$R_1, R_2$  — gazni boshlang'ich va oxirgi bosimlari MPa o'lchamida;

$K$  — adiabatik ko'rsatkichi, o'lchamsiz miqdor.

Gaz bosimining ortishi va temperaturaning pasayishi bilan  $b_s$  ning miqdori kamaya boradi va drossellanish differensial effekti  $b_1$  ga

yaqinlashadi. Ammo  $b_5$  ning qiymati,  $b_1$  dan farqli o'laroq, doimo musbat bo'ladi.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, murakkab va qimmatbaho detander tomonidan hosil qilinadigan sovuqlik effekti oddiy drossellash natijasida olinayotgan sovuqlik effektidan bir necha barobar ko'p. Xuddi shu tufayli, siqilgan gazlarni izoentrop ( $S = \text{const}$ ) kengayishi uning izoentalp ( $I = \text{const}$ ) kengayishiga qaraganda anchagina samaraliroqdir.

Unumdorligi nisbatan kichik bo'lgan havoni ajratish qurilmalarida porshenli detanderlar, yirik unumdorlikka ega bo'lgan havo ajratish qurilmalarida esa turbodetanderlar ishlatiladi.

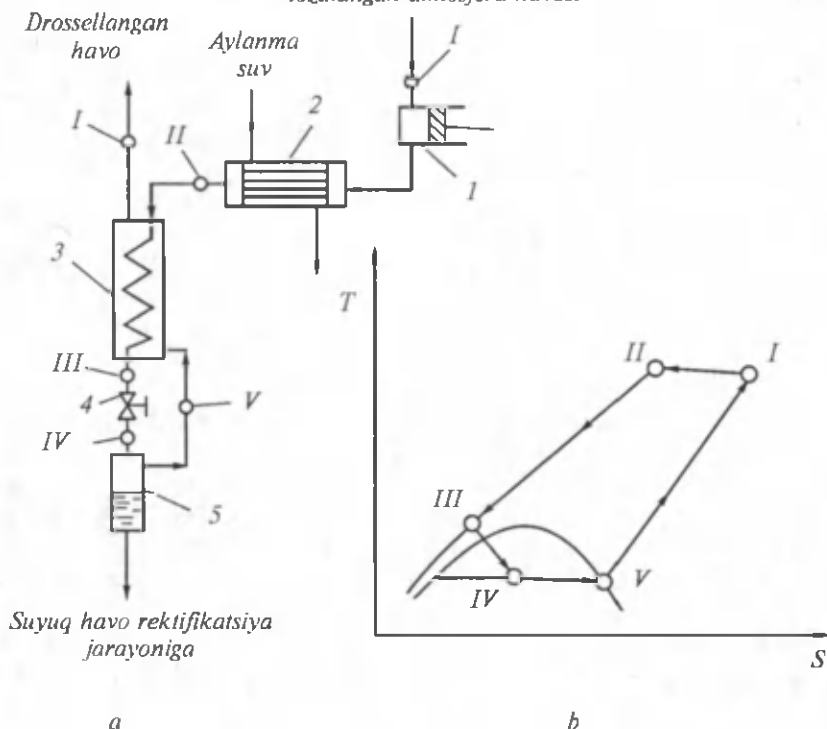
Ammo, past temperaturalarda detanderlarni, ayniqsa, porshenli detanderlarni ekspluatatsiya qilish, ayrim murakkabliklarga olib keladi. Shuning uchun bog'langan azot korxonalarida chuqur sovuqlik olish uchun siqilgan gazlarni izoentrop kengayishi amalga oshadigan agregatlar bilan birga gazlarni izoentalp kengayishini amalga oshiruvchi oddiy drossel effektli agregatlar ham qo'llanadi.

### 3.3. CHUQUR SOVUQLIK QURILMALARI SIKLLARI

Atmosfera havosini uning komponentlari — azot va kislorodga ajratish uchun chuqur sovuqlik kerakdir; chuqur sovuqlik esa amaliyotda har xil sikllarni qo'llash orqali olinadi. Bu sikllarni uch xil guruhga bo'lish mumkin.

#### 3.3.1. Yuqori bosimli hirlamchi drossellash effektidan foydalanuvchi sikl (Linde sikli)

Bunday siklning ishlash prinsipi va uni T-S diagrammasidagi tasviri (a), ifodasi (b) 3.2-rasmda ko'rsatilgan. Atmosfera havosi porshenli kompressor (1) da  $P_2 = 20$  MPa bosimgacha siqiladi va natijada havo isib, temperaturasi ko'tarilib ketadi. Shuning uchun siqilgan havo sovitgich (2) da  $T_1$  temperaturagacha aylanma suv bilan sovitiladi. Bu jarayon 3.2-rasmda va undagi T-S diagrammasida I—II chizig'i bilan belgilangan. Issiqlik almashgich (ya'ni, rekuperator) (3) ni quvurli qismida esa siqilgan havo  $T_2$  temperaturagacha sovitiladi (rasm va T-S diagrammasida mos ravishda II—III chizig'i). So'ngra sovitilgan havo drossellanish ventili (4) orqali  $R_1$  bosimgacha kengayib, drossellanadi. Bu jarayon hisobiga havo suyuqlanish temperaturasi  $T_s$  Kelvin gradusigacha soviydi (III—IV chizig'i). Yig'gich (5) da suyuq havo to'yingan bug' holdagi havo, aniqrog'i



3.2-rasm. Yuqori bosimli birlamchi drossellash sikli (Linde sikli) (a)  
va uni T-S diagrammasidagi ifodasi (b):

1 — kompressor; 2 — sovitgich; 3 — issiqlik almashtirgich; 4 — drossellanish ventili; 5 — yig'gich. I—II — havoni siqish va sovitish; II—III — havoni issiqlik almashtirgich (3) da sovitish; III—IV — havoni drossellash; IV—V — suyuq havoni ajratish; V—I — drossellangan havo komponentlari (azot va kislorod) ning issiqlik almashtirgich (3) da isishi.

uning komponentlari azot va kisloroddan ajratiladi. Bug' holdagi havo komponentlari boshlang'ich temperatura  $T_1$  Kelvin gradusigacha issiqlik almashgich (3) ni quvurlararo qismida o'z sovuqligini siqilgan, lekin hali drossellanmagan havoga berib, isiydi.

Chuqur sovuqlik olish sikllarida rekuperatsiyalanmaslik tushunchasidan keng foydalaniladi.

Rekuperatsiyalanmaslik deb, issiqlik almashgich (rekuperator)ning issiq tomonida unga kirib kelayotgan va undan chiqib ketayotgan gaz oqimlari orasidagi temperaturalar farqiga aytiladi. Odatda, chuqur sovuqlik qurilmalarida rekuperatsiyalanmaslik miqdori issiqlik almashgich qo'llaganda 5—10 K, regeneratrlar qo'llanganida esa 2—4 K ni

tashkil etadi. Yuqori bosimli birlamchi drossellanish sikli sikllar orasida eng soddasi bo'lsa ham, energiya sarfi bo'yicha eng samarasiz sikldir.

Bu sikl, havoni dastlab minus 228 K gacha nisbatan arzon bo'lgan ammiakli sovitish hamda bir qism havoni 12—20 MPa bosimgacha, qolganini esa minimal mumkin bo'lgan bosim 0,6 MPa gacha siqishni kiritib, mukammallashtirilishi mumkin. Natijada yetarli darajada, yuqori samarali drossellash effektiga erishiladi.

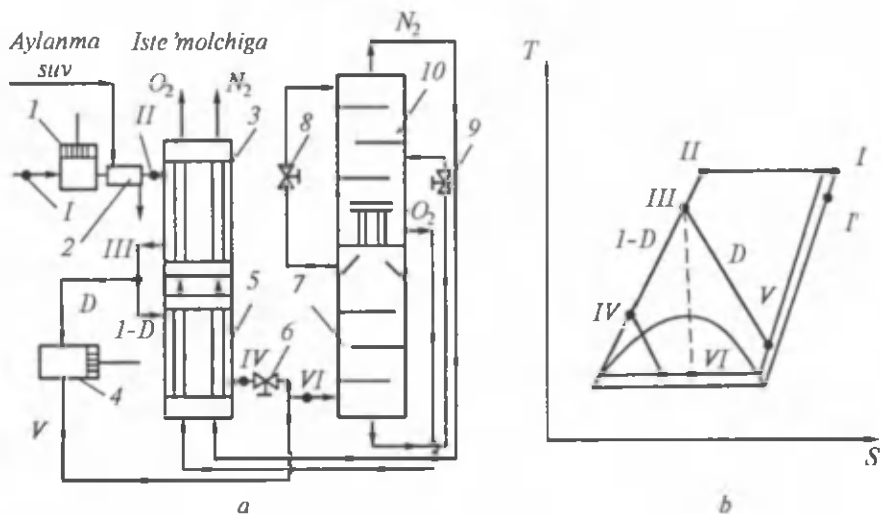
Bunday ikki bosimli va 228 K gacha oraliq sovitishni qo'llaydigan sikl bo'yicha G-6800 tipidagi toza azot olish uchun mo'ljallangan havoni ajratish qurilmalari ishlaydilar. Oraliq ammiakli sovitishni qo'llash hisobiga yuqori bosimli havo miqdori kamayadi, buning hisobiga esa energiyaning solishtirma sarfi ham 10—12% ga kamayadi.

### 3.3.2. Bir qism havoni detanderda kengaytiruvchi o'rta bosimli sikl (Klod sikli)

O'rta bosim (4,0—6,0 MPa) da ishlaydigan bunday siklni sxemasi (a) va T-S diagrammasidagi ishlash tasviri (b) 3.3-rasmda ko'rsatilgan.

Havo porshenli kompressor 1 da 4,0—6,0 MPa gacha siqiladi (T-S diagrammasida I—II chizig'i): siqilish oqibatida havo isiydi va aylanma suv bilan sovitgich (2) da sovitiladi, so'ngra issiqlik almash-tirgich (3) da azot va kislorod bilan  $T_3$  Kelvin gradusgacha sovitiladi (II—III chizig'i). Azot va kislorod issiqlik almash-tirgich (3) dan (nuqta I) chiqib, iste'molchiga yuboriladi. Issiqlik almashgich (3) dan chiqqan havo ikki oqimga bo'linadi.

Havoning D qismdan iborat birinchi oqimi porshenli detander (4) ga yuborilib, u yerda havo tashqi ish bajarish bilan pastki rektifikatsion minora (7) dagi bosim — o'rtacha 0,6 MPa bosimgacha kengayadi (III—VI chizig'i; detanderning foydali ish koeffitsiyentini hisobga olinsa III—V chizig'i), havoning qolgan I-D qismli ikkinchi oqimi esa yo'nalishi bo'yicha ikkinchi issiqlik almash-tirgich (5) ga yuboriladi va u yerda kislorod va azotning qarshi oqimi bilan sovitiladi (III—IV chizig'i). Shundan so'ng sovitilgan bu havo drosselli ventil (6) orqali 40—60 MPa dan 0,6 MPa bosimgacha drossellanib (IV—VI chizig'i), porshenli detander (4) dan 0,6 MPa bosimda kelayotgan havo bilan qo'shib, pastki rektifikatsion minora (7) ning pastki qismiga kiradi va u yerda to'yingan havo bug'i va suyuq havoga ajraladi. To'yingan havo bug'i rektifikatsiya qilinib, minora (7) ning tepa qismida toza suyuq azot hosil qilinadi va u drosselli ventil (8) orqali 0,6 MPa dan 0,13 MPa gacha drossellanib, yuqori rektifikatsion minora (10) ning tepa qismiga yuboriladi.



3.3-rasm. Bir qism havoni detanderda kengaytiruvchi o'rta bosimli sikl (Klod sikli) (a) va uni T-S diagrammasidagi ifodasi (b):

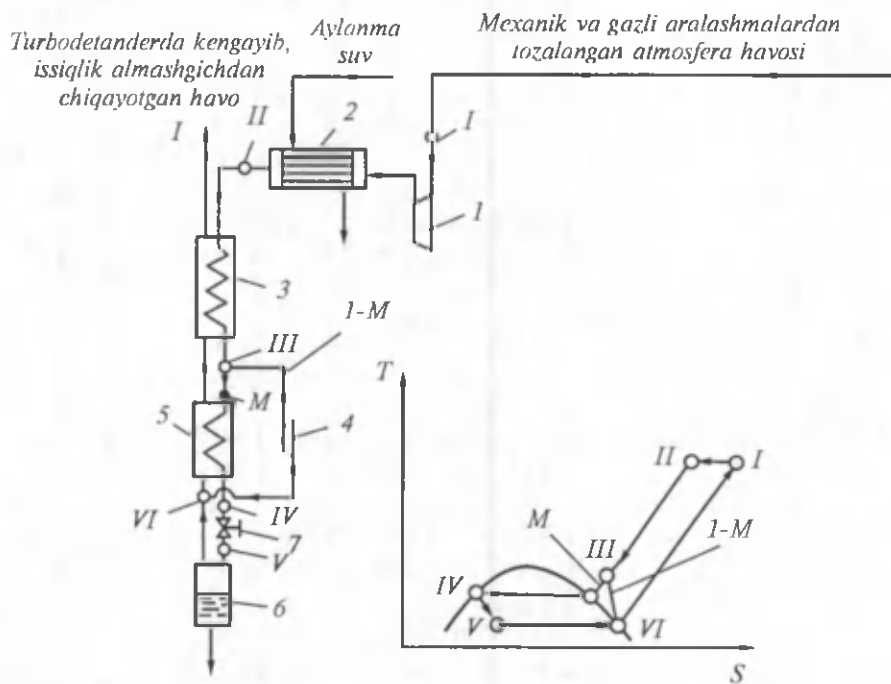
1 — porshenli kompressor; 2 — sovitgich; 3 — birinchi issiqlik almashtirgich; 4 — porshenli detander; 5 — ikkinchi issiqlik almashtirgich; 6 — havoning drosselli ventili; 7 — pastki rektifikatsion minora; 8 — suyuq azot drosselli ventili; 9 — suyuq havo drosselli ventili; 10 — yuqori rektifikatsion minora. I—II — havoni siqish va sovitish chizig'i; II—III — siqilgan havoni birinchi issiqlik almashtirgichda sovitish chizig'i; III—V — birinchi issiqlik almashtirgichda sovitilgan havoni D qismini porshenli detanderda kengaytirish chizig'i; IV—VI — sovitilgan I-D qism havoni drossellash chizig'i.

Yuqori rektifikatsion minora (10) ni tegishli balandligiga pastki rektifikatsion minora (7) ning tub qismidan suyuq havo 0,6 MPa bosimdan 0,13 MPa bosimgacha drosselli ventil (9) orqali drossellanib yuboriladi. Yuqori rektifikatsion minora (10) da rektifikatsiya natijasida bosimi 0,13 MPa ga teng bo'lgan gaz holdagi azot va kislorod olinib, ularning sovuqligidan foydalanish uchun issiqlik almashtirgichlar (5) va (3) ni quvurli qismiga yuboriladi va qurilmadan chiqazib yuboriladi (rekuperatsiyalanmaslik tufayli I nuqta o'rniga I' nuqta orqali). Bu siklda rekuperatsiyalanmaslik I va I' nuqtalardagi temperaturalar ayirmasiga teng bo'lib, Linde siklinikiga qaraganda bir oz kamdir. Klod sikli bo'yicha chuqur sovuqlik olishda umuman olganda Linde sikliga nisbatan kamroq energiya sarflansada, lekin hozirgi davrda qo'llanayotgan zamonaviy sikllar (masalan, Kapitsa sikli) dan ancha orqadadir, sababi Klod siklida 4,0—7,0 MPa ga teng bosimlarni qo'llanishidir.

### 3.3.3. Havoning asosiy qismini turbodetanderda kengaytiruvchi past bosimli sikl (Kapitsa sikli)

Bu sikl akademik P.L. Kapitsa tomonidan yaratilgan bo'lib, birgina past bosimli sikl bo'yicha ishlab, hozirgi davrda ham nafaqat O'zbekiston va MDH davlatlari, balki dunyoning ko'pgina davlatlaridagi havoni ajratish qurilmalarida ham eng samarali va energiya tejamli sikl sifatida keng qo'llanib kelinmoqda.

3.4-rasmda past bosimda ishlaydigan bu sikl va uning T-S diagrammasidagi ifodasi ko'rsatilgan. Havoni turbokompressor (1) da atmosfera bosimiga yaqin bo'lgan  $R_1$  bosimdan 0,5–0,6 MPa ga



3.4-rasm. Havoning asosiy qismini turbodetanderda kengaytiruvchi past bosimli sikl (Kapitsa sikli) (a) va uni T-S diagrammasidagi ifodasi (b).

1 — turbokompressor; 2 — sovitgich; 3 — issiqlik almashtirgich-regenerator; 4 — turbodetander; 5 — kondensator; 6 — yig'ich; 7 — drosselli ventily. I—II — havoni siqish va sovitish chizig'i; II—III — havoni issiqlik almashtirgich-regeneratorda sovitish chizig'i; III—IV — havoning kichik qismini kondensatorda sovitish va suyuqlikka o'tkazish chizig'i; IV—V — suyuq havoni drossellash va uning natijasida qisman bug' hosil qilish chizig'i; V—VI — yig'ichdan chiqayotgan sovuq havo bug'larini turbodetanderdan chiqayotgan sovuq havo bilan qo'shilishi va kondensator hamda issiqlik almashtirgich-regeneratorda o'z sovuqligini turbodetanderda siqilgan havoga berish chizig'i.



teng R, bosimgacha siqilib, suvli sovitgich (2) da aylanma suv bilan sovitilib (I—II chizig'i), undan chiqib, ikki oqimga bo'linadi: havoning katta (1-M = 90%o94%) qismi turbodetander (4) da 0,13 MPa gacha kengaytiriladi; bu jarayon natijasida havo suyuqlanish temperaturasiga yaqin temperaturagacha soviydi (III—VI chizig'i); so'ngra bu havo yig'gich (6) dan chiqayotgan sovuq havo bug'lari bilan qo'shilib, o'z sovuqliklarini kondensator (5) va issiqlik almashtirgich-regenerator (3) da turbokompressor (1) va suvli sovitgich (2) dan kelayotgan 0,5—0,6 MPa bosimdagi havoni sovitish uchun beriladi (VI—I chizig'i).

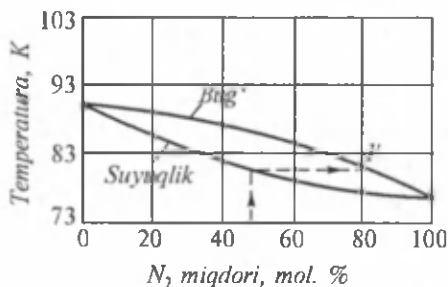
Havoning qolgan ikkinchi, (ya'ni M = 10%o6%) qismi kondensator (5) da sovitilib, suyuqlikka aylanadi (III—IV chizig'i). So'ngra bu suyuq havo drosselli ventil (7) da 0,5—0,6 MPa dan 0,13 MPa gacha drossellanadi va uning temperaturasi yana pasayadi (IV—V chizig'i). Drossellanish jarayonida bir qism suyuq havo bug'lanadi va bu bug' suyuq havodan yig'gich (6) da ajratiladi. Sovuq havo bug'lari turbodetander (4) dan kelayotgan asosiy sovuq havo bilan qo'shilishib (V—VI chizig'i), o'z sovuqliklarini kondensator (5) va issiqlik almashtirgich-regenerator (3) da 0,5—0,6 MPa bosimda suvli sovitgich (2) orqali turbokompressor (1) dan kelayotgan havo oqimiga beradilar. Suyuqlantirilgan havo esa uni azot va kislorodga ajratish uchun yig'gich (6) dan chiqariladi.

Bu siklda sovuqlikni asosiy qismi havoni detanderlarda kengaytirish yo'li bilan olinishi maxsus moylar bilan moylanib turadigan porshenli mashinalar o'rniga yuqori foydali ish koeffitsientlariga ega bo'lgan turbokompressor va turbodetanderlar hamda issiqlik almashtirgichlar o'rniga regeneratorlar qo'llanganligi uni eng yirik havoni ajratish qurilmalarida foydalanishga olib keladi.

### 3.4. REKTIFIKATSIYA USULI BILAN HAVONI AJRATISH

Rektifikatsiya usulini qo'llash uchun atmosfera havosi suyuq holda bo'lmog'i kerak. Bunga erishish uchun hozirgi vaqtda asosan past bosimda ishlaydigan Kapitsa siklidan foydalaniladi.

Atmosfera havosi ko'p komponentli murakkab aralashmadir. Lekin havoni ajratish jarayonini soddalashtirish maqsadida suyuq havoni azot va kisloroddan iborat binar, ya'ni qo'sh komponentli aralashma deb qabul qilamiz. Azot va kislorod bir-birlarida har qanday nisbatda eruvchandirlar. Atmosfera bosimida suyuq kislorod 90.35 K da, suyuq azot esa 77.55 K da qaynashi munosabati bilan azot past qaynovchi komponent deb hisoblanadi. Bu ikki komponent qaynash tempera-



3.5-rasm. Atmosfera bosimidagi azot-kislorod sistemasining muvozanatdagi diagrammasi:

1 — azotning suyuqlikdagi, miqdori, mol %; 1' — azotning bug'dagi miqdori, mol %.

aralashmaning tarkibida qanchalik past qaynovchi modda ko'p bo'lsa, aralashmaning qaynash temperaturasi shunchalik past bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda, suyuqlik bilan muvozanatda bo'lgan bug' tarkibida past qaynovchi moddaning miqdori suyuqlik tarkibidagiga qaraganda doimo ko'p bo'ladi.

Bu fikrga ishonch hosil qilmoqlik uchun atmosfera bosimidagi azot-kislorod sistemasining muvozanatdagi diagrammasi (3.5-rasm) ni ko'rib chiqamiz.

Diagrammaning ordinata (vertikal) o'qi bo'ylab temperatura, absissa (gorizontal) o'qi bo'yicha aralashmadagi azotning ulushlari ko'rsatilgan. Diagrammaning pastki egri chizig'ida suyuqlikdagi azotning konsentratsiyasi, yuqoridagi egri chiziqda esa, suyuqlik bilan muvozanatda bo'lgan bug' holdidagi azotning konsentratsiyasi ko'rsatilgan. Bu diagrammaning suyuqlik egri chizig'idagi 1 nuqtasidagi suyuq azot miqdori (~48 (mol%)) ga uning shu suyuqlik bilan muvozanatda bo'lgan bug'ni egri chizig'idagi 1' nuqtasidagi azot bug'ining 80 (mol %) miqdori mos ravishda to'g'ri kelishi ko'rsatilgandir.

Bundan haqiqatan ham, suyuqlik va bug' muvozanat holatida bo'lganda azotning bug'dagi konsentratsiyasi uning suyuqlikdagi konsentratsiyasidan sezilarli darajada yuqori bo'lishi ko'rinib turibdi.

Atmosfera bosimida 79% (h.) azot va 21% (h.) kisloroddan iborat havo bug'larini konsentratsiyalangan suyuq havoning birinchi tomchilari tarkibida 50% ga yaqin kislorod va qolgani azot bo'ladi. Ammo bosim oshgan sari suyuqlik va bug' tarkiblari orasidagi farq kamayib boradi. Buni 3.6-rasmdan ham ko'rish mumkin.

Bu diagrammadan ko'rinib turibdiki, havoni ajratish jarayonida qo'llanayotgan bosim qanchalik katta bo'lsa, suyuqlik va bug' tarkib-

turalari orasidagi farq juda kichik, ya'ni 12,8 K ga tengdir, bu esa suyuq havoni ajratishda soddaroq usul — fraksiyali bug'latish usulini qo'llashni bata-mom mumkin emasligiga olib keladi, chunki toza holda biron-ta ham komponentni ishlab chiqarish mumkin bo'lmay, doimiy ravishda ulardan biri bilan ma'lum miqdorda ifloslangan gaz aralashmasi olinadi.

Ma'lum bosimdagi aralashmaning qaynash temperaturasi uning tarkibiga bog'liq bo'lib,

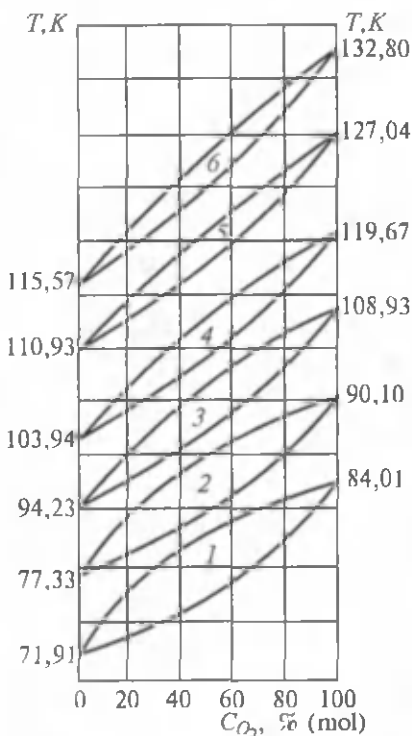
3.6-rasm. Kislorod-azot sistemasining T-X koordinatlaridagi muvozanat egri chiziq-lari. Bosim R miqdorlari, MPa da:

1 — 0,05; 2 — 0,1; 3 — 0,5;  
4 — 1,0; 5 — 1,5; 6 — 2,0.

lari orasidagi farq shunchalik kichiklashadi va farq kritik bosimga erishilganda umuman yo'qolib, ikki egri chiziq o'rniga birgina to'g'ri chiziqni tashkil etadi. Bunday holatda suyuq havoni ajratish jarayoni juda murakkablashib ketadi.

Demak, havoni azot va kislorodga ajratish jarayonini kritik bosimga qaraganda anchagina kichikroq bosimda olib borish maqsadga muvofiqdir.

Havo bug'larini, yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, faqat birlamchi kondensatsiyalashni qo'llash bilan kerakli darajadagi toza azot va kislorodga to'liq ajratishga erishib bo'lmaydi, chunki bunga asosiy sabablardan biri bu komponentlar qaynash temperaturalari orasidagi farq juda kichik bo'lib, 12,6 gradusga tengdir. Shuning uchun, texnikada hozirgi vaqtda ham, rektifikatsiya jarayoni qo'llanadi. Rektifikatsiya jarayoni bu — suyuq havoni ko'p marotaba bug'latish va havo bug'larini esa mos ravishda ko'p marotaba kondensatsiyalash jarayoni bo'lib, bunda bug'lar sekin-asta yengil qaynovchi komponent — azot bilan, suyuqlik esa kislorod bilan boyitib borilishga erishiladi. Buning asosiy sabablaridan biri shundaki, nisbatan yuqoriroq temperaturaga ega bo'lgan havo bug'lari o'zidan yuqorida turgan nisbatan pastroq temperaturadagi suyuq havo bilan uchrashib, havo bug'lari tarkibidagi yuqori qaynovchi komponent — kislorod kondensatlanib, suyuqlikka aylanib, pastga oqib tushadi. Kislorodni kondensatsiyalanish issiqligi hisobiga esa yuqorida turgan suyuq havo tarkibidagi past qaynovchi komponent — azot bug'lanadi va natijada pastdan kelayotgan bug' tarkibida past qaynovchi komponent — azotning konsentratsiyasi oshadi. Endi azot bilan ko'proq boyitilgan bug'lar pastdan yuqoriga ko'tarilib, pastdan hisoblanganda ikkinchi tarelkadagi suyuqlik bilan to'qnashib, unda



ham birinchi tarelkadagi jarayon ketib, bug' azot bug'lari bilan yanada ko'proq boyitilib, yuqoriga qarab uchinchi tarelkaga ko'tariladi; hosil bo'lgan ma'lum miqdordagi suyuq kislorod esa, birinchi tarelkaga oqib tushadi va hokazo. Bu jarayon bir nechta tarelkalardan iborat rektifikatsiya minoralarda kerakli konsentratsiyadagi azot va kislorod olishga erishilgunga qadar amalga oshiriladi.

Ammo, rektifikatsiya jarayonini amalga oshirish uchun ma'lum miqdorda ish bajarish kerak. Havoni ajratish uchun sarflanadigan nazariy minimal ish havoning har bir komponentini uning ulushli bosimidan toki aralashmaning bosimigacha izotermik siqishdagi ishlarni yig'indisi sifatida aniqlanadi:

$$L_{\min} = m \cdot R \cdot T \cdot \sum \left( P_y \cdot \ln \frac{1}{P_y} \right), \quad (3.24)$$

bu yerda:  $R_u$  — U-komponentni aralashmadagi ulushli bosimi, MPa;  
 $m \cdot R$  — universal gaz doimiysi, 8,314 kJ/(kmol/grad);  
 $T$  — temperatura, K.

Bu tenglamadan foydalanib, tarkibi 20,9 (h.) %  $O_2$  va 79,1 (h.) %  $N_2$  dan iborat bo'lgan havoni 290 K temperaturada ajratish uchun kerak bo'lgan minimal ishni hisoblaymiz:

$$L_{\min} = -8,314 \cdot 290 \cdot \left( 0,209 \cdot \ln \frac{1}{0,209} + 0,791 \cdot \ln \frac{1}{0,791} \right) = -1230 \text{ kJ/kmol.}$$

Bu yerdan 1 m<sup>3</sup> havoni ajratish uchun sarflanadigan nazariy ish miqdori:

$$L'_{\min} = \frac{L_{\min}}{V} = \frac{-1230 \text{ kJ/mol}}{24,5 \cdot 10^3 \text{ m}^3} = -0,05 \text{ Mj/m}^3,$$

bu yerda:  $V = 24,5$  — havoning 290 K temperatura va 0,1 MPa bosimdagi molli hajmi, m<sup>3</sup>/mol.

Yuqorida keltirilgan tenglamalar oldidagi minus belgisi, tegishli energiya tashqaridan keltirilishi kerakligini ko'rsatadi.

Amaliyotda havoni ajratish uchun sarflanadigan energiya nazariysidan anchagina ko'pdir. Texnikada havoni ajratish uchun birlamchi va ikkilamchi rektifikatsiyalash jarayonlarini ishlatilishi mumkin. Quyidagi 3.7-rasmda suyuq havoni birlamchi rektifikatsiyalash minorasi chizmasi ko'rsatilgan. Minora vertikal (tikkatik) holatda bo'lib, pastki qismida bug'latgich (1), tepa qismida esa kondensator (suyuqlantirgich) (3) dan iborat. Minoraning balandligi bo'ylab, kerakli sondagi tarelkalar (2) o'rnatilgandir. Minoraning o'rta qismiga suyuq

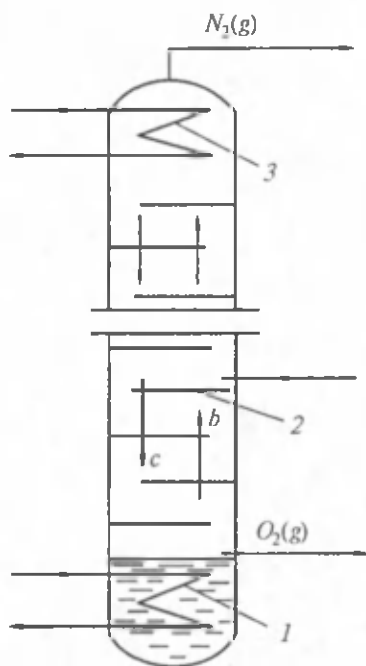
havo beriladi va u tarelkalar orqali pastga oqib tushadi, bug'lar esa qarama-qarshi oqim bo'ylab, tarelkalardagi suyuq havo bilan to'qnashib, ular orasidagi tepaga qarab ko'tariladi.

Minoraning pastki qismidagi bug'lar temperaturasi suyuq kislorodni qaynash temperaturasiga mos bo'lib, bug'latgich (1) orqali boshqarib turiladi. Minoraning yuqori qismidagi suyuqlik temperaturasi bug' holatidagi azotning kondensatsiyalanish temperaturasiga teng bo'lib, kondensator (3) orqali hosil qilinadi. Bug'lar yuqoriga ko'tarilgan sari suyuqlik bilan uchrashishi natijasida mos ravishda soviydilar, suyuqlik esa isiydi.

Shunday qilib, ikki xil holat (bug' va suyuqlik) ni uchrashishi va ular orasidagi issiqlik almashinishi tufayli bug' va suyuqlik tarkiblari beto'xtov o'zgarib turadi. Natijada bug'lar azot bilan, suyuqlik esa kislorod bilan to'yinadilar, bu esa suyuq havoni minora-dan chiqib ketayotgan kislorod va azotga yetarli darajada bo'lishini ta'minlashga olib keladi.

Hozirgi vaqtda yanada tozaroq azot va kislorod ishlab chiqarishga erishish uchun suyuq havoni ikkilamchi rektifikatsiyalash usuli keng qo'llanilmoqda. Bunday rektifikatsiyalash minorasining tuzilishi 3.8-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, minora asosan uch qismdan: pastki minora (1), kondensator (2) va yuqori minora (4) dan iboratdir.

Yuqori bosim 18–20 MPa gacha siqilgan havo 35–40% gacha kislorod bilan boyitilgan suyuq havo to'planadigan pastki minoraning tub qismiga ilonsimon quvurlar orqali beriladi. Natijada siqilgan havo o'z issiqligini kislorod bilan boyitilgan suyuq havoga berib, soviydi, suyuq havo esa bu issiqlik hisobiga qisman bug'lanadi. Siqilgan va sovigan havo 20 MPa bosimdan drosselli ventil (5) orqali pastki minora (1) ning tegishli tarelkasi (8) ga 0,5–0,6 MPa gacha drossellanadi, natijada bu havo yanada sovib, suyuqlikka o'tadi va o'sha tarelkadagi suyuqlikka qo'shilishib, rektifikatsiya jarayonida ishtirok etadi.

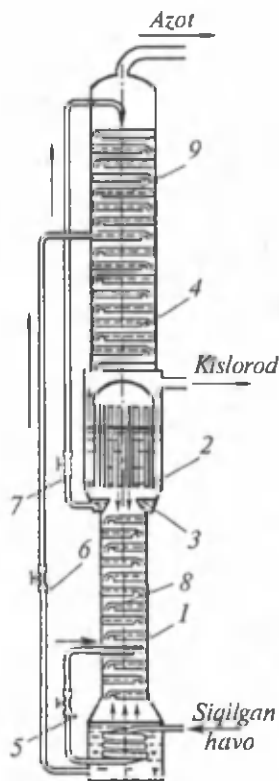


3.7-rasm. Suyuq havoni birlamchi rektifikatsiyalash minorasi:

1 — bug'latgich; 2 — tarelkalar; 3 — suyuqlantirgich (kondensator); b — bug'; s — suyuqlik.

### 3.8-rasm. Suyuq havoni ikkilamchi rektifikatsiyalash minorasi:

1 — pastki minora; 2 — kondensator; 3 — kondensator choʻntaklari; 4 — yuqori minora; 5, 6, 7 — mos ravishda yuqori bosimli havoni, kislorod bilan boyitilgan suyuq havoni, suyuq azotni drossellash ventillari; 8, 9 — rektifikatsiyalash tarelkalari.



Pastki minora (1) ning tubidagi kislorod bilan boyitilgan suyuq havo yuqori minora (4) ning tegishli tarelkasi (9) ga drossellash ventili (6) orqali 0,5—0,6 MPa bosimdan 0,13—0,15 MPa bosimgacha drossellanadi. Pastki minora (1) ning tarelkalari orqali asosan, azot bugʻlari kondensator (2) tomonga koʻtariladilar va sekin-asta bugʻ holdagi azot bilan, tarelkalardan pastga qarab oqayotgan suyuqlik esa kislorod bilan toʻyinib boradi. Oxir-oqibat gaz holdagi azot pastki minora (1) ning tepa qismiga oʻrnatilgan kondensator (bir qancha vertikal quvurlardan iborat) (2) ga borib, uning quvurli qismiga kirib, yuqori minora (4) da hosil boʻlayotgan suyuq kislorodni kondensator (2) ning quvurlararo joyda bugʻlanishi hiso-

biga hosil boʻlayotgan sovuqlik hisobiga kondensatlanib, suyuq holatga oʻtadi.

Hosil boʻlgan suyuq azotning asosiy qismi pastki minora (1) ga flegma, yaʼni pastdan kelayotgan bugʻlarni yuvuvchi suyuqlik sifatida, ozgina qismi esa kondensator (2) ning choʻntaklari (3) ga tushib, u yerda toʻplanib, drossel-ventil (7) orqali yuqori minora (4) ning tepa qismiga bu minoraning pastki qismidan kelayotgan bugʻlarni yuvib turish uchun 0,5—0,6 MPa dan 1,3—1,5 MPa gacha drossellanadi.

Yuqori minora (4) ning deyarli oʻrta qismidagi tarelkasiga kislorod bilan boyitilib berilgan havo tarelkalarda rektifikatsiyalanadi; natijada hosil boʻlgan suyuq kislorod kondensator (2) ga oqib tushadi, u yerda qisman bugʻlanadi va gaz shaklidagi kislorod kondensator (2) ni yuqorigi qismidan, gaz holdagi azot esa yuqori minora (4) ning yuqorigi qismidan anchagina yuqori konsratsiyalarda chiqazib olinadi.

Havoning tarkibida maʼlum miqdorda (0,932 (h.) %) gacha argon bor boʻlib, bu holat havoni rektifikatsiyalash jarayoniga katta taʼsir koʻrsatadi. Bunga asosiy sabab, argonni yuqori minora (4)

ning o'rtalarida joylashgan tarelkalari (9) da to'planib borishidadir. Shuning uchun, ayrim havo ajratish qurilmalarida bu argon to'plami sifatida chiqazib tashlanadi va undan argon ishlab chiqariladi.

Shuni ta'kidlash kerakki, bir vaqtning o'zida yuqori tozalikdagi azot va texnik kislorodni minora (4) dan argon to'plamini chiqazib tashlanmay turib ishlab chiqarish umuman mumkin emasdir.

Yuqori minora (4) dagi bosim qanchalik kichik bo'lsa, shunchalik yaxshidir, chunki bu vaqtda havoni ajratish uchun sarflanadigan energiyaning ma'lum bir qismi tejaladi va ishlab chiqarilayotgan azot va kislorodning tannarxi birmuncha arzonlashadi. Lekin yuqori minora (4) dagi bosim bir qator omillarga: gaz va suyuqlik o'tkazuvchi quvurlar, issiqlik almashgichlar, regeneratrlar, minoradagi tarelkalar va har xil boshqaruv apparatlari qarshiligiga bog'liqdir va amaliyotda bu bosim 0,13—0,15 MPa ga tengdir. Bunday bosimda yuqori rektifikatsion minora (4) da hosil bo'layotgan suyuq kislorodning qaynash temperaturasi 93—94 K ga teng bo'ladi. Demak, bug' holidagi azotni kondensator (2) da kondensatsiyalanishiga erishish uchun pastki rektifikatsion minora (1) va kondensator (2) ni quvurli qismida shunday bosim hosil qilish kerakki, u bosimda azotning kondensatlanish temperaturasi 96—97 K (minus 177 — minus 176°C) ga teng bo'lsin, ya'ni suyuq kislorodni qaynash temperaturasi bilan bug' holidagi azotni kondensatlanish temperaturalari orasidagi farq taxminan (3) gradusga teng bo'lishi ta'minlanishi lozim. Gaz holidagi azotni 96—87 K temperaturada kondensatlanishini ta'minlaydigan bosim 0,5—0,6 MPa (5—6 atm) ga teng bo'lib, shuning uchun ham havoni ajratish har qanday qurilmalarning pastki rektifikatsion minoralari xuddi shu bosimda ishlaydi, chunki bundan past bosimlarda gaz holidagi azot yuqorida ko'rsatilgan 96—97 K temperaturalarda umuman kondensatlanmaydi, bu esa yuqori tozalikdagi azot olishga yo'l qo'ymaydi.

### 3.5. HAVONI AJRATISH UCHUN ARALASHMALARDAN TOZALASH

Havoning tarkibida asosiy komponentlar — azot, kislorod, argon, inert gazlardan tashqari bir qator aralashmalar — chang, suv bug'i, uglerod dioksidi, asetilenlar bo'lib, bu aralashmalar havoni sovitib suyuqlikka aylantirish va uni ajratish jarayonlariga anchagina salbiy ta'sir ko'rsatadilar. Shuning uchun ham havo bu aralashmalardan iloji boricha tozalanmog'i shart.

### 3.5.1. Atmosfera havosini changdan tozalash

Havoning tarkibidagi mayda changlar, daraxt barglari, qush patlari va hokazolar turbokompressorlarga borib, uning yo'naltiruvchi apparati va kurakchalariga katta mexanik zarbalar bilan ta'sir etishga olib keladi, natijada esa gidravlik qarshilikning oshishiga, ularni tezroq chirishi va ishdan chiqishiga olib keladi; undan tashqari issiqlik almashtirgichlar yuzasini ifloslashga olib keladi, issiqlik almashinishini yomonlashtiradi va qurilmaning gidravlik qarshiligini oshiradi. Changning havodagi miqdori  $0,002 - 0,050 \text{ g/m}^3$  atrofida bo'lishi mumkin. Havoni changdan tozalash uchun havoni so'rish quvuri atrofida o'rnatilgan moyli filtrlar ishlatiladi. Ularda havo moy bilan ishlangan Rashig halqalari qatlamidan o'tkaziladi. Hozirgi vaqtda yirik unumdorlikka ega bo'lgan havo ajratish qurilmalarida havoni changdan tozalash uchun harakatlanuvchi filtrlovchi to'rlar o'rnatilgan moyli o'zi tozalanuvchi filtrlar ishlatiladi.

Havoni ajratish qurilmasiga iloji boricha tozaroq havo kirishini ta'minlash uchun havo so'rish quvurini mumkin qadar balandroq va yo'l yoqasidan chetroqqa hamda bog'langan azot ishlab chiqarish korxonasi quriladigan joydagi shamolning yil bo'yicha nisbatan ustunlik qiluvchi yo'nalishini e'tiborga olib o'rnatmoq zarur.

### 3.5.2. Havoni suv bug'idan tozalash

Atmosfera havosida tarkibida suv bug'i ham doimo mavjud bo'luvchi aralashmalardan biridir. Suv bug'ining havodagi miqdori o'zgaruvchan bo'lib, bir qator omillarga: havo temperaturasiga, yil fasliga va hokazolarga bog'liqdir. Umuman olganda havodagi suv bug'ining miqdori  $50 \text{ g/m}^3$  bo'lishi mumkin.

100% gacha to'yingan havodagi suv bug'ining har xil temperaturalardagi miqdori 3.3-jadvalda keltirilgan bo'lib, bu jadvaldan havoning temperaturasi pasayishi bilan undagi suv bug'ining miqdori ham kamayishi ko'rinib turibdi, ya'ni temperatura 363 K ga pasayganda suv bug'i miqdori deyarli  $50 \text{ g/m}^3$  ga kamayyapti.

3.3-jadval

#### 100% SUV BUG'IGA TO'YINGAN HAVODAGI NAMLIKNING MIQDORI

T/r	Temperatura, K	Namlik miqdori, $\text{g/m}^3$	T/r	Temperatura, K	Namlik miqdori, $\text{g/m}^3$
1.	233	50,91	6.	263	2,31
2.	243	30,21	7.	253	1,01



T/r	Temperatura, K	Namlik miqdori, g/m <sup>3</sup>	T/r	Temperatura, K	Namlik miqdori, g/m <sup>3</sup>
3.	253	17,22	8.	243	0,44
4.	263	9,39	9.	233	0,117
5.	273	4,89	10.	223	0,038

Havoni suv bug'idan quritib tozalashning quyidagi usullari mavjud:

**1. Adsorbsiya; 2. Muzlatish usuli.**

Adsorbsiya usuli quyidagi turlarga bo'linadi:

*1.1. Havodagi suv bug'ini silikagel bilan adsorbsiyalash.* Silikagel ( $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) ni kremniyli kislotaning gidratlangan gelini suvsizlantirish bilan olinadi. Silikagelning o'lchamlari 3—7 mm li donachalardan iboratdir. Silikagel namlikni o'zining sirtida yutadi. Silikagel bilan quritilgandan so'ng havoning tarkibidagi namlik miqdori 0,03 g/m<sup>3</sup> dan oshmaydi, bu esa 221 K dagi shabnam tushish nuqtasiga mosdir.

*1.2. Havodagi namlikni aktivlashgan glinozyom bilan adsorbsiyalash.* Aktivlashgan glinozyom (92%  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , qolgani  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  va  $\text{FeO}$  dan iboratdir) aluminiy oksidining uchgidratini suvsizlantirib olinadi. Aktivlashgan glinozyom silikagelga qaraganda katta mexanik mustahkamlikka ega bo'lib, namlikni yaxshi yutadi. Aktivlashgan glinozyom bilan quritilgan havoda qoldiq namlikni miqdori 0,0005 g/m<sup>3</sup> gacha tushadi, bu esa 209 K dagi shabnamlanish nuqtasiga tengdir.

Yuqoridagi adsorbentlar namlikni ma'lum darajada yutgach, regeneratsiyalanadilar, ya'ni ulardagi namlik chiqazib tashlanib, havodagi suv bug'ini qaytadan yutishlari uchun tayyorlanadilar. Buning uchun silikagelli adsorbentlar 443—453 K gacha qizdirilgan azot bilan, aktivlashgan glinozyomli adsorbentlar esa 518—543 K gacha qizdirilgan azot bilan quritiladilar.

*1.3. Havodagi namlikni seolitlar bilan adsorbsiyalash.* Bu turda kaliy yoki natriy alumosilikatlardan tashkil topgan sintetik seolitlar qo'llanadi; ular g'ovaklarini g'oyatda bir xilligi bilan boshqa adsorbentlardan ajralib turadilar. Seolitlarni nafaqat havoni suv bug'idan tozalashda, balki uni uglerod dioksidi, argon, kislorod, asetilen va hokazolardan tozalashda ham ishlatiladi. Ularda adsorbsiya 10°C dan past, azot bilan regeneratsiyalash esa 683 K temperaturalarda olib boriladi.

**2. Muzlatish usuli.** Bu usulni ham ikki turga bo'lish mumkin.

*2.1. Havoni namlikdan issiqlik almashtirgichlarda muzlatib tozalash.* Havoni ajratish ayrim, asosan Linde sikli — ikki xil bosimli va ammiakli sovitish bo'yicha ishlaydigan qurilmalarda havoni namlik-

dan tozalash issiqlik almashtirgichlarda havoni sovitib, muzlatish usuli bilan amalga oshiriladi. Odatda, havo avvalambor issiqlik almashtirgichlarda havo ajratish qurilmasidan chiqib ketayotgan kislorod va azot bilan taxminan 278 K gacha, soʻngra esa qaynab turgan suyuq ammiak sovuqligi hisobiga 233—228 K gacha sovitiladi. Bu vaqtda suv bugʻlari issiqlik almashtirgich ichki quvurlari devorlarida muzlab, ushlanib qoladi, deyarli namsiz quruq havo havo ajratish qurilmasi boshqa apparatlariga oʻtib ketadi. Koʻpincha ammiakli issiqlik almashtirgichdan ikkitadan oʻrnatiladi: bittasi havoni sovitish uchun ishlasa, ikkinchisi eritish uchun ishlaydi, yaʼni issiqlik almashtirgich isitilib, namlik muzi eritilib, bugʻ holida tashqariga tashlab yuboriladi. Issiqlik almashtirgichlarni biridan-biriga almashtirish maʼlum bir vaqt — bir necha soatlardan soʻng quvurlar ichidagi temperatura rejimini oʻzgarishi, muzning qalinligi hisobiga undagi gidravlik qarshilikning ortib ketishiga qarab amalga oshiriladi.

**2.2. Havoni namlikdan regeneratlarda muzlatib tozalash.** Havoni ajratish barcha yirik BR-1, BR-5, BR-6, BR-9, AK-15 va boshqa shunga oʻxshash qurilmalarida atmosfera havosi namlikdan regeneratlarda muzlatish usuli bilan tozalanmoqda. Regenerator jinslari — aluminiyli tasma yoki bazaltli mayda donachalarining sovuq yuzalarida 273 K temperaturada havodagi suv bugʻlari kondensatlanib, suyuq suvga, 243 K temperaturalarda esa oʻta sovigan suvga kondensatlanib, undan past temperaturalarda esa suyuq suv muzlaydi va regeneratorda ushlanib qoladi. Regeneratorlar ham ikkitadan oʻrnatiladi — birida suv bugʻi muzlatib, ushlansa, ikkinchisida huddi shu vaqtda isitilib, namlik suv bugʻiga aylanib, havoga tashlab yuboriladi. Bu usul va turlardan samaralirogʻi havoni suv bugʻidan regeneratlarda tozalash hisoblanishi mumkin, chunki bunda maxsus adsorbentlar talab etilmaydi va issiqlik almashish regenerator jinslari sirtlari orqali amalga oshiriladi, natijda issiqlik uzatish koeffitsienti nisbatan kattaroq miqdorga ega boʻladi. Shunday qilib, havoni namlikdan tozalashda Oʻzbekiston Respublikasi korxonalarida ham regeneratorda muzlatish usuli keng qoʻllanmoqda.

### **3.5.3. Atmosfera havosini uglerod dioksididan tozalash**

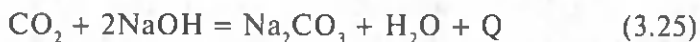
Atmosfera havosining tarkibida uning qayerdan va qanday sharoitda olinganligiga qarab, doimiy ravishda maʼlum miqdorda uglerod dioksidi bordir. Uning oʻrtacha qabul qilingan miqdori 0,03 (h) % ga tengdir. Bu miqdor  $13,50 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{soat}$  (2,652 kg/soat) ni tashkil etishi mumkin, agarda hozirgi zamon havo ajratish qurilmalarining

havo bo'yicha o'rtacha 45000 m<sup>3</sup> havo/soatga teng deb qabul qilin-  
sa. Bu miqdorni bir kunga nisbatan hisoblansa 636,5 kg CO<sub>2</sub>/kunga  
teng bo'lishi kelib chiqadi. Uglerod dioksidi havo ajratish qurilma-  
sining 143 K — 103 K temperaturali apparatlarida muzga aylanib,  
havodan ajralib, jihozlarni to'ldirib qo'yib, katta gidravlik qarshi-  
liklar hosil qilishi mumkin. Shuning uchun ham havo uglerod diok-  
sididan yaxshi tozalanishi zarur.

Havoni uglerod dioksididan tozalashning ikki usuli bordir:

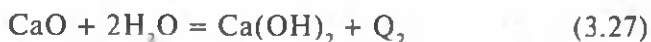
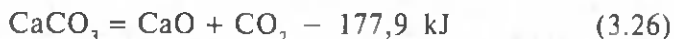
**1. Kimyoviy usul; 2. Fizik usul.**

1. Uglerod dioksididan havoni kimyoviy usul bo'yicha tozalash-  
da o'yuvchi natriyni suvdagi eritmasidan foydalaniladi va quyidagi  
kimyoviy reaksiya bo'yicha skrubberlarda amalga oshiriladi:



Havoni kimyoviy usul bilan uglerod dioksididan tozalashda ket-  
ma-ket ikkita skrubber o'rnatiladi; bu skrubberlardan so'ng havo  
tarkibidagi CO<sub>2</sub> miqdori o'rtacha 15—20 g/m<sup>3</sup> ni tashkil etadi.

Yaqin yillargacha Respublikamizda NaOH tanqis kimyoviy xom-  
ashyolardan biri edi. Shuning uchun Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> regeneratsiya qilinib,  
qaytadan NaOH eritmasi olinar edi:



Hosil bo'lgan CaCO<sub>3</sub> amaliyotda toza bo'lmay, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> va NaOH  
bilan ifloslangan holda bo'lgani uchun biron-bir foydali maqsadlar-  
da foydalanish usullari (balki shisha yoki sement sohalarida ishlatish  
mumkin bo'lar) hozirgacha topilgan emas. Shuning uchun bu  
tashlandiq chiqindi amaliyotda shlam deb atalib, u ekologiyaga sal-  
biy ta'sir ko'rsatmasligi uchun yer ostiga ko'mib tashlanmoqda yoki  
katta-katta jarlarga to'kilib, ekologiyaga, qishloq xo'jaligiga salbiy  
ta'sir ko'rsatmoqda. Hozirgi vaqtda Qo'ng'irotda soda zavodi qurilib  
ishga tushirilganligi munosabati bilan NaOH ga bo'lgan talab unchal-  
lik muammo tug'dirmasligi mumkin.

2. Atmosfera havosini uglerod dioksididan tozalashning fizik  
usulida havo regenerator orqali o'tkaziladi, shunda CO<sub>2</sub> gazi rege-  
neratorning sovuq jinslari sirtlarida muz holatiga o'tkazilib, rege-  
neratorni isitish davrida esa bu muz holidagi CO<sub>2</sub> bug' holatiga o'tkazi-  
lib, teskari tomondan kelayotgan azot yoki kislorod oqimi bilan  
regeneratordan havoga chiqazib tashlanadi.

Havodagi uglerod dioksidini muzlatish usuli bilan tozalashga xizmat qiladigan regeneratrlar unga kirayotgan havo bosimi 0,6 MPa bosimda ishlaydilar. Bunday sharoitda uglerod dikosidini havodagi ulushli bosimi

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{0,6 \cdot 0,03}{100} = 0,00018 \text{ MPa}$$

bu yerda: 0,6 — havoning umumiy bosimi, MPa;

0,03 — uglerod dioksidini atmosfera havosidagi tarkibidagi miqdori, hajmiy %;

100 — atmosfera havosi tarkibidagi komponentlarning yig'indisi, hajmiy %

ga teng bo'lib, bu bosimda uglerod dikosidini qattiq muz holatidan bug'ga o'tkazish temperaturasi, ya'ni 128 K temperaturaga teng bo'ladi.

Shunday qilib, regeneratrlar jinslari sirtida uning pastki sovuq qismida 143 K — 103 K larda muzlab, havodan ajralar ekan. Bu usulda regeneratrdan tozalanib chiqayotgan havoning har bir kubometrda 15—20 sm<sup>3</sup> yoki o'rtacha 0,03 g/m<sup>3</sup> gacha miqdorda uglerod dioksidi qolar ekan, xolos. Bu tozalanmay qolgan uglerod dioksidining bir qismini pastki rektifikatsion minoraning bug'latgichida suyuqlikda, qolgan qismi esa qattiq zarrachalar shaklida havoda suzib yuradi, ular esa drosselli ventillar va rektifikatsion minoradagi tarelkalaridagi mayda teshikchalarni berkitib qo'yib, havfli holatlar yaratib qo'yishi mumkin. Shuning uchun, bunday ventillar oldiga g'ovak keramika yoki kukunli meltallurgiya (kukun holdagi qalayli yoki fosforli bronzani yuqori temperaturalarda yopishtirish) usuli bilan tayyorlangan g'ovak bronzadan yasalgan filtrlar o'rnatiladi.

### 3.5.4. Atmosfera havosini asetilendan tozalash

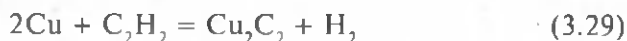
Asetilenni miqdori atmosfera havosi tarkibida juda oz miqdorda bo'lishiga qaramay, undan havoni tozalash havo ajratish qurilmasini xavfsiz ishlashida katta ahamiyat kasb etadi, chunki asetilen nisbatan ko'proq miqdordlarda to'planib qolishi qurilmani portlab ketishiga olib kelishi mumkin.

Linde sikli asosida ishlaydigan G-6800 rusumli havo ajratish qurilmalarining chuqur sovuqlik sharoitida ishlaydigan bir qator jihozlari misdan yasaladi. Sababi mis bunday sovuqlik sharoitlarida o'zining elastik xususiyatlarini yo'qotmaydi, oddiy po'lat va cho'yan esa o'z mexanik xususiyatlarini yo'qotib, juda mo'rt bo'lib qoladi;

bu mo'rtlik yaxshi emas, chunki havo ajratish qurilmasi har xil rezonans hollarga tushganda, avariya olib kelishi mumkin.

Shunday qilib, asetilenni miqdori me'yoridan oshib ketganda suyuq azot, kislorod yoki pastki rektifikatsion minora tubidagi suyuqliklarda 93 K lar atrofida qattiq donachalar ko'rinishida hosil bo'ladi, chunki asetilenni yuqoridagi suyuqliklarda eruvchanligi juda pastdir.

Asetilen mis bilan reaksiyaga kirishib:



mis asetilenidini va vodorodni hosil qiladi. Mis asetilenidini hosil bo'lishi jihozlarning mexanik mustahkamligini pasaytirishga olib kelsa, ikkinchi tomondan qurilma ta'mirlash uchun to'xtatilganda, uning temperaturasi sekin-asta tashqi muhit temperaturasigacha ko'tarila boshlaydi hamda  $\text{Cu}_2\text{C}_2$  ham,  $\text{H}_2$  ham kislorod bilan uchrashadi va bu holatda jihozga juda kichik kuch bilan bo'lsa ham nogahon mexanik zarba berilib qolgudek bo'lsa, bu jihoz va qurilma o'sha zahotiy oq portlab ketishi mumkin.

Atmosfera havosini asetilendan tozalashni ikki usuli mavjuddir. Ulardan birinchisi adsorbsiya usulidir. Bunda GOST 3956-54 bo'yicha KSK va KSM markali silikagel bilan adsorbsiyalash qo'llanadi.

Havoni asetilendan tozalash adsorberlari odatda ikkitadan ketma-ket o'rnatiladi — birida adsorbsiya ketsa, ikkinchisida bu asetilenni issiq azot bilan desorbsiya jarayoni amalga oshiriladi. Adsorberlar asosan pastki rektifikatsion minoraning tub suyuqligi yo'lida, detanderdan chiqqan havoni yuqori rektifikatsion minorasiga borish yo'lida hamda regeneratordan chiqayotgan havo oqimi yo'lga o'rnatiladi.

Hozirgi vaqtda havoni asetilendan tozalashning kimyoviy usuli ham ma'lum bo'lib, bu usulga binoan temperatura 123 K dan yuqori bo'lgan sharoitda quyidagi kimyoviy reaksiya bo'yicha asetilen uglerod dioksidiga aylantirib yuboriladi:



Bu reaksiyani ketishida katalizator vazifasini tarkibida juda oz miqdorda kumush bo'lgan marganesli ruda o'taydi.

### 3.6. HAVO AJRATISH QURILMALARINING XILLARI

Hozirgi vaqtda amaliyotda o'zida chuqur sovuqlik hosil qila oladigan havo ajratish qurilmalari keng ko'lamda ishlatilmoqda. Chuqur sovuqlik hosil qilish asosan uch xil — Linde, Klod va Kapitsa sikllaridan birontasini qo'llagan qurilmalar tomonidan yaratiladi.

**AZOT VA KISLOROD ISHLAB CHIQRUVCHI HAVONI AJRATISH QURILMALARINING  
TAVSIFNOMALARI**

T/r	Qurilma xillari		Ajratilayotgan havo miqdori, m <sup>3</sup> /soat		Qurilmaning unumdorligi, m <sup>3</sup> /soat						Elektr energiyaning solishtirma sarfi, MJ/m <sup>3</sup> O <sub>2</sub>	1 m <sup>3</sup> havodan olinadigan mahsulot miqdori, m <sup>3</sup>
			Yuqori bosimli (20 MPa)	Past bosimli (0,6 MPa)	99,998% N <sub>2</sub>	99,98% N <sub>2</sub>	92—95% O <sub>2</sub>	99,5% O <sub>2</sub>	100% li aralash-maga nisbatan 0,1—0,2% li (Kr+Xe)	100% li aralash-maga nisbatan Ne+He		
1.	G-6800		1400	5400	5200	—	—	—	—	—	—	0,76
2.	Kt-3600		1000	19000	—	—	3600	—	—	—	2,0	0,18
3.	KA-5		—	32000	1500	—	4850 p.b.	—	—	—	0,48	0,23
4.	AKt-16-2		—	48500	16000	—	8850 p.b. 150 yu.b.	—	0,05	0,4	0,54	0,52
5.	KtA-12-3	BR-1	—	68000	—	3000	13000	300	0,05	0,55	0,429	0,49
6.	Kt-12-3		—	68000	—	50	13000	300	0,05	0,55	0,432	0,20
7.	Akt-17-1	BR-9	—	84500	17000 p.b. 1000 o'.b.	—	16000	150	—	0,7	0,479	0,40
8.	KtK-35-3		—	180000	—	10000	24200	11000 p.b., 670 (kg suyuq havo)	0,14	1,5	0,4	0,26

*Eslatma:* Ushbu jadvalda quyidagi belgilar qabul qilingan: p.b. — past bosim; o'.b. — o'rta bosim; y.b. — yuqori bosim.

Hozirgi davrda bu sikllardan asosan ikkitasi, ya'ni faqat yuqori bosim (20 MPa) qo'llaydigan Linde sikli va past bosim (0,6 MPa) gacha siqilgan havo qo'llaydigan Kapitsa sikli asosida ishlaydigan qurilmalar qo'llanilmoqda.

Shunday qilib, havo ajratish qurilmalari bir-biridan bir qator omillar: chuqur sovuqlik hosil qilish uchun qo'llaydigan bosim miqdori, qurilmani havo va ishlab chiqarayotgan mahsulotlari: toza azot (ikki xil navda — 99,998% N<sub>2</sub> va 99,980% N<sub>2</sub>), texnologik kislorod (92—95% O<sub>2</sub>), texnik kislorod (99,6% O<sub>2</sub>), inert gazlar to'plamlari: kripton va ksenon, neon va geliy bo'yicha unumdorliklari hamda 1 m<sup>3</sup> kislorod ishlab chiqarish uchun elektr energiyaning solishtirma sarfi va hokazolar bilan farq qiladi. Ularning asosiy qismlari quyidagi 3.4-jadvalda keltirilgandir. Bu jadvaldan ko'rinib turibdiki, ikki xil, ya'ni yuqori (20 MPa) va past (0,6 MPa) bosimni qo'llab, chuqur sovuqlik hosil qiladigan qurilmalarga faqat G-6800 va Kt-3600 xildagi agregatlar kiradi.

Bu agregatlardan G-6800 rusumlisi jadvalning qo'llanilayotgan har bir kubometr xomashyo havoga nisbatan ishlab chiqarilayotgan mahsulot bandi bo'yicha eng yuqori ko'rsatkichga teng bo'lsa-da, ammo bu qurilma hozirgi vaqtda amaliyotda qo'llanmaydi va kelajakda ham ishlab chiqarilmaydi, sababi bu qurilma ma'naviy jihatdan juda eskirib ketgani, unumdorligi eng past, energiya sarfi bo'yicha nisbatan yuqori (garchand bu miqdor jadvalda ko'rsatilgan bo'lmasa ham) va eng asosiysi — bu qurilmada rangli metall — toza mis eng katta sarfga ega bo'lgani, buning asosida esa qurilmani portlab ketishi xavfi juda kattaligidadir.

Shunday qilib, yuqorida bayon etilgan ikki qurilmadan tashqari qolgan barcha qurilmalar birgina past — 0,6 MPa bosimda ishlaydi. Bu qurilmalardan Kt K-35-3 rusumlisi qayta ishlanadigan havoning eng kattaligi bo'yicha, solishtirma elektr energiyasi sarfi bo'yicha eng pastligi, inert gazlar to'plamlari ishlab chiqarish bo'yicha eng yuqori ko'rsatkichlarga ega bo'lsa-da, ammo yuqori sifatli toza azot umuman ishlab chiqarmaydi va ishlatilayotgan havoga nisbatan olinayotgan mahsulot ko'rsatkichi miqdori eng pastdir.

Shuning bilan birga, ayrim KA-5, AKt-16-2 hamda AKt-15 (bu qurilma jadvalda keltirilgan bo'lmasa ham) rusumli qurilmalarda sintetik ammiak ishlab chiqarish uchun zarur xomashyo — toza azot va tabiiy gazni konversiya qilib vodorod ishlab chiqarish uchun kerak bo'lgan texnologik kislorod (92±95% O<sub>2</sub>) ham bir vaqtning o'zida ishlab chiqariladi.

Tahlildan ko'rinadiki, havoni ajratish qurilmalari avvalambor qo'llanish sohasiga qarab tanlanmog'i lozim. Faqat toza (99,99% N<sub>2</sub>)

azot ishlab chiqaradigan havo ajratish qurilmalari vodorodni elektroliz yoki koks gazini past temperaturalarda ajratish yo'li bilan olib, sintetik ammiak ishlab chiqaradigan hamda konvertirlangan gazni suyuq azot bilan uglerod monooksididan tozalash koxonalarida quriladi.

Texnologik kislorod (92—95% O<sub>2</sub>) ishlab chiqaradigan havo ajratish qurilmalari tabiiy va yo'ldosh uglevodorodli gazlarni konversiyalash hamda spirt va sintetik ammiak sintezi uchun dastlabki gazli xomashyo olish maqsadida yoqilg'ini gazifikatsiyalash jarayonlarida keng qo'llanadi. Masalan, 1 m<sup>3</sup> CO + H<sub>2</sub> aralashmasini ishlab chiqarish uchun kislorod sarfi: tabiiy gazni katalitik konversiyasi usulida — 0,205 m<sup>3</sup>; yuqori temperaturali konversiyada — 0,255 m<sup>3</sup>; mazutni nokatalitik gazifikatsiyalashda — 0,33 m<sup>3</sup> ni tashkil etadi.

Tabiiy gaz tarkibidagi metanni termooksidlovchi piroliz usuli bilan 1 tonna asetilen ishlab chiqarilganda 3600 m<sup>3</sup>, 1 tonna azot kislotasini to'g'ridan to'g'ri sintez qilish usuli bilan olinganda 120—150 m<sup>3</sup> kislorod sarf bo'ladi va hokazo.

Havoni ajratish qurilmalari yana qo'shimcha ravishda quyidagi — faqat toza azot; yoki faqat texnik kislorod, yoki faqat texnologik kislorod, yoki toza azot va texnologik kislorod; yoki yuqoridagi mahsulotlar bilan bir qatorda inert gazlar yoki ular to'plamlari ishlab chiqaradigan xillarga bo'linishi mumkin. Agregat holati bo'yicha yuqorida ko'rsatilgan mahsulotlar gaz yoki suyuq, yoki ikkala holatda ham ishlab chiqaradigan havo ajratish qurilmalari bo'lishi mumkin.

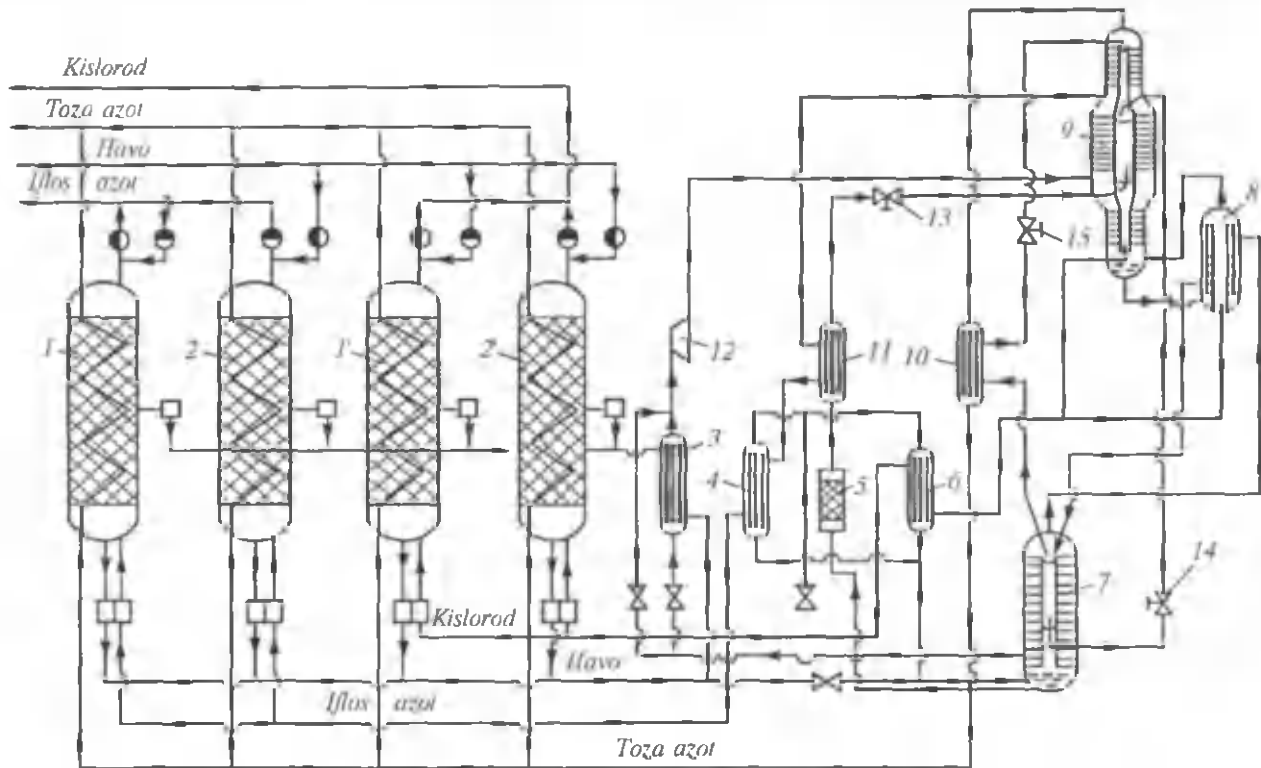
O'zbekiston Respublikasi bog'langan azot korxonalarida hozirgi davrda yirik unumdorlikka ega bo'lgan, yuqori avtomatlashgan havo ajratish qurilmalarining quyidagi xillari ishlatilmoqda: AKt-15 (BR-6); AKt-17-1 (BR-9), K-15 va hokazolar. Bu yerda ko'rsatilgan BR-6, BR-9 va shu kabilar rus tilida «блок разделения», ya'ni ajratish bloki, 6,9 va hokazo raqamlar esa qurilma xilining tartib sonini ko'rsatadi.

### **3.7. AKT-15 RUSUMLI HAVO AJRATISH QURILMASI TEXNOLOGIK TASVIRI**

Bir vaqtning o'zida ham toza azot (konsentratsiyasi 99,998% N<sub>2</sub>), ham texnologik kislorod (konsentratsiyasi 95,000% O<sub>2</sub>) ishlab chiqaradigan havo ajratish qurilmalaridan biri bu — AKt-15, ya'ni BR-6 rusumli havo ajratish qurilmasi bo'lib, uning texnologik tasviri 3.9-rasmda ko'rsatilgandir.

Bu qurilmaning atmosfera havosi bo'yicha unumdorligi o'rtacha 43000 m<sup>3</sup>/soat, toza azot bo'yicha 15000 m<sup>3</sup>/soat va texnologik kis-





3.9-rasm. AKT-15 xilidagi havo ajratish qurilmasi texnologik tasviri. 1, 2 — azotli regeneratrlar; 1', 2' — kislorodli regeneratrlar; 3 — muzlatgich; 4, 6 — mos ravishda azotli va kislorodli isitgichlar; 5 — silikagelli adsorber; 7 — pastki rektifikatsion minora; 8 — kondensator-bug'latgich; 9 — yuqori rektifikatsion minora; 10 — suyuq azotni o'ta sovitgichi; 11 — issiqlik almashtirgich; 12 — turbodetander; 13, 14, 15 — mos ravishda tub suyuqligi, suyuq iflos azot, suyuq toza azotlarni drossellash ventillari.

lorod bo'yicha  $7840 \text{ m}^3/\text{soatni}$  tashkil etadi. Shuni ta'kidlash kerakki, gazlarning bu hajmiy sarflari temperatura  $293 \text{ K}$  va bosim  $0,1 \text{ MPa}$  teng bo'lgan sharoit uchun berilgandir.

Bu qurilma akademik Kapitsa sikli bo'yicha birgina past —  $0,62 \text{ MPa}$  bosimda ishlaydi. Shunday qilib, changlardan tozalangan havo turbokompressorlarda (ular soni ikkita bo'lib, ular birgalikda qurilmani ishga tushirish vaqtida ishlatiladi, qurilmani ishlab turgan davrida faqat bir donasi ishlatiladi) siqilib (turbokompressorlar texnologik tasvirda ko'rsatilgan emas), so'ngra sovitilishi uchun ikkita parallel ishlaydigan qurilmadan  $95 \text{ K} - 93 \text{ K}$  gacha (regeneratorlarning pastki sovuq qismidagi temperaturalar) sovitilgan kislorodli regenerator (2) va azotli regenerator (1) ga tepadan pastga qarab yuboriladi. Umuman qurilmada jami to'rtta regenerator bor; ulardan ikkitasi kislorodli regenerator — (2) va (2') lar; ikkitasi esa — azotli regenerator (1) va (1') lardir. Dastlab havo o'tishi natijasida isib qolgan azotli (1') va kislorodli (2') regeneratorlar orqali ularni yana qaytadan sovitish uchun pastdan yuqoriga qarab, mos ravishda «iflos azot» (tarkibida  $97\% \text{ N}_2$  bo'lgan) va texnologik kislorod yuboriladi. Havo o'tadigan regeneratorlarda havodagi suv bug'i va uglerod dioksidi muzlab, regeneratorlar sirti va orasini to'ldirib, gidravlik qarshilikni ortib ketishiga va avariya holatini yuzaga kelishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun, regeneratorlardan o'tadigan tegishli gaz va havo oqimi yo'nalishlari har  $9-12$  minutda almashtirib turiladi; shunda havo bir vaqtning o'zida azotli (1') va kislorodli (2) (ular havo oqimi berilgandan so'ng shu gazlar bilan sovitilgan) regeneratorlarga, qolgan regeneratorlar (1') va (2') ga mos ravishda iflos azot va texnologik kislorodlar esa shu vaqtning o'zida faqat alohida-alohida berilib, shu nomdagi regeneratorlarni sovitadi. Yuqorida ko'rsatilgan vaqt ichida havo  $101 \text{ K}$  gacha soviydi va regeneratorlarning sirtida havodagi namlik va uglerod dioksidi muzlaydi, ammo regeneratorlarning jinslari esa aksincha bir oz isiydi. Texnologik kislorod oqimi «iflos azot» oqimi yo'nalishi almashtirilgandan boshlab,  $6$  minutdan so'ng o'zgartiriladi, ammo regeneratorlarda oqimlar almashtirilayotganda gazni berib turish saqlanib qoladi.

Havoni uglerod dioksididan ishonchli tozalashga erishish uchun regeneratorlarning pastki sovuq qismida to'g'ri va teskari gaz oqimlari orasidagi farq  $6-8 \text{ K}$  dan oshmasligi zarur. Bunga erishish uchun, tepadan kelayotgan havo oqimining  $10-12\%$  («tugmali» havo deb ataladigan) qismi regeneratoridagi jinslar balandligini taxminan yarmini o'tgach, regeneratoridan chiqazilib, sovitishni yanada davom ettirish uchun vaqti-vaqti bilan oqimlar yo'nalishi almashtirilib turi-

ladigan ikkita (texnologik tasvirda bir donasi ko'rsatilgan) muzlatgich (3) dan bittasini quvurlariga yuboriladi va yerda «tugmali» havo minus  $172^{\circ}\text{C}$  gacha sovitiladi. So'ngra regeneratrlar va muzlatgichdan chiqqan sovitilgan havoning bu ikki oqimi qo'shilishib, pastki rektifikatsion minora (7) ning tub suyuqligi qatlamiga beriladi. Shundan so'ng, bu sovitilgan regeneratrlar va muzlatgichdagi gidravlik qarshiliklarni e'tiborga olganda 0,6 MPa gacha siqilgan) havoning bir qismi, taxminan 11 ming  $\text{m}^3/\text{soatga}$  yaqini pastki rektifikatsion minora (7) ning pastki uchta tarelkasida uglerod dioksidi qoldig'i va asetilenni bir qismidan tozalangach, minora (7) dan chiqazilib, uning bir qismi taxminan 40% gachasi ketma-ket ishlaydigan muzlatgich (3) ni bittasiga yuboriladi, u yerda 168 K — 163 K gacha isib, qolgan 60% qismi esa muzlatgich (3) ga kirmay, uni yonboshlab o'tib, undan chiqqan isigan havoga qo'shiladi va 125 K temperaturada mayda mexanik iflosliklardan tozalash uchun filtrdan (texnologik tasvirda ko'rsatilgan emas) o'tib, so'ng ikki turbodetander (12) ning bittasiga (ikkinchisi texnologik tasvirda ko'rsatilgan emas) kirib, 0,14 MPa bosimgacha kengayadi va bu yerda hosil bo'lgan sovuqlik hisobiga havo 91 K gacha soviydi; bu sovigan havo turbodetander (12) dan chiqib, yuqori rektifikatsion minora (9) ning 14-tarelkasiga beriladi.

Pastki rektifikatsion minora (7) ning pastki qismida hosil bo'luvchi taxminan 38—40% kislorod va 62—60% azotdan iborat tarkibidagi tub suyuqligi uglerod dioksidi qoldiqlari va asetilendan ikki silikagelli adsorber (texnologik tasvirda bittasi ko'rsatilgan) (5) ning bittasida tozalanib, issiqlik almashtirgich (11) da 90 K gacha qo'shimcha sovitilib, drosselli ventil (13) da drossellanib, azot bilan ketma-ket to'yintirishi uchun yuqori rektifikatsion minora (9) ning 17-tarelkasiga yuboriladi. Pastki rektifikatsion minora 7-ning o'rtasidan «iflos» (97%  $\text{N}_2$ ) suyuq azot pastki tarelkalardan kelayotgan bug'larni yuvuvchi suyuqlikning bir qismi sifatida drosselli ventil 14 da 0,14 MPa bosimgacha drossellanib, yuqori rektifikatsiya minorasi (9) ning 30-tarelkasiga beriladi. Shu tarelkadan «iflos» azotning bir qism bug'lari issiqlik almashtirgich (11) ga va «iflos» azot isitgichga (texnologik tasvirda bittasi ko'rsatilgan) 4 ga, keyinchalik esa azotli regeneratrlar (1) ga «iflos» azotni sovuqligidan foydalanish uchun yuboriladi.

«Iflos» azot, regeneratrlar (1) ning jinslaridan o'tib, uni sirtlaridagi muz holdagi uglerod dioksidi va namlikni bug' holiga aylantirib,  $25\text{--}50^{\circ}\text{C}$  temperaturada atmosferaga ular bilan birga tashlab yuboriladi. Yuqori rektifikatsion minora (9) ning yuqori qismiga yaqin joyidan bug'larning bir qismini «iflos» azot ko'rinishida chiqazib tashlanishi qolgan bug'lardan yuqori rektifikatsion minora (9)

ning eng yuqorigi qismidan juda toza azot (99,998% N<sub>2</sub>) olishga imkon beradi.

Pastki rektifikatsion minora (7) ning yuqori qismidan toza azot bug'lari asosiy ikkita (texnologik tasvirda bir donasi ko'rsatilgan) parallel ishlaydigan kondensator — bug'latgichlar (8) ga va bitta tashqi kondensator (texnologik tasvirda ko'rsatilgan emas) ga yuboriladi. Bu jihozlarda muz holda va bosimi 0,55 MPa da bo'lgan azot kondensatlanib, suyuq holga o'tib, 96 K temperaturada pastki rektifikatsion minora (7) ning tarelkalari va ulardan chiqayotgan bug'larni yuvish uchun ishlatiladigan suyuqlik (flegma) sifatida rektifikatsion minora (7) ning to'plangichi (texnologik tasvirda ko'rsatilgan emas) ga qaytariladi.

Bu to'plangichdan suyuq azotning bir qismi uni qo'shimcha sovitish uchun suyuq azotni o'ta sovitgichi (10) ga, undan chiqib, drossellash ventili (15) orqali drossellanib, atmosfera bosimiga, yaqin (0,12—0,14 MPa) bosimida ishlovchi yuqori rektifikatsion minora (9) ning tarelkalarini sug'orish uchun suyuqlik (flegma) sifatida beriladi.

Gaz holiday toza azot yuqori rektifikatsion minora (9) ning yuqorigi qismidan chiqazilib, o'ta sovitgich (10) ga yuboriladi; u yerda toza azot o'z sovuqligini berib, minus 175°C gacha isiydi va barcha, ya'ni to'rtta regeneratrlar — (1, 1', 2, 2') ning ilonsimon quvurlariga berilib, u yerlarda o'z sovuqligini berib, 298 K — 303 K largacha isib, havoni ajratish qurilmasining bu regeneratrlaridan tayyor mahsulot sifatida chiqib, uning asosiy qismi gaz kompressiyasi, so'ngra sintetik ammiak ishlab chiqaradigan va boshqa sexlarga ortiqcha qismi esa gazgolderlar (gaz saqlagich) larga yuboriladi.

Suyuq kislorod yuqori rektifikatsion minora (9) ning tag qismidan o'z oqimi bilan kondensator — bug'latgich (8) ning quvurli qismiga yuborilib, u yerda bu jihozning quvurlararo qismida kondensatlanayotgan azotning kondensatlanish issiqligi hisobiga bug'lanadi. Bug'latilgan kislorod yana yuqori rektifikatsion minora (9) ning pastki qismiga qaytib keladi; bu yerda bug'lanmay qolgan kislorod tomchilardan tozalanib, texnologik kislorod isitgichi (6) ga yuborilib, u yerda minus 98 K gacha isib, kislorodli regeneratrlar (9) yoki (2') dan biriga kirib, u yerda isib, muz holiday uglerod dioksidi va namlikni bug'latib, tashqariga olib chiqib ketadi. Ma'lum bir vaqt 298 K — 303 K larda texnologik kislorodni iste'mol qiluvchi — tabiiy gazni konversiya qiluvchi, sintetik ammiakdan nitrat kislota oluvchi va hokazo sexlarga yo'naltiriladi.

«Iflos» azot isitgichi (4) va texnologik kislorod isitgichi (6) ga pastki rektifikatsion minora (7) ga ketayotgan, regeneratrlardan

sovib chiqqan havoning bir qismi uni o'ta sovitish va suyuqlikka o'tkazish uchun issiqlik tashuvchi sifatida beriladi.

3.9-rasmda keltirilgan texnologik tasvirni soddalashtirish maqsadida toza azot isitgichi va texnologik kislorod oqimidagi asetilen adsorberi ko'rsatilgan emas.

Hozirgi vaqtda havo ajratish qurilmalarida sovuqlikdan tejamliroq foydalanishga erishish maqsadida, ayniqsa, havoning yuqori temperaturali kunlari ko'p bo'lgan davlatlarda xususan, bizning Respublikamizdagi bog'langan azot korxonalarida havoni azot-suv sistemasini qo'llab sovitish qo'llanmoqda. Bu sistemada azotli regeneratlardan chiqayotgan «iflos» azot temperaturasi 298 K — 303 K da bo'lgani uchun sistemaga berilgan suvni qisman bug'latadi, natijada suv biroz soviydi va bu sovigani suv temperaturasi 318 K — 323 K dagi atmosfera havosi bilan uchrashib, uni sovitadi.

### **3.8. AKT-15 HAVO AJRATISH QURILMASINING ASOSIY JIHOZLARI**

Amaliyotda keng qo'llanilib kelinayotgan havo ajratish qurilmalaridan biri — bu AKT-15 rusumli qurilma bir qator yirik, mexanik mustahkam qilib ishlangan jihozlardan tashkil topgandir.

#### **3.8.1. Regeneratorlar**

Qurilmada ikki xildagi regeneratlari ishlatiladi: birinchisi azotli, ikkinchisi esa kislorodli regeneratlardir. Regeneratlarni issiqlik almashtirgichlardan asosiy farqi issiqlik almashish jarayonida bo'lib, regeneratlarda issiqlik almashish regeneratlarning ichiga joylashgan, o'lchamlari 4—8 mm keladigan bazalt yoki kvartsit donachalarini tashqi yuzalari orqali amalga oshiriladi; issiqlik almashtirgichlarda esa uni ichiga o'rnatilgan devorlari ma'lum qalinlikka ega bo'lgan quvurlar orqali amalga oshiriladi. Shuning uchun ham regeneratlarda issiqlik uzatish koeffitsienti issiqlik almashtirgichlarnikidan anchagina katta bo'lib, bu esa havoni ajratish uchun sarflanadigan elektr energiyasini ma'lum darajada kamaytirishga, bu bilan esa ishlab chiqarilayotgan mahsulotlar tannarxini pasaytirishga imkon yaratdi.

Azotli regeneratlari vertikal silindrik jihoz bo'lib, uning diametri 3,2 m va balandligi 9,75 m ga tengdir. Kislorodli regeneratlari esa diametri 2,2 m, balandligi 9,9 m. Regeneratlari maxsus markadagi po'lat X18H9T va shu kabilardan tayyorlanadi. Barcha regeneratlari ichiga issiqlik texnikasi hisoblariga binoan katta sondagi konsentrik,

parallel ulangan, diametri 12 mm bo'lgan misdan yasalgan ilonsimon quvurlar joylashtirilgan bo'lib, ular orqali doimiy ravishda toza azot o'tib turadi. Regeneratorning taxminiy o'rta qismiga bir qism havoni «tugmali» havo sifatida chiqazib turish uchun kollektor o'rnatilgan.

«Iflos» azot, texnologik kislorod va havo yo'nalishini belgilangan vaqtdan so'ng avtomatik tarzda almashtirib turishga erishish uchun regeneratordagi klapanlar o'rnatiladi.

Regeneratordagi kamchiliklaridan biri — u ham bo'lsa, moddiy oqimlardan bittasi havo qoldig'i bilan ifloslanib chiqib ketadi. Xususan, texnologik kislorodli regeneratordagi kislorodning bir qismi havodagi uglerod dioksidi va suv bug'i bilan ifloslanib, atmosfera havosiga tashlab yuboriladi.

### 3.8.2. Pastki rektifikatsiya minorasi

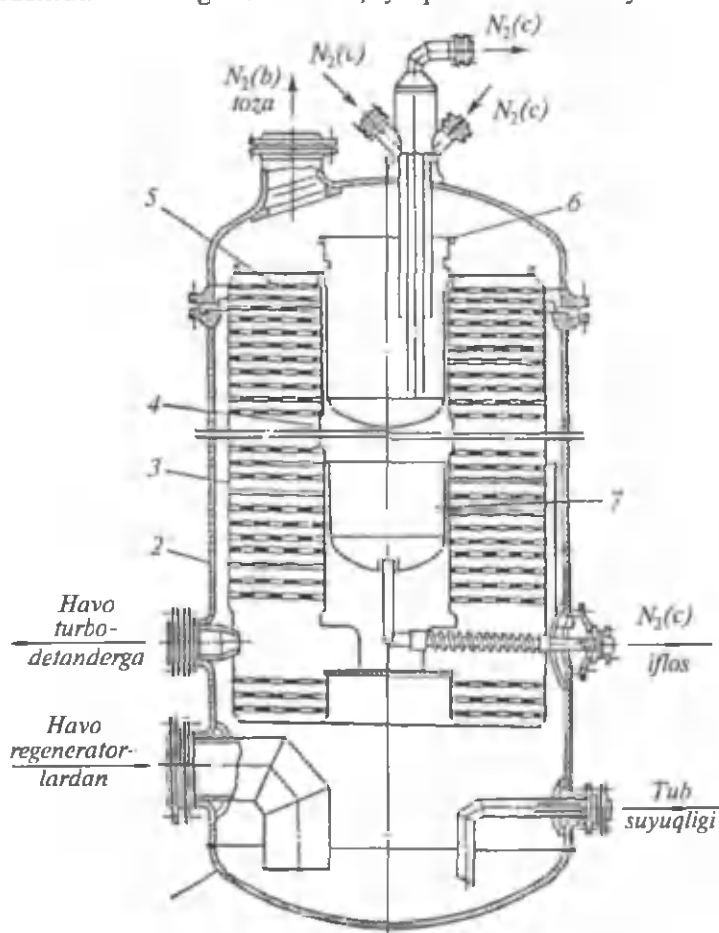
Pastki rektifikatsion minora havoni ajratish qurilmasining eng asosiy jihozlaridan biri bo'lib, sovitilgan atmosfera havosini dastlabki bo'lishi uchun, aniqrog'i, 0,5—0,6 MPa bosimidagi toza azot va pastki minora tagidagi to'planuvchi suyuqlik, amaliyotda 40% kislorod va 60% azotdan iborat kislorodli suyuqlik olish uchun xizmat qiladi.

Pastki rektifikatsiya minorasi 3.10-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, vertikal silindrik apparatni tashkil qilib, zanglamaydigan po'latdan yasalgan. Uning diametri 2,4 m va balandligi 7,7 m ga teng bo'lib, ikki korpusdan iborat: tashqi va ichki. Bunga sabab shuki, pastki rektifikatsion minora juda katta bo'lmasa ham, 0,5—0,6 MPa bosim ostida ishlaydi. Shuning uchun ham, tashqi korpus (2) bir oz qalinroq qilib ishlatilib, minora ichidagi bosimni ushlab turish uchun xizmat qiladi. Ichki korpus (3) devorlari qalinligi nisbatan yupqaroq qilib ishlanadi va uning ichki tomoni hamda ichki stakan (4) ning tashqi tomoniga jezdan yasalgan to'rsimon 33 ta rektifikatsion tarelka (5) va (5) ta yuvuvchi tarelka o'rnatilgan. Vertikal bo'yicha tarelkalar orqasidagi masofa 110 mm ni tashkil etadi. Tarelkalar o'rtasi doiraviy teshikli halqasimon va bir-biriga qarama-qarshi tomondan ikkitadan tashkil qilib yasalgan, ichki korpusning yuqori qismiga suyuq azot yig'gichi (6) joylashtirilgan.

Uni bir qancha teshiklari bo'lib, ular suyuq azotni tarelkalarga o'z oqimi bilan ko'piklar hosil qilmay, oqib tushishini ta'minlaydi. Ichki korpusning o'rta qismida yig'gich (7) o'rnatilgan bo'lib, u «iflos» azotni pastki rektifikatsiya minorasidan chiqazib turish uchun xizmat qiladi.

### 3.8.3. Yuqori rektifikatsiya minorasi

Yuqori rektifikatsiya minorasi sovitilgan havoni batamom bo'lishga va natijada toza azot va texnologik kislorod ishlab chiqarish uchun xizmat qiladi. Yuqori rektifikatsion minora deyarli bosim qo'llamay, atmosfera bosimiga yaqin — 0,13 MPa bosim ostida ishlaydi. Shuning uchun u unchalik qalin bo'lmagan korpusdan iboratdir. Yuqori rektifikatsiya minorasi pastki rektifikatsiya minorasi kabi vertikal silindrik apparatdan iborat bo'lib, umumiy balandligi 9,92 m ga teng bo'lib, konstruktiv tuzilishi bo'yicha pastki rektifikatsiya minorasi 3.10-rasmda keltirilgan. Ammo, yuqori rektifikatsiya minorasini



3.10-rasm. Pastki rektifikatsiya minorasi:

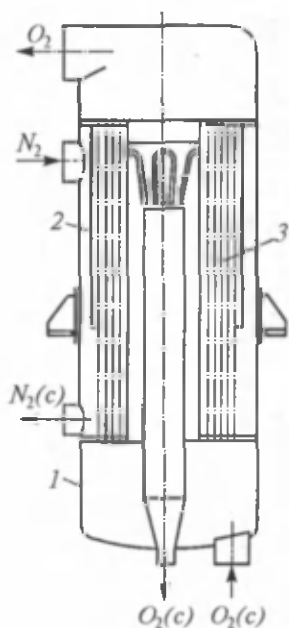
1 — tub; 2 — tashqi korpus; 3 — ichki korpus; 4 — ichki stakan; 5 — rektifikatsiya tarelkalari; 6 — suyuq azot yig'gichi; 7 — iflos suyuq azot yig'gichi.

pastki rektifikatsiya minorasidan farqi shundaki, yuqori rektifikatsiya minorasida moddiy oqimlar miqdori bir-biridan kuchli farq qilganliklari uchun minoraning pastki, o'rta va yuqori qismi diametrlari har xil bo'lib, mos ravishda 2,2 m, 2,6 m va 1,9 m ga teng bo'lib, ulardagi tarelkalar soni ham mos ravishda 14, 16 va 28 dona, jami 58 donaga teng. Minoraning o'rta qismidagi ichki stakanida 17-tarelkani tub suyuqligi bilan ta'minlaydigan va 30-tarelkani suyuq «iflos» azot bilan ta'minlaydigan suyuq «iflos» azot yig'gichi joylashtirilgandir. Yuqori rektifikatsiya minorasi yuqori qismiga suyuq toza azotni yuqorigi tarelkaga pufakchalarsiz berishga xizmat qiluvchi o'lchagich joylashtirilgandir.

### 3.8.4. Asosiy kondensator — bug'latgich

Bu apparat har qanday havo ajratish qurilmasining yuragi bo'lib, suyuqlanishi qiyinroq bo'lgan bug' holdagi azotni suyuqlikka va aksincha, suyuq kislorodni bug'lantirishga xizmat qiladi.

Asosiy kondensator-bug'latgich chizmasi 3.11-rasmda keltirilgan bo'lib, u vertikal qobiq quvurli apparat bo'lib, uning quvurlararo qismiga bosim 0,55 MPa ga teng bo'lgan gaz holdagi azot kondensator-bug'latgichini quvurli qismiga 0,13 MPa bosimida berilgan suyuq kislorodni qaynab, bug'lanishi natijasida hosil bo'ladigan sovuqlik hisobiga kondensator-bug'latgichga berilgan bug' holdagi azot suyuqlikka aylanib, pastki rektifikatsiyalash minorasining suyuq azot to'plangichiga oqib tushadi.



3.11-rasm. Asosiy kondensator-bug'latgich:  
1 — korpus; 2 — qobiq;  
3 — quvurlar.

Shunday qilib, kondensator-bug'latgichni pastki qismidan quvurli qismiga yuqori rektifikatsiyalash minorasidan suyuq kislorod beriladi. Bu yerda hosil bo'layotgan suyuq kislorod va uning bug'laridan iborat aralashma quvurlar bo'ylab tepaga harakat qiladi, bug' holdagi kislorod namli, ya'ni suyuq kisloroddan ajratiladi va u yerdan chiqib, yuqori rektifikatsion minorasining pastki qismiga yuboriladi. U yerda suyuq kislorodning bug'lanmay qolgan qismi bug' holdagi kisloroddan batamom ajratiladi va tub qismiga tushadi. Bug' holdagi kislorod esa minoradan chiqib, havo ajratish qurilmasining tegishli



apparatlariga yuboriladi. Bunday holat kondensatorning quvurlari doimo suyuqlik bilan to'ldirilgan bo'lganda sodir bo'ladi; «quruq» rejimda esa quvurlar ichida qattiq asetilen ajralib chiqishi mumkin.

Kondensator-bug'latgichning markaziy qismida suyuq kislorodni asetilendan tozalab turish uchun uni boshqa apparatlarga yuborish uchun teshiklari bo'lgan quvurlar o'rnatilgan.

Shunday qilib, kondensator-bug'latgichda bug' holdagi azotni bosimi yuqori va suyuq kislorodni bosimi esa aksincha, past bo'lgani sababli, bug' holdagi azot garchand uni kondensatlanish temperaturasi kislorodnikiga qaraganda past temperaturani tashkil etsa-da, suyuqlikka o'tadi. Bunga asosiy sabab, birinchidan, suyuq kislorodni bug'lanishi jarayonida hosil bo'luvchi sovuqlik va ikkinchi sabab — bu ham bo'lsa, bug' holdagi azotni bosimi yuqori bo'lgani uchun uning kondensatlanishi temperaturasini ma'lum darajada ko'tarilishidir.

### 3.9. HAVONI AJRATISH QURILMASI MAHSULOTLARI NAVLARI

Mahsulotning navi shu mahsulotdagi asosiy komponentlar miqdori bilan belgilanadi. Havoni ajratish qurilmalari mahsulot sifatida quyidagi moddalarni ishlab chiqarishi mumkin: azot, kislorod va inert gazlar. Ular gaz holda quyidagi shartli belgilar bilan belgilanadilar: A — azot; toza azot nomi bilan ikki xil navda: 99,998% N<sub>2</sub> va 99,98% N<sub>1</sub> ishlab chiqarilsa, kislorod esa quyidagi navlarda ishlab chiqariladi: K — texnik kislorod 99,5% O<sub>2</sub> va K<sub>1</sub> — texnologik kislorod 92—95% O<sub>2</sub>.

«Iflos» azot — yirik havoni ajratish qurilmalarining tashlandiq gazidir. Bu gaz past temperatura (93 K atrofida) bo'lgani uchun qurilma ichidagi har xil apparatlarda uning sovuqligidan foydalaniladi va plyus 291 K — 293 K atrofida atmosfera havosiga tashlanib yuboriladi va hozirgacha mahsulot sifatida hech bir joyda foydalanilmaydi.

Inert gazlardan Ar — argon 99,8% Ar, texnik kripton 80—95% (Kr + Xe) va hokazolar ishlab chiqarilishi mumkin.

GOST 5583-78 bo'yicha texnik kislorodni 3 xil navi ishlab chiqariladi: texnik kislorodning 1-navida kislorodning hajmiy ulushi 99,7% dan kam bo'lmaydi; 2-navida — 99,5% O<sub>2</sub> eng kamida va 3-navida — 99,2% O<sub>2</sub> dan kam bo'lmasligi ta'minlanishi lozim.

Texnik kisloroddan tashqari, tibbiyot kislorodi ham ishlab chiqarilmoqda. Tibbiyot kislorodi kislorod bo'yicha eng katta miqdorga ega bo'lishi shart.

Hozirgi davrda elektr energiya sarfi 1 m<sup>3</sup> texnologik (95% O<sub>2</sub>) kislorod uchun 0.53 kvт·soat, 1 m<sup>3</sup> toza azot uchun esa — 0,09

kvt-soatni tashkil etadi. O'zbekistonda hozirgi davrda gaz holiday azot ballonlarda GOST 9293-74; suyuq azot TU Uz 6.3-45-90, gaz holiday kislorod TU Uz 6.3-70-90 standart va texnik sharoitlar bo'yicha ishlab chiqarilmoqda.

Hozirgi zamon havoni ajratish qurilmalari havo tarkibidagi siyrak inert gazlar: argon, kripton, ksenon, neonlarni va boshqalarni ham ishlab chiqarishi mumkin. Bu maqsadlar uchun havo ajratish qurilmasiga qo'shimcha uskunalar o'rnatiladi; ular u yoki bu gazlar birlamchi konsentratini olishga xizmat qiladi va qo'shimcha minorada kerakli konsentratsiyadagi shu gaz ishlab chiqariladi.

Havo ajratish qurilmasining yuqoridagi mahsulotlari suyuq holda quyidagicha shartli belgilar bilan belgilanadi: As — suyuq azot; Ks — suyuq kislorod, Ars — suyuq argon.

Yaqin yillarga qadar O'zbekiston kimyo sanoati mashinasozligi, qolaversa, deyarli barcha sanoat korxonalari beto'xtov ishlashini ta'minlashga ma'lum darajada g'ov bo'lib kelgan muammolardan biri — bu gazli payvandlash jarayonini amalga oshirish uchun zarur bo'lgan, Markaziy Osiyoning ko'pchilik davlatlaridan metall ballonlarda bosim ostida keltiriladigan inert gaz muammosi edi. Mustaqillikning dastlabki yillaridanoq Respublikamiz kimyo sanoati rivojiga ko'rsatilayotgan katta amaliy chora-tadbirlar tufayli davlatimiz hududidagi havo ajratish qurilmalari tuzilishiga zamonaviy yangi texnologiyalar kiritilishi natijasida O'zbekiston argon ishlab chiqarish bo'yicha katta yutuqlarga erishdi.

### **3.10. AZOT, KISLOROD VA INERT GAZLAR ISHLAB CHIQRISH JARAYONINING TEXNIK-IQTISODIY KO'RSATKICHLARI**

Xalq xo'jaligi, xususan, kimyo sanoatida ham ishlab chiqarilayotgan har qanday mahsulot tannarxi bir qator sarf-xarajatlar va omillarga bog'liqdir. Sarf-xarajatlarning kattagina ulushini deyarli barcha kimyoviy mahsulotlar ishlab chiqarishda sarflanayotgan xom ashyo tashkil etadi.

Bog'langan azot mahsulotlari ishlab chiqarish uchun eng zarur bo'lgan azot, kislorod va elektr texnika va elektronika hamda bir qator xalq xo'jaligi sohalari uchun kerak bo'lgan inert gazlar ishlab chiqarish uchun cheklanmagan miqdordagi atmosfera havosi dastlabki xomashyo sifatida ishlatiladi.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, havoni ajratish qurilmalarida ishlatiladigan bu xomashyo dunyodagi barcha xomashyolardan farqli o'laroq tekindir. To'g'ri, bu havoni chang, namlik, uglerod dioksidi va shunga o'xshash aralashmalardan tozalash uchun ma'lum miq-

dorda xarajatlar qilinadi; ammo, bu xarajatlar juda oz miqdorda bo'lib ular ishlab chiqarilayotgan azot, kislorod va boshqa mahsulotlar tannarxiga unchalik ta'sir ko'rsatmaydi. Shunday qilib, havoni ajratish qurilmalarining mahsulotlari tannarxi asosan, qo'llanilayotgan qurilmalarning chuqur sovuqlik hosil qilish uchun qaysi siklni ishlatgani, qurilmaning unumdorligi, qanday turdagi va agregat holdagi mahsulot ishlab chiqarishga, elektr energiya bahosiga, qurilmaning avtomatlashtirilganlik darajasiga va hokazo omillariga bog'liqdir. Masalan, ishlab chiqarilayotgan 1 m<sup>3</sup> toza azot (99,99% N<sub>2</sub>) tannarxi G-6800 tipidagi qurilmadagiga qaraganda BR-6 va BR-9 qurilmasida mos ravishda 1,5 va 1,7 marta arzon. Bunga asosiy sabab, bizning hisoblariga qaraganda havo bo'yicha unumdorlik BR-6 va BR-9 tipidagi qurilmalarida G-6800 qurilmasiga qaraganda mos ravishda 6,3 marta va 12,4 marta, aksincha katta ekanligidadir.

Xuddi shu sabablarga binoan texnologik kislorod (95% O<sub>2</sub>) va texnik kislorod (99,5% O<sub>2</sub>) ning tannarxlari Kt-3600 tipidagi qurilmaga qaraganda BR-2 tipidagi havo ajratish qurilmasida ishlab chiqarilganda mos ravishda 1,8 marta va 1,9 marta kichikdir. Havo ajratish mahsulotlari tannarxiga nafaqat qurilmaning unumdorligining kattaligi, balki bir qator boshqa sarf-xarajatlar ham ta'sir ko'rsatadi. Ular 3.5-jadvalda ko'rsatilgan.

3.5-jadval

#### HAVO AJRATISH MAHSULOTLARI TANNARXLARI TARKIBI, (% da)

T/r	Sarf-xarajat bandlari	Havo ajratish bloklari				
		Kt-3600	BR-5	BR-1	BR-9	BR-2
1.	Elektr energiyasi	56,3	59,2	61,4	63,0	70,2
2.	Suv ta'minoti	2,8	3,8	3,5	2,8	0,9
3.	Issiqlik ta'minoti	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4
4.	Amortizatsion ajratmalar	16,8	18,0	17,7	17,5	17,6
5.	Bino va inshootlarni ta'mirlash	2,2	1,2	1,1	1,4	1,5
6.	Mehnat haqi qo'shimchalari bilan	6,7	3,8	2,2	1,4	1,0
7.	Moy, silikagel va boshqa materiallar	1,3	0,2	0,1	0,1	—
8.	Sex sarf-xarajatlari	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
9.	Umumzavod sarf-xarajatlari	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
	Jami	100	100	100	100	100

Tannarxning sarf-xarajatlari elektr energiyasining ulushiga bog'liqligi jadvaldan ko'rinib turibdi. Havo ajratish qurilmalarida elektr energiya, asosan, porshenli yoki turbinali kompressorlarda havoni siqish, ayrim nasos, ventilator, regeneratordagi moddiy oqim klapanlarini harakatga keltirishda va hokazolarda ishlatiladi.

Bu sarflar ichida eng katta ulush havoni siqish uchun sarf bo'ladi. Shuning uchun ham havo ajratish qurilmalarida hozirgi vaqtda turbo-detanderlar qo'llaniladi. Bu esa elektr energiya sarfini 10—12% ga kamaytirishga imkon yaratadi.

Elektr energiyasini havo ajratish mahsulotlari orasidagi solishtirma sarflari quyidagi 3.6-jadvalda keltirilgan.

3.6-jadval

### HAVO AJRATISH MAHSULOTLARI ORASIDA ENERGETIK XARAJATLARNING TAQSIMLANISHI, (% da)

Tyr	Mahsulotlar	Havo ajratish bloklari				
		BR-5	BR-1	BR-1A	BR-6	BR-2
1.	Texnologik kislorod	87,6	90,3	81,4	74,7	61,6
2.	Texnik kislorod	5,6	4,6	4,1	1,7	32,4
3.	Azot	4,3	2,3	11,8	23,6	3,7
4.	Kripton-ksenonli aralashma	2,5	2,8	2,7	—	2,3
	Jami	100	100	100	100	100

Havo ajratish qurilmalarini kompleks avtomatlashtirish qurilmani boshqarishda mehnat xavfsizligi darajasini oshirishga, havo ajratish qurilmasi mahsulotlari tannarxini esa, aksincha, kamaytirishga xizmat qiladi.

Havo ajratish qurilmalarida asosiy avtomatik boshqariluvchi parametrlar quyidagilardan iborat: azotli va kislorodli regeneratordagi jinslarni o'rta qismidagi temperatura; pastki va yuqorigi rektifikatsion minoralari hamda kondensatordagi suyuqliklar sathlari past-balandligi, u jihozlardagi gaz oqimlarining tarkiblari va hokazolar. Quyidagi 3.7-jadvalda avtomatlashtirishni havo ajratish qurilmasi texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlariga ta'siri ko'rsatilgan.

**HAVO AJRATISH BLOKLARI TEXNIK-IQTISODIY  
KO'RSATKICHLARIGA AVTOMATLASHTIRISHNING TA'SIRI**

T/r	Havo ajratish bloklari xillari	Unumdorlikni oshishi, %	Xizmat qiluvchilar sonini kamayishi, %	Elektr energiya sarfini kamayishi, %	Mahsulot tannarxini kamayishi	Qo'shimcha kapital mablag'larni qoplash muddati, yillar
1	2	3	4	5	6	7
1.	BR-5	2,1	24,2	2,0	2,4	3,7
2.	BR-9	2,6	22,4	2,0	4,8	1,1
3.	BR-2	4,2	24,8	2,0	5,7	0,6

Avtomatlashtirish bo'yicha sarflangan xarajatlar nisbatan tez mudatda qo'plandi. Havo ajratish qurilmalarining havo bo'yicha unumdorligini BR-5 dagiga qaraganda BR-9 va BR-2 da mos ravishda 2,8 va 5,3 marotaba ortishi mablag'larni qoplash muddatini mos ravishda 3,4 va 6,2 marta qisqartirishga olib keladi.

**3.11. HAVO AJRATISH QURILMALARIDA  
TEXNIKA XAVFSIZLIGI**

Havoni ajratish qurilmalarida, qurilmaning xillariga qarab, 0,6 MPa dan 20,0 MPa gacha bo'lgan bosim va temperaturasi 93 K — 83 K gacha bo'lgan chuqur sovuqlik qo'llanadi. Atmosfera havosini tarkibi o'rtacha 79% N<sub>2</sub> azot va 20,07% gacha O<sub>2</sub> kisloroddan, 0,03% CO<sub>2</sub> — uglerod dioksididan, 0,9% argondan tashkil topgan.

Azot oddiy sharoitda inert moddalarga o'xshash bo'lib deyarli hech qanday zararli xususiyatlarga ega emas. Ammo, azotning zaharli ta'siri ham borligi oxirgi yillarda nashr etilgan adabiyotlardan ma'lum bo'lib, azotning bu salbiy xususiyati kislorod bosimi birdaniga pasayganda ro'y berar ekan.

Kislorodning bosimi 100 mm simob ustuniga teng bo'lganda anoksiyaning oqibatlarini ko'rinish boshlaydi. Organizmning azotga to'yinishi juda tez amalga oshadi, chunki azot havo bosimini pasayishiga proporsional ravishda ajralib chiqadi.

Havoning bosimi 4 kg/sm<sup>2</sup> yoki havo tarkibida azotning ulushli bosimi 0,80 bo'lganda, azotning bosimi 3,20 kg/sm<sup>2</sup> ga teng bo'lgan sharoitda ko'rinish, eshitish, hidni seza bilishlik, birovlariga yoki biror narsaga tegib ketishlik bo'yicha reaksiyasini pasayishiga, aqliy faoliyatini kuchsizlanishi kabi holatlarni paydo bo'lishi sezilgan. Havoning umumiy bosimi 10 kg/sm<sup>2</sup> yoki azotning bosimi 8,0 kg/sm<sup>2</sup> bo'lganda muskullar harakatini keskin buzilishi qayd qilingan.

Azotning bosimi  $8 \text{ kg/sm}^2$  ga teng bo'lganda g'avvos suvda 100 m chuqurlikda 5 minut bo'lganda boshi aylanganligi, ko'z oldida rangli aylanalar paydo bo'lganiga, mast odamga o'xshash xislatlar paydo bo'lganiga, ongi xiralashib qolganiga, harakatlarini muvofiqlashtira olmaslikdan shikoyatlar qilgan. 100 metrdan ortiq chuqurlikda azotning narkotik ta'siri g'avvosni ishlashi uchun imkoniyat bermaydi. Yuqori bosimlarda kesson va g'avvoslik ishlarida havodagi azot inson tanasining qon va to'qimalarida eriy boshlaydi va tezlikda bosimni pasayishi sharoitida pufakchalar hosil qilib, tanadan chiqa boshlaydi. Natijada dekompression kasalliklari yoki «kesson betobligi»ni keltirib chiqaradi. Shuning uchun bo'lsa kerakki, g'avvoslik ishlarida azot o'rniga geliy bilan kislorod aralashmasi qo'llanadi.

Suyuq azot yoki suyuq kislorod hamda suyuq havo bilan ishlar olib borilganda chuqur sovuqlik natijasida har xil darajadagi kuyish holatlari ro'y berishi mumkin. Ayrim jihozlarni tayyorlashda ishlatiladigan oddiy uglerodli po'lat yoki cho'yanlar suyuq holdagi azot, kislorod yoki havo bilan uchrashganda o'zining mexanik va elastiklik xususiyatlarini keskin pasaytirib yuboradi va havoni ajratish qurilmada juda katta xavf tug'diradi. Shuning uchun ham bir qator havo ajratish qurilmalari (G-6800 va shunga o'xshash qurilmalar) ning chuqur sovuqlikda ishlaydigan issiqlik almashgichlar, rektifikatsion minoralar, asosiy kondensatorlar va boshqalar asosan M1, M2 va M3 markadagi mislardan tayyorlangan. Ammo, bu qurilmalarda havo va uning komponentlarini asetilendan yaxshi tozalanmasligi tufayli uning mis bilan birikmasi — mis asetilenidi hosil bo'lishi holatlari tez-tez kuzatilib turadi. Bu birikma esa kislorod bilan ma'lum bir sharoitlarda, ayniqsa, qurilmani ta'mirlashga to'xtatish vaqtida, portlab ketish holatini vujudga keltirmoqda. Shuning uchun bu jihozlardagi misni zanglamaydigan X18H9T yoki shunga o'xshash markadagi po'latlar bilan almashtirish amaliyotda keng qo'llanilmoqda.

Suyuq azot, kislorod va havo bilan ishlar olib borilganda qalinroq matodan tikilgan qo'lqoplar, himoyalovchi ko'zoynaklar qo'llanadi. Havoni ajratish qurilmalaridan sovuqlikni yo'qotishni kamaytirish va uni bir xil darajada ushlab turishni ta'minlash maqsadida ular bino ichiga o'rnatiladi. Bino devorlari maksimal miqdorda yorug' derazalar bilan ta'minlangan bo'lmog'i kerak, chunki havo ajratish qurilmasida nogahon portlash sodir etilganda, portlash natijasida hosil bo'luvchi kuchli havo to'lqinlari deraza oynalarini yengilgina sindirib o'tib ketib, bino deyarli butun holda qolishiga sharoit yaratiladi.

Havo ajratish qurilmalari joylashtirilgan binoda, kislorod saqlovchi gazgolderlar atrofida moyli lattalar, yog'och materiallari bo'lishiga yo'l qo'yilmaydi, chunki ular kislorodda yonib ketib, havo ajratish sexi va uni atroflarida xavfli holat, ya'ni portlashga olib kelishi mum-

kin. Havo ajratish sexi hududida spirtli ichimliklar iste'mol qilish va chekish man etiladi. Sex ichida va uning tashqarisida olov yordamidagi ishlar (gazli yoki elektr payvandlash va hokazolar) bajarilishi uchun korxonada Bosh muhandisining maxsus ruxsatnomasi bilan shu sex mexanigi va korxonada gazdan saqlash bo'limi xodimi ishtirokida payvandlovchi maxsus yo'riqnomasi bilan tanishganligi hamda sex jurnalida belgilanganligi tekshirilib, ishonch hosil qilingach ruxsat etiladi.

Havo ajratish sexlarida uchqun chiqishiga yo'l qo'ymaslik uchun mis yoki jezdan qilingan bolg'alar, suyuq kislorod, havo yoki azotni sex ichida tashish uchun jezdan qilingan chelaklar ishlatiladi. Sex laboratoriyasi xodimlari tomonidan tasdiqlangan grafik asosida havo ajratish sexi binosidagi havo tarkibi aniqlanib turiladi va havoda kislorodning miqdori 16% gacha pasayib ketishiga ruxsat etiladi; undan pasayib ketishiga yo'l qo'yilmaydi, mabodo pasayib ketsa ishlovchilarning sog'liqlarida salbiy o'zgarishlar ro'y bera boshlaydi va sexni qo'l bilan yoki markaziy pult orqali boshqarishlarida xatoliklarga yo'l qo'yilsa sexda xavfli holat ro'y berishi mumkin.

Havo ajratish qurilmalari ichidagi jihozlardagi temperaturalarni sex texnologik reglamentida bayon etilgan texnologik normalar atrofida ushlab turishga erishish uchun har bir jihoz atrofida temperaturani keskin o'zgarishiga yo'l qo'ymaslik kerak. Bunday sharoitni hosil qilish uchun havo ajratish qurilmasi korpusi bilan jihozlarning orasiga maxsus issiqlik yoki sovuqlikni yo'qolishiga yo'l qo'ymaydigan hamda issiqlikni deyarli o'tkazmaydigan materiallar — shisha tolalar, asbest parchalari ishlatiladi. Havo ajratish qurilmalari ta'mirlanayotgan vaqtda issiqlik o'tkazmaydigan materiallardan changlar hosil bo'lishi mumkin. Ular ishlovchilar hayoti — ko'zi, nafas yo'llari, o'pkasi va boshqa organlari uchun ma'lum darajada zarar yetkazadi. Bunday salbiy holatlarning oldini olish uchun maxsus chang ushlagichlar — filtrlar, changga qarshi respiratorlar va boshqalar ishlatiladi.

Quyida havo ajratish qurilmalari sexlari va uning ayrim bo'limlari uchun texnika xavfsizligi va yong'in xavfsizligi bo'yicha ayrim ma'lumotlar keltirilgan.

3.8-jadval

### BINO VA TASHQI QURILMALARNI YONG'IN VA PORTLASH XAVFSIZLIGI BO'YICHA TURKUMLASHI

Bo'lim, sex yoki korpus	Binoni arxitektura qurilish shakli	Muhitni umumiy tavsiflash	Muhitni yong'in va portlash bo'yicha tavsiflash	Bino (qurilmani) sinfi
Kislorod puflash uchun alohida binolar	Bir qavatli bino	Normal holda	Portlash bo'yicha xavfsiz	—

**ELEKTR ENERGIYA BILAN TA'MINLASHDA MUSTAHKAMLIK  
BO'YICHA ELEKTR QABUL QILUVCHILAR TURKUMI**

Ishlab chiqarish, bo'lim yoki qurilma	Portlash bo'yicha muhit tavsifnomasi	Qurilma sinfi	Elektr qabul qiluvchini xili va vazifasi	Elektr qabul qiluvchilarni ruxsat etilgan turkumi	Ko'rsatilgan turkum belgilash uchun asos
Texnologik jihozlarni puflash uchun, azotni olish va tarqatish qurilmalari gazgolderlar bilan birga	O'rnatiladigan joyiga qarab	—	Gaz puflagichlar va kompressorlar	I	Qurilmani shikastlanish va xavfli holat ro'y berishini oldini olish uchun

3.10-jadval

**ISHLAB CHIQRISH BINOLARI VA INSHOOTLARINING YONG'IN XAVFLILIGI DARAJASI BO'YICHA TURKUMLARI**

Obyekt	Yong'in xavfliligi bo'yicha kategoriyasi	Binolarning alangaga chidamlilik darajasi (bundan past emas)
Havo puflagich bo'limi	D	II
Havo kompressiyasi bo'limi	D	II
Ishqorni regeneratsiyalash bo'limi (G-6800 va shunga o'xshash rusumli havo ajratish qurilmalarida):		
Ishlatilgan ishqor idishlari binosi	A	II
Boshqa binolar, shular qatori ohakli sut tayyorlash qurilmasi bilan birga	D	II
Azotni kompressiyalash bo'limi	D	II
Havoni ajratish bo'limi	B	II
Havoni uglerod dioksididan tozalash bo'limi (G-6800 va shunga o'xshash rusumli havo-ajratish qurilmalari)	D	III
Ballonlarni kislorod bilan to'ldirish binosi	V	II
Havoni so'rib olish va filtrlash stansiyasi	D	III



**AZOT SANOATI XOMASHYOLARI, YORDAMCHI MODDALARI VA MAHSULOTLARINING  
ASOSIY FIZIK-KIMYOVIY VA YONG'IN HAMDA PORTLASH BO'YICHA XAVFLILIK XUSUSIYATLARI**  
(Havo ajratish sexi bo'yicha).

Modda	Azot sanoatida qo'llanishi va ahamiyati	Tavsifi	Portlash chegarasi, (x) %		Temperatura, K		
			Havo bilan aralashmada	Kislorod bilan aralashmada	Birdan yonib ketish	Alanganish	O'z-o'zidan alanganish
1	2	3	4	5	6	7	8
Azot N <sub>2</sub>	Havo va ammiak hamda metanol ishlab chiqarish uchun qo'llanadigan gazlar tarkibiga kiradi. Havoni chuqur sovuqlik qo'llab, rektifikatsiyalash usuli bilan ajratishda olinadi.	Hidsiz va yonmaydigan rangsiz gaz	—	—	—	—	—
Uglerod dioksidi CO <sub>2</sub>	Karbamid, quruq muz ishlab chiqarish xomashyosi. Texnologik gazlar va distillyatsiya gazlari hamda atmosfera havosi (0,03 (h) % gacha) tarkibiga kiradi. Ularni CO <sub>2</sub> dan tozalashda olinadi.	Rangsiz, hidsiz va yonmaydigan gaz	—	—	—	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8
Kislorod O <sub>2</sub>	Havoni chuqur sovuqlik qo'llab, rektifikatsiyalash usuli bilan ajratishda olinadi. Uglevodorodli gazlarni konversiyasida, qattiq yoqilg'ini gazlashtirishda, azot kislotasini to'g'ridan to'g'ri sintez qilishda, karbamid ishlab chiqarishda (korroziyani oldini olish uchun qo'llanadi)	Rangsiz, yonmaydigan gaz, lekin yonish jarayonini faol qo'llab-quvvatlaydi. Yonuvchi gazlar, yonuvchi suyuqliklar bug'lari va chang bilan konsentratsiyaning keng diapazonida portlashga moyil bo'lgan aralashmalar hosil qiladi. Kislorodni porshenli kompressorlar silindrlaridagi va boshqa jihozlardagi moylar bilan tutashganda temperaturani tezlikda ortib ketishi, moyni intensiv oksidlanishi va bug'lanishi, kislorod bilan moy bug'larining portlashga moyil aralashmasi hosil bo'lishi sodir bo'ladi. Kislorod gazi bilan to'yingan kiyimlar alanganing har qanday manbasi (gugurt, papiroslar) dan yonib ketadi. Suyuq kislorod juda xavflidir: Organik birikmalar bilan uchrashganda portlashga moyil aralashmalar hosil bo'ladi. (paxta, parafin va boshqa organik birikmalardan qilingan tiqma va asbestli qistirmalar bilan kislorodni tutashishida yong'inlar va portlashlar bo'lishi mumkin). Moy va yog'lar siqilgan kislorod muhitida o'z-o'zidan alanganib, portlab ketadilar. Moyli kiyim kislorod muhitida olov manbasi bo'lmagan holda ham yonib ketishi mumkin. Yuqori konsentratsiyalardagi texnik va texnologik kislorodlar atmosfera havosini chuqur sovuqlik qo'llab, rektifikatsiya usuli bilan olinadi.	—	—	—	—	—

**AZOT SANOATI XOMASHIYOLARI, YORDAMCHI MODDALARI VA MAHSULOTLARI TEXNIK  
XUSUSIYATLARI (atmosfera havosini ajratish sexi bo'yicha)**

Modda	Zaharli xususiyatlari (inson organizmiga ta'siri)	Chegaraviy ruxsat etilgan konsentratsiya			Sanitar-maishiy suvdan foydalanuvchilar suv havzalaridagi suvda, mg/l	Himoyalovchi protivogaz markasi	Ishlab chiqarish jarayonlari guruhi (SN 245-63 bo'yicha)	Sanitar-himoyalovchi hudud eni, m
		Ishlab chiqarish binolari ishchi zonasi havosida, mg/m <sup>3</sup>	Aholi joylari atmosfera havosida, mg/m <sup>3</sup>					
			Maksimal, bir marotabali	O'rtacha kun bo'yicha				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kislorod O <sub>2</sub>	Oddiy sharoitda fiziologik inert; havoda kislorodning yetishmasligi bo'g'ilishga olib keladi.	Zaharsiz, kislorodning yetishmasligi miya to'qimalarida oksidlanish jarayonlarini intensivligini pasaytirishga va markaziy nerv sistemasini buzilishiga olib keladi. Uzoq vaqt toza kislorod bilan nafas olinganda o'pka pardasi shishini massiv ravishda rivojlantirishi natijasida o'lim kiritib keladi.	—	—	—	—	Ia	50

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Azot N <sub>2</sub>	Narkotik va bo'g'uvchi (nafas olish hududidan kislorodni siqib chiqaradi); nafas olish markazlarini kichik konsentratsiyalarda uyg'otadi. Katta konsentratsiyalarda esa ruhiy ezilishiga olib keladi.	—	—	—	—	Izolatsiya-lovchi (shlangali yoki kislorodli)	Ia	50
Uglerod dioksidi CO <sub>2</sub>						Izolatsiya-lovchi (shlangali yoki kislorodli)	Ia	50

Havoni ajratish qurilmalarida ishlovchilar o'z sohasi bo'yicha ma'lum bir texnologik bilim va ko'nikmalarga hamda sanitar-gigiyena qoidalarini bilmog'i zarur. Shuning uchun ham havoni ajratish qurilmalarida ishlaydigan har bir xodim o'z lavozimiga mos ravishda maxsus yo'riqnomadan o'tib, ma'lum bir vaqt mobaynida tegishli mehnat uquviga ega bo'lgandan so'nggina mustaqil ishlashiga ruxsat etiladi.

Havoni ajratish qurilmalarida texnika xavfsizligini yanada yuqori darajaga ko'tarishga erishish uchun hozirgi davrda ular kuchli avtomatik boshqaruvga ega bo'lgan holatda ishlab chiqariladi.

### 3.12. AKT-15 HAVO AJRATISH QURILMASINI AVTOMATLASHTIRISH

Hozirgi davrda ishlab chiqarilayotgan havo ajratish qurilmalari yuqori texnik ko'rsatkichlarga ega bo'lgan murakkab tuzilgan qurilmalar xiliga kirib, uni aniq va xavfsiz boshqarishga erishish hamda unda ishlovchilar sonini iloji boricha kamaytirish, sifatli mahsulot ishlab chiqarishni ta'minlash va pirovard natijada qurilmadagi deyarli barcha jarayonlarni avtomatik boshqarishga erishish katta ahamiyat kasb etadi (3.9-rasmga qarang).

Qurilma ishini avtomatik boshqarishning umumiy maqsadi toza azot va texnologik kislorodni minimal energiya sarflab va qurilmani xavfsiz ishlashini ta'minlovchi sharoitlariga itoat etib barqaror ishlab chiqarishini ta'minlashdan iboratdir. Bu maqsadlarga erishish uchun issiqlik-sovuqlik jarayonlari va rektifikatsiya jarayoni berilgan parametrlarda ushlab turilmog'i zarur.

Bu qurilmada sovuqlik asosan, turbodetander (12) da (qolgan qismi esa drosselli ventillar (13), (14), (15) da ishlab chiqariladi. Shuning uchun turbodetander (12) orqali o'tadigan havoning miqdorini boshqarish va undagi bosimni pasaytirilishini nazorat qilish qurilma ishidadagi asosiy omillardan hisoblanadi. Turbodetander (12) dan chiqayotgan havoning temperaturasi uning kondensatsiyalanish temperaturasidan 3—5 K yuqori bo'lmog'i kerak.

Regeneratorlar (1), (1'), (2), (2') uchun to'g'ri va teskari moddiy oqimlarni to'g'ri taqsimlash har bir regeneratorni yaxshi ishlashining zarur shartlaridan biridir. Issiq oqimni puflash oxirida, ya'ni regeneratorlarni sovuq tomonida havoning temperaturasi uni kondensatsiyalanish temperaturasidan 3—5 K yuqori bo'lmog'i kerak, aks holda bir qism kondensatlangan, ya'ni suyuq havo bilan suyuqlanmay gaz holida qolgan havo aralashmasi quvurlarda yoki apparatlarda katta tezlikda harakatlanayotganida qattiq gidravlik zarbalar hosil qilib, qurilmada xavfli holatni vujudga keltirishi mumkin. Ikkinchi tomondan regeneratorlarni sovuq tomondan chiqayotgan sovuq havo temperaturasini uning kondensatsiyalanish temperaturasidan 3—5 K yuqori bo'lishligi havoni uglerod dioksididan to'liq tozalanishini ta'minlaydi va regenerator jinlari sirtida qattiq uglerod dioksidini to'planishiga yo'l qo'ymaydi.

Muzlatgich (3) dan chiqishda havo oqimlarining temperaturasi 111 K — 108 K atrofida ushlab turiladi. Bu esa regeneratrlar (1), (1'), (2), (2') ning taxminan o'rtalaridan olingan havoni uglerod dioksididan tozalanishini ta'minlaydi. Asosiy (8) va qo'shimcha (3.9-rasmda ko'rsatilgan emas) kondensator-bug'latgichlarda suyuq kislorodni bug'latilishi «nam» rejimda olib boriladi, ya'ni kondensatorlar quvurli qismlarida suyuq kislorodni sathi belgilangan sathdan past bo'lishiga yo'l qo'yilmaydi.

Kerakli konsentratsiyadagi azot ishlab chiqarishni ta'minlash uchun yuqori rektifikatsiyalash minorasi (9) ning yuqori tarelkasiga berilayotgan azot flegmasining tozaligiga va miqdoriga e'tibor qaratiladi. Ishlab chiqarilayotgan texnologik kislorod konsentratsiyasini yuqori rektifikatsion minora (9) ni pastidan olinayotgan gaz holiday kislorod miqdorini o'zgartirish bilan boshqariladi. Texnologik jaryonlarni to'g'ri boshqarishga erishish havo ajratish qurilmasining tejamkorlik rejimida uzoq vaqt va barqaror ishlashini ta'minlaydi.

Texnologik rejimning eng asosiy parametrlarini havo ajratish qurilmasi tarkibidagi temperatura, sarf, sath, bosim va konsentratsiyalar regulyatorlari yordamida kerakli ko'rsatkichlarda ushlab turiladi va boshqariladi. Masalan, regeneratrlar (1), (1'), (2), (2') lar o'rtqa qismidagi temperatura bo'yicha har bir regeneratrdagi havo oqimi miqdori boshqariladi, regeneratrlarni sovuq tomonidagi issiq puflash oxiridagi temperaturaga qarab regeneratrlarni o'rtasidan olinayotgan havo miqdori boshqariladi.

Ishlab chiqarilayotgan azotning kerakli tozaligini ta'minlash uchun gazoanalizator ko'rsatkichlari bo'yicha yuqori rektifikatsion minora (9) ning yuqori tarelkasiga berilayotgan azot flegmasining miqdori bilan boshqariladi. Sath regulyatorlari yordamida yuqori rektifikatsiyalash minorasi (9) ning tag qismidagi va kondensator-bug'latgichlar (8) dagi sathlar bir xil balandliklarda ushlab turiladi.

AKT-15 havo ajratish qurilmasining ishlash muddati odatda uglerod dioksidi muzchalarini pastki rektifikatsiyalash minorasi (7) da to'planib qolishiga bog'liq bo'lib, bir yildan kam bo'lmagan davrni tashkil etadi. Boshqa yuqori ishlab chiqarish unumdorligiga ega bo'lgan havo ajratish qurilmalari ishlash muddatlari ham shunday ko'rsatkichlarga egadirlar.

### **3.13. HAVO AJRATISH QURILMALARINING GAZ HOLIDAGI VA SUYUQLANTIRILGAN GAZLARINI SAQLASH VA TASHISH**

Amaliyotda gaz holiday kislorod va azotni yirik iste'molchilari (tabiiy gazni konversiyalash, sintetik ammiak ishlab chiqarish, to'g'ridan to'g'ri usul bilan azot kislotasini olish va hokazo sexlar) talablarini qondirish maqsadida tegishli quvvatdagi havo ajratish qurilmalari iloji boricha iste'molchilarga yaqin joylarga quriladi va bu gazlar quvurlar orqali iste'molchilarga yetkaziladi.

Ishlab chiqarish korxonalarida ma'lum bir sabablarga binoan havo ajratish qurilmalari qisqa bir davrga to'xtatilishi mumkin. Shunday holatlarda yuqorida bayon etilgan sexlar faoliyatini uzluksiz davom ettirishga erishish uchun gaz holdagi azot, argon, kislorod va hokazo gazlar ma'lum bir hajmlarda bir nechta gaz saqlagichlar — past bosimli va o'zgaruvchan hajmli gazgolderlarda saqlanadilar. Gazgolderlarni ikki — quruq va nam xillari mavjud bo'lib, amaliyotda, asosan, nam gazgolderlar qo'llaniladi, chunki ular tuzilishi, konstruksiyasi nisbatan oddiy va ishlatishda quruq gazgolderlarga qaraganda katta xavfsizlikka egadirlar. Gazgolderlar hajmi 100 m<sup>3</sup> dan 30000 m<sup>3</sup> gacha bo'ladi. Ko'pchilik hollarda gazgolderlar hajmi va ular soni iste'molchilarni 10—60 minut mobaynida beto'xtov ishlashini ta'minlaydigan gaz zaxirasi bilan aniqlanadi.

Agarda ko'p sonli, ammo mayda iste'molchilar mavjud bo'lsa, havo ajratish qurilmasi tarkibiga gaz to'ldiruvchi stansiya ham kiritiladi va u joyda po'latdan yasalgan gaz ballonlari siqilgan gaz bilan to'ldiriladi. Siqilgan gazda namlik 0,07 g/m<sup>3</sup> dan oshmasligi kerak, aks holda uglerodli po'lat ballonlarni bu namlik sezilarli darajada korroziyaga, ya'ni uning chirishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun bu siqiladigan gazlar faollashtirilgan glinozyom yoki silikagel orqali o'tkazilib, quritiladi.

Azot, kislorod va argon uchun ballonlar uglerodli yoki kam uglerodli po'latdan yasalgan vertikal silindrik shakldagi idish bo'lib, po'latli bashmoq ko'rinishidagi tayanchga ega; gidravlik sig'imi 40 litr bo'lgan ballonlar eng ko'p qo'llanadi. Kislorod uchun ballonlar havo rangli bo'yoq bilan «kislorod» so'zi, azot uchun ballonlar esa qora rangli bo'yoqqa bo'yalib, sariq rangda «azot» degan so'z yozib qo'yiladi. Ballonlar gazlar bilan asosan, 313 K da 16 MPa bosimda to'ldiriladi; agarda 293 K da ballonlar gaz bilan to'ldirilsa, undagi bosim 15 MPa bo'ladi.

Ballonlarni nisbatan kichik sig'imga ega bo'lganliklari uchun va shu munosabat bilan ularni tayyorlash uchun metallning katta miqdorda sarflanishi tufayli kislorod suyuq holda hajmi 1—30 m<sup>3</sup> keladigan po'latdan yasalgan maxsus idishlarda avto va temir yo'l transportlari orqali tashiladi.

## NAZORAT SAVOLLARI

1. Atmosfera havosini ajratish usullarini so'zlab bering.
2. Havoni suyuqlantirish va so'ngra uni ajratish uchun chuqur sovuqlik olishning qanday sikllari qo'llanadi?
3. Nima uchun havoni suv bug'i, uglerod dioksidi, chang va asetilendan tozalash zarur? Yirik havo ajratish qurilmalarida havoni bu aralashmalardan qanday tozalanadi?
4. AKT-15 havo ajratish qurilmasi qanday ishlaydi.
5. Regeneratorlar, bu qurilmadagi pastki va yuqorigi rektifikatsiya minoralari, asosiy kondensator-bug'latgichlar tuzilishini tushuntirib bering.
6. AKT-15 havo ajratish qurilmasini avtomatik boshqarishning asosiy prinsiplarini so'zlab bering.
7. Gaz va suyuqlantirilgan holdagi gazlar qanday saqlanishi va tashilishi haqida so'zlab bering.

## 4-BOB

# VODOROD VA AZOT-VODOROD ARALASHMASINI ISHLAB CHIQRISH

### 4.1. ELEMENTAR VODORODNING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARI, XALQ XO'JALIGIDAGI AHAMIYATI VA NAVLARI

Vodorod normal sharoitda (bosim 0,1 MPa, temperaturasi 273 K) rangsiz, hidsiz gaz holdagi modda bo'lib, vodorodning kimyoviy belgisi H (gidrogenium), uning atom og'irligi 1,00794 uglerod birligiga tengdir. Vodorod molekulasini normal sharoitda ikki atomdan iborat bo'lib, kimyoviy formulasi  $H_2$ , molekular og'irligi 2,01588 u.b. ga tengdir.

Vodorod 1766-yilda G.Kavendish tomonidan kashf etilgan. Rux, temir va qalayga osh tuzi kislotasi, ya'ni xlorid kislotasi va sulfat kislotasi ta'sir ettirilganda, G.Kavendish yonuvchi gaz olgan va u gaz na suvda va na ishqorlarda, na ammiakda erimagan hamda havodan 11 marotaba, suvdan esa 9000 marta yengil ekanligini aniqlagan.

Vodorod quyidagi asosiy xususiyatlarga ega:

1. Nisbiy molekular massasi 2,0149.
2. Molyar hajmi, litr (273,15 K temperatura va 0,101335 MPa bosimda 22,412).
3. Qattiq holdagi vodorodning erish temperaturasi, K (bosim 0,101325 MPa ga teng bo'lganda) 13,95.
4. Suyuq holdagi vodorodning qaynash temperaturasi, K (bosim 0,101325 MPa ga teng bo'lganda) 20,66.
5. Kritik o'lchamlari:  
temperaturasi, K 33,25  
bosimi, MPa 1,297  
solishtirma hajmi,  $m^3/kg$  0,032225.

Vodorod quyidagi termodinamik xususiyatlarga ega (bosim 2,533 MPa va temperatura 273,15 K ga teng bo'lganda):

6. Uchuvchanlik, MPa 2,673
7. Nisbiy hajm,  $m^3/kg$  0,4512
8. Nisbiy entropiya,  $kJ/(kg \cdot K)$  13,25



9. Nisbiy entalpiya, kJ/kg 25,34
10. Nisbiy issiqlik sig'imi, kJ/(kg · K) 14,29
11. Issiqlik o'tkazuvchanligi (bosim 0,100 MPa, temperatura 298 K bo'lganda), [W/(m · K)] · 10<sup>-4</sup>
12. Qovushqoqligi (bosim 0,100 MPa, temperatura 298,15 K bo'lganda) Pa · s · 10<sup>-8</sup> 886.

Vodorod ko'pgina kimyoviy elementlar bilan bir qator birikmalar hosil qiladi: kislorod bilan suv, portlovchi aralashma; bu ikkala modda ham quyidagi reaksiya bo'yicha ketishi mumkin:



Bu hodisalardan qay biri qanday sharoitda ketishi mumkinligini aniqlash maqsadida Parij Fanlar Akademiyasi a'zosi, professor Nikolay Lameri tajriba o'tkazish uchun assistentiga quyidagilarni tayyorlashni buyurdi: shisha idish (butilka), temir qirindisi va sulfat kislotasi eritmasi. Shu vaqt assistenti quyidagi javobni qildi: «Janob Robert Boyl, temirni sulfat kislotasida eritganda qandaydir gaz chiqishini va bu gazni u yig'a olganini aytdi. Robert Boylning fikricha, bu gaz u ham emas, bu ham emas, faqat havodir degan edi».

Professor Nikolay Lameri bu gaz haqiqatan ham havodan iborat ekanligiga ishonmadi va bu gaz nimadan iboratligini aniqlashga kirishdi.

Buning uchun u oq shishadan yasalgan butilkaga temir qirindisini solib, bu qirindi ustiga sulfat kislotasi eritmasini quydi va bu jarayonni kuzatib turdi.

O'sha zahotiy oq qirindi ustida qandaydir gaz hosil bo'la boshladi va u yuqoriga ko'tarila boshladi. Bu gazlarni chiqishi ko'payib boraverdi. «Agar bu gaz haqiqatan ham havodan iborat bo'lsa, u holda bu yonish jarayonini qo'llab-quvvatlash kerak» deb o'yladi professor Lameri, chunki u davrda havo tarkibida kislorod gazi borligi ma'lum edi. Bu holatni tekshirish maqsadida u yonib turgan gugurtni shisha butilka og'ziga yaqinlashtirgani zahotiy oq kuchli portlash ro'y berdi.

«Tushunarsiz, — dedi Lameri: — agarda shisha butilkadan havo hosil bo'lib chiqqanda u portlamasligi kerak edi-ku!». Professor tajribani davom ettirishga qaror qildi va yonib turgan gugurtni shisha butilka og'ziga yana yaqinlashtirdi. Ammo bu gal portlash ro'y bermadi, chiqayotgan gaz tinchgina birdaniga yonib ketdi. «Yo'q, — bu gaz oddiy havo emas, balki o'zgacha xususiyatga ega bo'lgan gazdir. Men uni «yonuvchi havo» deb atayman», — dedi Lameri.

Bu «yonuvchi havo» — vodorod gazi bo'lgan va u quyidagi reaksiya natijasida ajralib chiqishi mumkin:



Birinchi holatda bu vodorod gazi shisha butilka ichidagi havo bilan aralashib, vodorod, kislorod va azotdan iborat bo'lgan aralashma — portlovchi gazni hosil qilgan; shuning uchun hamisha butilka og'ziga gugurt alangasi yaqinlashtirilganda butilka portlab ketgan. Bu portlash jarayonida bo'ladigan reaksiyani quyidagicha ifodalash mumkin:



Ikkinchi holatda shisha butilkada hosil bo'layotgan vodorod, butilkada qolgan havoni siqib chiqargan va butilkadan faqat toza vodorod chiqa boshlagan; shuning uchun ham butilka og'ziga yonayotgan gugurt yaqinlashtirilganda, chiqayotgan gaz tinchgina, alanga hosil qilib, yongan va hech qanday portlash sodir bo'lmagan. Ikkinchi holatda jarayon (4.1) reaksiya orqali ketishi mumkin:



Elementar vodorod nafaqat kislorod bilan, balki azot, uglerod, bir qator metall va metallmaslar bilan birikmalar hosil qiladi. Vodorod bir qator kislorodli — sulfat kislotasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , azot kislotasi  $\text{HNO}_3$ , fosfor kislotasi  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , kislorodsiz kislotalar  $\text{HCl}$  — osh tuzi kislotasi, ftorid kislotasi  $\text{HF}$ , sulfid kislotasi  $\text{H}_2\text{S}$  va hokazo juda ko'plab kimyoviy birikmalar hosil qilishda juda keng ko'lamda qo'llanadi. Bular ichida dunyo miqyosida yiliga millionlab tonna ishlab chiqariladigan birikma — bu sintetik ammiakdir va u quyidagi reaksiya bo'yicha sintez qilinadi:



chunki ammiak son-sanoqsiz kimyoviy mahsulotlar olish jarayoni xomashyosidir.

Hozirgi davrda ishlab chiqarilayotgan texnik vodorod GOST 3022-80 talablariga to'liq (4.1-jadval) javob bermog'i kerak. Texnik vodorod uni ishlab chiqarishga binoan siqilgan va siqilmagan holda uch — A, B va V markalarda, shu jumladan B markasi ikki xil — oliy va birinchi navlarda, V markasi uch xil — oliy, birinchi va ikkinchi navlarda ishlab chiqariladi.

**TEXNIK VODORODGA GOST 3022-80 BO'YICHA  
QO'YILGAN TALABLAR**

Ko'rsatkichlar	Markalar uchun normalar					
	A — azot-vodorod aralash-masidan	B — suvni elektrolizlab		D — boshqa usullar bilan		
		oliy nav	1-nav	oliy nav	1-nav	2-nav
1	2	3	4	5	6	7
Tarkib, (h) % Vodorod (quruq gazga nisbatan)	99,99	99,95	99,8	98,5	97,5	95,0
Boshqa gazlar*, ko'pi bilan jami	0,01	0,05	0,2	0,3	0,4	0,5
	0,01	0,05	0,2	0,3	0,4	0,5
Uglerod monooksidi	yo'qlik**			0,2	0,3	1,2
Uglerod dioksidi	yo'qlik**			0,2	0,2	1,0
Suv bug'lari miqdori 293 K va 101,3 KPa da, g/m <sup>3</sup> , ko'pi bilan quvurlar va rezina to'qimali gazgolderlarda	0,5	0,5	25,0	25,0	25,0	25,0
Bosimli ballonlarda	0,2	0,2	0,2	1,0	1,0	1,0
Ishqorning mavjudligi	aniqlanmadi	yo'qlik**				
Vodorod sulfidining mavjudligi	aniqlanmadi			yo'qlik**		
xlorning mavjudligi	aniqlanmadi			yo'qlik**		
moyning mavjudligi	aniqlanmadi			yo'qlik**		
*Kislorod, azot, uglerod monooksidi, metan, uglerod dioksidi.						
**GOST 3022-80 da ko'rsatilgan aniqlash uslubini bo'yicha						

O'zbekiston Respublikasi kimyo korxonalarida hozirgi davrda, asosan, A markadagi vodorod siqilmagan va siqilgan hollarda ishlab chiqariladi va xomashyo sifatida keng miqyosda qo'llanib kelinmoqda.

#### 4.2. SANOAT MIQYOSIDA VODOROD ISHLAB CHIQRISH

Vodorod ishlab chiqarishning bir qancha usullari mavjud bo'lib, ularni qay birini qo'llash bir qator omillarga, shu jumladan, vodorod ishlab chiqarish ko'lamlariga bog'liqdir.

Agarda vodorodni laboratoriya sharoitlari uchungina ishlab chiqarish kerak bo'lsa, eng oddiy usullardan biri, ya'ni Beketov qatoridagi vodoroddan oldin turgan har qanday metallga sulfat yoki bironta noorganik kislota bilan ta'sir ettirib, Kippa apparatida quyidagi reaksiya bo'yicha olish kiradi. Masalan, temirga sulfat kislotasini ta'sir ettirish yo'li bilan:



Lekin, bu usulni sanoat miqyoslarida vodorod ishlab chiqarish uchun qo'llab bo'lmaydi, chunki bu usul hozirgi davr uchun notexnologik va iqtisodiy jihatdan samarasizdir.

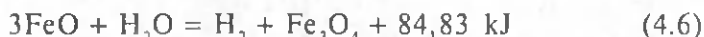
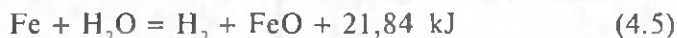
Shunday qilib, sanoat miqyoslarida vodorod ishlab chiqarish uchun quyidagi, asosan, uch usul ishlatiladi:

1. Kimyoviy usul.
2. Elektrokimyoviy usul.
3. Fizik usul.

#### 4.3. KIMYOVIY USUL BILAN VODOROD ISHLAB CHIQRISH

Bu usul bo'yicha vodorod ishlab chiqarishning bir qancha turlari mavjud bo'lib, ulardan eng dastlabkisiga temir bug' turi kiradi. Bu tur 1783-yili A.V.Lavuaze tomonidan yaratilgan bo'lib, quyidagi reaksiyaga asoslangandir:

1080 K gacha qizdirilgan temirga suv bug'i bilan ta'sir ettiriladi:



Bu yerda hosil bo'lgan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  suv gazi bilan yana qaytadan FeO gacha qaytarilar edi.



Yuqorida ko'rsatilgan jarayonlar galma-galdan amalga oshirilib, kichik unumdorlikka ega bo'lib, juda katta issiqlik sarfi bilan ketganligi uchun hozirgi vaqtda amaliyotda qo'llanmaydi.

Sanoat miqyosida vodorod ishlab chiqarish bo'yicha o'z davrida qo'yilgan katta qadamlardan biri bu — qattiq yoqilg'i (antrasit, tosh va qo'ngir ko'mir, slanes, torf va h.k.) ni atmosfera havosi, suv bug'i, bug'-havo aralashmasi, bug'-kislrorod aralashmasi bilan oksidlab, mos ravishda havoli, bug'li, bug'-havoli, bug'-kislrorodli generatorli (chunki, bu jarayonlar generator deb ataladigan apparatlarda amalga oshirilgan) gazlar hosil qilingan.

Havoli generator gazi hosil bo'lishida lag'cha cho'g' holidagi yoqilg'iga havodagi kislrorod bilan ta'sir ettirilishida quyidagi kimyoviy reaksiyalar ketishi mumkin:



Termodinamik hisoblar shuni ko'rsatadiki, bu jarayonlarda temperatura ortishi bilan hosil bo'layotgan gaz aralashmasi tarkibida uglerod monooksidi CO ning miqdori ham ortib borar ekan. Shuning uchun ham amaliyotda temperaturani 1200 K dan pasaytirmaslikka harakat qilinadi.

Shuni ham ta'kidlamok kerakki, havoli yoki kislrorod-havoli generator gazi nazariy jihatdan faqat uglerod monooksidi CO, uglerod dioksidi CO<sub>2</sub> va azot N<sub>2</sub> dan iborat bo'lishi kerak edi. Ammo, yoqilg'i tarkibida namlik, uchuvchi va oltingugurtli birikmalar bo'lgani uchun hosil qilinayotgan generator gazi tarkibida oz miqdorda bo'lsa-da, vodorod H<sub>2</sub>, metan CH<sub>4</sub> va vodorod sulfid H<sub>2</sub>S gazlari bordir.

Agarda lag'cha cho'g' holidagi yoqilg'iga suv bug'i bilan ta'sir ettirilsa bug'li generator gazi hosil bo'ladi. Bu jarayon quyidagi reaksiya bo'yicha amalga oshadi:



Yuqoridagi (4.8) reaksiya kuchli ekzotermik bo'lganligi sababli yoqilg'i qatlamidagi temperatura tezda pasaya boshlaydi va shuning uchun reaksiya tezligi ham sekinlashib qoladi.

Shu munosabat bilan, ma'lum vaqtdan so'ng generatorga suv bug'i berilishi to'xtatilib, o'rniga havo yuboriladi. Bu vaqtda yoqilg'i to'liq yonib:



juda katta issiqlik hosil qiladi va buning hisobiga yoqilg'i qatlami yana isiy boshlaydi hamda (4.7) jarayoni yana qayta amalga oshishi uchun sharoit yaratiladi. Demak, bug'li generatorli gaz olish jarayoni davriy bo'lib, asosan ikki bosqichdan iboratdir:

- 1) suv bug'i berish (gaz hosil qilish bosqichi);
- 2) havo berish (issiqlikni hosil qilish bosqichi).

Shuni ham ta'kidlash kerakki, bu jarayonlarda asosiy reaksiyalardan tashqari, hosil bo'layotgan uglerod monooksidi CO bilan suv bug'i H<sub>2</sub>O va vodorod H<sub>2</sub> lar orasida ham ma'lum darajada kimyoviy reaksiyalar ketib, qisman uglerod dioksidi CO<sub>2</sub>, metan CH<sub>4</sub> va hokazolar hosil bo'lishi mumkin. Amaliyotda uglerod monooksidi va vodorod miqdorlari anchagina katta bo'lgan suv bug'ili generator gazi olish uchun temperatura 1200 K dan past bo'lmasligi kerak.

Generatorda hosil bo'layotgan gazlarning haqiqiy tarkibi yoqilg'i turiga, temperaturaga, yoqilg'i bilan oksidlovchi moddalar uchrashish vaqti va hokazolarga bog'liqdir.

Koksni havo va suv bug'i bilan gazlashtirish natijasida hosil bo'layotgan havoli va suvli generator gazlarining tarkibi 4.2-jadvalda keltirilgan.

4.2-jadval

#### KOKSNI HAVO VA SUV BUG'ILI GAZLASHTIRISH NATIJASIDA HOSIL BO'LUVCHI GENERATOR GAZLARI TARKIBI

T/r	Generator gazi nomi	Komponentlar, (x) %					
		CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S
1.	Havoli	33,5	0,6	64,3	1,0	0,3	0,3
2.	Suv bug'ili	38,0	6,2	5,0	50,0	0,5	0,3

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, vodorod ishlab chiqarish nuqtayi nazaridan qattiq yoqilg'ini generatorda suv bug'ili gazlashtirish usuli yuqori samaralidir. Ammo, amaliyotda bu usul ham hozirgi davrda deyarli qo'llanmaydi, garchand bu usulni rivojlantirish bo'yicha bir qancha ijobiy ishlar hayotga tatbiq etilgan bo'lsa ham; bunga asosiy sabab, jarayonni davriyligi va kuchli endotermikligidir. Bulardan tashqari, yoqilg'ini gazlashtirish usulida korxonada atroflari nafaqat mayda ko'mir yoki boshqa zarrachalari, balki chiqindi kullar bilan ifloslanishi ham mumkin.

#### 4.4. UGLEVODORODLI GAZLARNI KONVERSIYALASH USULI BILAN VODOROD ISHLAB CHIQRISH

1950-yillarning oxirlari va undan keyingi yillarga kelib, hozirgi MDH ning bir qator davlatlarida gazsimon yoqilg'i gazlar: tabiiy gaz; neftni qazib olishdagi yo'ldosh gazlar, koks gazlari va hokazo gaz konlari ochila boshlandi yoki sanoat chiqindi gazlari sifatida katta hajmlarda hosil bo'la boshladi.

Quyidagi 4.3-jadvalda vodorod ishlab chiqarish uchun yaroqli hisoblangan uglevodorodli gazlar va ular tarkiblari ko'rsatilgan.

4.3-jadval

#### VODOROD ISHLAB CHIQRISH UCHUN YAROQLI UGLEVODORODLI GAZLAR

T/r	Uglevodorodli gazlar	Uglevodorodli gazlar tarkibi, (x) %					
		metan va uning gomologlari	Olefinlar	H <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
1.	Tabiiy	95—98	0—0,04	—	—	0,1—2,0	1—4
2.	Neftni qazib olish yo'ldosh gazlari	54—65	22—32	—	—	—	12—13
3.	Mazutni gazlash-tirishdan so'ng hosil bo'lgan gazlar	0,2—0,3	—	43—47	37—46	3—13	0,2—0,3
4.	Koks gazlari	24—28	1,5—3	55—62	5—8	2—3	3—5
5.	Metanni pirolizlash va undan asetilenni ajratib olingandan keyingi sintez-gaz	5—8	—	55—63	27—30	3—5	1,5—2

O'zbekiston Respublikasida ham Markaziy Osiyoda eng yirik tabiiy gaz konlaridan Gazli, oxirgi yillarda esa Sho'rtan gaz konlari topilgan. 4.4-jadvalda Gazli konidan olinayotgan tabiiy gazlar o'rtacha tarkibi berilgan.

**GAZLI KONIDAN OLINAYOTGAN TABIIY GAZNING O'RTACHA  
TARKIBI, (h) % da**

Komponentlar					
CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>12</sub> va undan yuqori	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S va boshqalar
95,6	2,1	0,3	0,2	0,2	1,6

Shuni alohida ta'kidlamoq kerakki, har bir tabiiy gaz tarkibida 0,5% dan (masalan, Stavropol gaz koni) 60% gacha (masalan, Rossiya Federatsiyasining Astraxan tabiiy gaz koni) oltingugurtli birikmalar: vodorod sulfidi, oltingugurtli organik birikmalar bo'lishi mumkin. Bu esa yaxshi texnologik omil emas, chunki oltingugurt va uning birikmalari uglevodorodli gazlarni uzoq masofalarga ugle-rodli po'lat quvurlarda yuborishda bu quvurlarni korroziyalab, chiritadi; bundan tashqari eng asosiy — uglevodorodli gazlarni konversiyalab vodorod olish hamda bu vodorodni azotga qo'shib sintetik ammiak olish jarayonlarida ishlatiladigan katalizatorlarni zaharlab, bu jarayonlarni borishini umuman to'xtatib ham qo'yishi mumkin. Shuning uchun ham, bu tabiiy gazlar tarkibida oltingugurtli birikmalar miqdori qanchalik kam bo'lsa, shunchalik yaxshidir.

Yuqorida ko'rsatib o'tilgan Gazli va Sho'rtan gaz konlaridan hozirgi davrda olinayotgan tabiiy gazlar tarkibida oltingugurtli birikmalar (H<sub>2</sub>S ga nisbatan hisoblanganda) miqdori 7—9 (h) % atrofida bo'lib, ulardan tabiiy gazni sanoat miqyosida tozalashning bir qancha usullari (ular quyida keltirilgan) yaxshi o'zlashtirilgan.

Hozirgi davrda O'zbekiston Respublikasidagi sanoat miqyosida toza vodorod va uning asosida bir qator bog'langan azot birikmalari ishlab chiqaradigan yirik, zamonaviy texnologiyalarga ega bo'lgan Chirchiq «Elektrokimyosanoat», Navoiy «Azot» va Farg'ona «Azot» kabi Ochiq turdagi Aksiyadorlik Jamiyatlari tabiiy gazga o'tkazilgan.

Uglevodorodli gazlardan tarkib topgan xomashyolar sintetik ammiak ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan azot-vodorod aralashmasini hosil qilishda nisbatan oson qayta ishlanishi mumkin; bu esa katta birlamchi quvvatga ega bo'lgan yuqori avtomatlashtirilgan energotexnologik tizimlar qo'llangan zamonaviy gigant qurilmalar yaratishga keng yo'l ochadi.

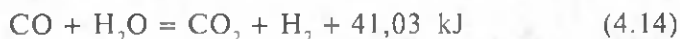
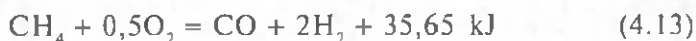
Bunday yirik korxonalarni tashkil topishi nisbiy kapital mablag'larni va xomashyolar sarflanishi ko'effitsientlarini kamayishiga, qurilmalarda ishlovchi xodimlar sonini kamaytirishga hamda ishlab chiqarilayotgan vodorod va sintetik ammiaklar tannarxini arzonlashtirishga olib keladi.



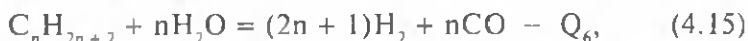
#### 4.5. UGLEVODORODLI GAZLARNI KONVERSIYALASHNING NAZARIY ASOSLARI

Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, sanoat miqyosida vodorod ishlab chiqarish uchun asosiy xomashyo hozirgi davrda tabiiy gaz hisoblanganligi tufayli quyidagi tabiiy gazning asosiy komponenti bo'lmish metan va uning gomologlari — etan va boshqa to'yingan uglevodorodlarni suv bug'i, toza kislorod va havo tarkibidagi kislorod hamda uglerod dioksidi bilan oksidlab vodorod ishlab chiqarishning nazariy asoslari ko'rib chiqiladi.

Oltinugurtli birikmalardan tozalangan tabiiy gaz va uning komponentlari bilan yuqorida ko'rsatilgan oksidlovchi moddalar o'rtasida quyidagi kimyoviy reaksiyalar borishi mumkin:



Tabiiy gaz tarkibidagi metanning gomologlarini oksidlash asosan yuqoridagi 4.12—4.14 reaksiyalariga o'xshashdir. Oksidlovchi sifatida suv qo'llangan taqdirda quyidagicha umumiy kimyoviy reaksiyani yozish mumkin:



bu yerda:  $n$  — metan gomologlari tarkibidagi uglevodorod atomi sonidir.

Har bir kimyoviy reaksiyaga nazariy jihatdan baho berish uchun avvalambor shu reaksiyaning asosiy bir qator xarakteristikasi ma'lum bo'lmog'i lozim, ya'ni bu reaksiya gomogenmi yoki geterogenmi; ekzotermikmi yoki endotermikmi; amaliy qaytarmi yoki qaytmasmi; reaksiya hajmi torayish yoki kengayish bilan ketyaptimi va hokazo.

Bu nuqtayi nazardan yuqorida bayon etilgan reaksiyalarning barchasi gomogendir, ya'ni ular gaz fazasida amalga oshiriladi; (4.11), (4.12) va (4.15) reaksiyalar endotermik, ya'ni tashqaridan issiqlik yutish bilan, (4.13), (4.14) reaksiyalar esa ekzotermik, ya'ni issiqlik chiqishi bilan boradi; (4.11), (4.12), (4.14) va (4.15) kimyoviy reaksiyalar amaliy qaytar, (4.11), (4.12), (4.13) va (4.15) reaksiyalar hajm kengayish bilan (ya'ni, mos ravishda 2 hajmdan 4 hajmgacha,

1,5 hajmdan 3 hajmgacha, ( $n = 1$ ) da 2 hajmdan 4 hajmgacha ken-  
gayib) boradi; 4.14 reaksiyasi esa hajm o'zgarishsiz boradi, ya'ni 2  
hajmdan 2 hajm hosil bo'lyapti.

Har bir amaliy qaytar reaksiya uchun muvozanatdagi hosil bo'luv-  
chi moddalar konsentratsiyalari ko'paytmasini reaksiyaga kirishuv-  
chi moddalar konsentratsiyalari ko'paytmasiga nisbati mavjud bo'lib,  
har qanday temperatura uchun o'zgarmasdir. Nazariyotda bu nisbat  
har bir reaksiyaning muvozanat doimiysi deb atalib, yuqoridagi re-  
aksiyalar uchun quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadi, (4.11)  
reaksiyasi uchun:

$$K_{M_1} = \frac{P_{CO} \times P_{H_2}^3}{P_{CH_4} \times P_{H_2O}} \quad (4.16)$$

(4.12) reaksiyasi uchun:

$$K_{M_2} = \frac{P_{CO}^2 \times P_{H_2}^2}{P_{CH_4} \times P_{CO_2}} \quad (4.17)$$

(4.14) reaksiyasi uchun:

$$K_{M_4} = \frac{P_{CO} \times P_{H_2}}{P_{CO} \times P_{H_2O}} \quad (4.18)$$

Har qanday temperaturadagi har bir qaytar reaksiyaning reaksiya  
kirishuvchi va hosil bo'luvchi moddalarni muvozanatdagi tarkibini  
hisoblash uchun shu temperatura uchun tegishli muvozanat doimiysi  
ma'lum bo'lmog'i lozim. (4.13) kimyoviy reaksiyasining muvozanat  
doimiysi miqdori metan konversiyasini amaliyotda olib boriladigan  
temperaturalari doirasida shu qadar kattaki, muvozanatdagi gaz ara-  
lashmasida reaksiyaga kirisha olmay qolgan kislorodning konsen-  
tratsiyasi amaliy jihatdan nolga tengdir, ya'ni bu (4.13) kimyoviy  
reaksiyasi o'ng tomonga oxirigacha boradi deb hisoblash mumkin.  
Bu degan so'z (4.13) kimyoviy reaksiyasi amaliy qaytmasdir.

Biz yuqorida ko'rib chiqqan (4.11), (4.12) va (4.15) kimyoviy  
reaksiyalar muvozanatini o'ng tomonga siljitishga erishish uchun Le-  
Shatelye prinsipiga binoan temperaturani oshirib, bosimni pasaytir-  
moq kerak, (4.14) kimyoviy reaksiyasi bo'yicha konversiyasi iqtiso-  
diy nuqtayi nazardan bosim ostida olib borilgani ma'quldir, chunki  
bunda tabiiy gazni konversiyalashda qo'llanadigan apparatlar o'l-  
chamlarini kichraytirishga, bu esa o'z navbatida qimmatbaho me-  
tallni nisbiy sarfini kamaytirishga hamda bu apparatlar egallab turgan

ishlab chiqarish maydonini ham kichraytirishga, shu bilan barcha tabiiy gazni siqish uchun sarflangan energiyadan foydalanishga va bularni barchasi esa oxir-oqibat konversiyalash jarayonini va umuman vodorod ishlab chiqarish tannarxini pasaytirishga erishilishiga olib kelishi mumkin.

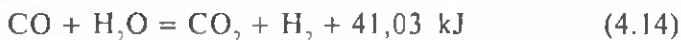
Metanni uglerod dioksidi bilan konversiyalash jarayonida ikki mol dastlabki gaz aralashmasidan 2 mol vodorod, ya'ni metanni suv bug'i bilan konversiyalashga qaraganda (chunki dastlabki 2 mol aralashmadan 3 mol vodorod) 1,5 marta kam vodorod hosil bo'lishi hamda metanni uglerod dioksidi bilan konversiyalash jarayoni asosan metanol ishlab chiqarishda qo'llanilishi munosabati bilan (4.12) reaksiyasi keyinchalik nazariy jihatdan ko'rilmaydi.

#### 4.6. METANNI SUV BUG'I BILAN KONVERSIYALASH

Bu kimyoviy jarayon (4.11) reaksiyasi bo'yicha amalga oshiriladi:



Ko'rinib turibdiki, bu reaksiya natijasida garchand 3 mol vodorod hosil bo'lsa-da, shu bilan birga 1 mol uglerod monooksidi ham hosil bo'lyapti. Ma'lumki, uglerod monooksidi gazi zaharli gaz bo'lib, uni atmosferaga tashlab yuborish mutlaqo mumkin emasdir, chunki bu vaqtda ekologiyaga juda katta zarar yetkaziladi. Ikkinchi tomondan (4.14) kimyoviy reaksiyasiga binoan uglerod monooksidiga suv bug'i bilan ta'sir ettirilsa:



bir mol uglerod monooksididan bir mol vodorod olishga imkoniyat yaratilyapti. Shu munosabat bilan metan va uglerod monooksidi gazlarini suv bug'i bilan konversiyalash jarayonini birgalikda bir apparatda olib borish mumkinmi yoki mumkin emasligini aniqlash termodinamik izlanishlar uchun katta ahamiyat kasb etadi. Buning uchun (4.11) va (4.14) kimyoviy reaksiyalar borishi natijasida hosil bo'lishi mumkin bo'lgan gaz aralashmasi tarkibini hamda bu tarkibni temperaturaga bog'liqligi qandayligini hisoblab boramiz. Bu hisoblarni bajarish uchun avvalambor yuqorida ko'rilayotgan ikki (4.11) va (4.14) reaksiyalari muvozanat doimiysi miqdorlarini temperaturaga (T, K da) bog'liqligi matematik tenglamalari ma'lum bo'lmog'i zarur.

(4.11) kimyoviy reaksiyasining muvozanat doimiysini temperaturaga bog'liqligi quyidagi matematik tenglama bilan ifoda etiladi:

$$K_{M_1} = \exp[8,752 \ln T + (-22635,63 - 2976863 T - 0,005269261 T^2 + 0,4927824 \times 10^{-6} T^3 + 8,736 \times 10^{-12} T^4)/T] \quad (4.19)$$

(4.14) kimyoviy reaksiyasini muvozanat doimiysi temperaturaga quyidagicha bog'liqdir:

$$K_{M_1} = \exp[-0,768535 \ln T + (4943,27 - 1,5062 T + 30,1018 \times 10^{-4} T^2 - 9,6605 \times 10^{-7} T^3 + 1,475 \times 10^{-10} T^4)/T] \quad (4.20)$$

Metan va uglerod monooksidini suv bug'i bilan konversiyasi natijasida hosil bo'luvchi gaz aralashmasi muvozanat tarkibini hisoblab topish uchun 1 mol metan va n mol suv bug'idan iborat bo'lgan dastlabki bug'li aralashmasini qabul qilamiz va muvozanatda metanni reaksiyaga kirishgan qismini «x» mol ulushida, uglerod monooksidini reaksiyaga kirishgan qismini «y» mol ulushi deb belgilab, muvozanatda (4.11) reaksiyaga kirishishdan qolgan metan, (4.11) va (4.14) reaksiyalari bo'yicha reaksiyaga kirishishdan qolgan suv bug'i, (4.11) reaksiyasi bo'yicha hosil bo'lgan va (4.14) reaksiyasi bo'yicha sarf bo'lgan uglerod monooksidi, (4.11) va (4.14) reaksiyalari bo'yicha hosil bo'lgan vodorod hamda (4.14) reaksiyasi bo'yicha hosil bo'lgan uglerod dioksidi gazlarini molekular soni va muvozanatda hosil bo'lgan gaz aralashmasi yig'indisi hamda har bir gazni ulushli bosimini MPa da hisoblab, bu qiymatlarni mos ravishda (4.16) va (4.18) tenglamalarga qo'yamiz; n = 2, p = 0,1 MPa sharoitlar uchun metanni suv bug'i bilan konversiyasi natijasida hosil bo'ladigan muvozanatdagi konvertirlangan gaz tarkibini temperaturaga bog'liqligi quyidagi (4.5) jadvalda keltirilgan.

4.5-jadval

**METANNI SUV BUG'I BILAN KONVERSIYASI NATIJASIDA  
HOSIL BO'LGAN MUVOZANATDAGI KONVERTIRLANGAN  
GAZ TARKIBINI TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGI**

T, K	Muvozanatdagi gaz-bug' aralashmasi tarkibi, %				
	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
800	16,21	2,36	7,94	38,74	34,75
900	5,33	9,51	7,28	57,71	20,17
1000	1,02	14,32	5,07	63,23	16,36
1100	0,10	16,08	3,86	63,68	16,28

4.5-jadvaldan ko'rinadiki, metan va uglerod monooksidini suv bug'i bilan konversiyasi jarayonini bitta konvertorda bir bosqichda vodorodni yuqori chiqishi bilan amalga oshirish mumkin emas,

chunki konversiya jarayonini nisbatan past temperaturalarda olib borilganda reaksiya mahsulotlarida reaksiyaga kirishmay qolgan metanning ko'pgina miqdori qolib ketadi, nisbatan yuqori temperaturalarda esa, aksincha reaksiya gazlari aralashmasi tarkibida uglerod monooksididan ko'proq miqdorda reaksiyaga kirishmay qoladi. Boshqacha qilib aytganda metanni suv bug'i bilan konversiyalash endotermik (4.11) reaksiyasini yuqori temperaturalarda, uglerod monooksidini suv bug'i bilan konversiyalash ekzotermik (4.14) reaksiyasini esa nisbatan past temperaturalarda olib borgan ma'quldir. Shuning uchun ham tabiiy gazdan vodorod olish jarayonini nazariyotdan kelib chiqib ikki bosqichda olib borish tavsiya etiladi.

Amaliyotda metanni uglerod monooksidi va vodorodga yuqori darajada (qoldiq metanni miqdori 0,5 (h) % dan ko'p bo'lmagan) metan konversiyasini birinchi bosqichini 1100 K temperaturalardan past bo'lmagan yuqori temperaturalarda amalga oshiriladi. Ikkinchi bosqichda, pastroq temperaturalarda (o'rta temperaturali konversiyada  $T = 600-650$  K, past temperaturali konversiyada  $T = 450-500$  K) ekzotermik reaksiya, ya'ni uglerod monooksidi bilan suv bug'i konversiyasi amalga oshiriladi.

Elementar azot va vodoroddan sintetik ammiak hosil qilish uchun vodorod ishlab chiqarish ikki bosqichdan iborat bo'ladi: birinchi bosqichda quvvurli o'choqlarda tabiiy gazni suv bug'i bilan konversiyasi to'liq olib borilmaydi (metanni reaksiyaga kirishmagan qismi 6—8 (h) % gachani tashkil etishi mumkin); ikkinchi bosqichda esa, konli konvertorda qoldiq metanni suv bug'i bilan havoli konversiyasi amalga oshiriladi. Bunday sharoitda havo tarkibidagi kislorod qoldiq metanni ekzotermik oksidlash uchun sarf bo'ladi, havo tarkibidagi azot esa ammiakni sintez qilish uchun kerak bo'lgan azot-vodorod aralashmasini hosil qilishga sarflanadi.

Metanni konversiyalash jarayoniga dastlabki gaz-bug' aralashmasida suv bug'i ortiqchaligini qo'llash sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi. Quyidagi 4.6-jadvalda temperatura  $T = 1000$  K, bosim  $P = 0,1$  MPa va suv bug'ini ortiqchaligi metanga nisbatan 2—4 marta ortiq (ya'ni,  $n = 2-4$ ) bo'lganda metan konversiyasiga hisobli ta'siri keltirilgan.

4.6-jadval

**METANNI SUV BUG'ILI KONVERSIYASIGA TEMPERATURA  $T = 1000$  K, BOSIM  $P = 0,1$  MPa VA SUV BUG'INI ORTIQCHALIGI  $[CH_4]:[H_2O] = (1:2)$  DAN  $(1:4)$  GACHA O'ZGARGANDA BU ORTIQCHALIKNI HISOBLANGAN TA'SIRI**

$[CH_4]:[H_2O] = 1:n$	1:2	1:3	1:4
Metanni o'zgarish darajasi, (h) %	95,0	97,1	99,0

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, suv bug'ining ortiqchaligi ortishi bilan metanni o'zgarish darajasi ham ko'paymoqda, ammo bu ko'payish unchalik yuqori darajada bo'lmaganligi uchun iqtisodiy ko'rsatgichlar nuqtayi nazaridan amaliyotda ko'pincha suv bug'ini stexiometriyaga nisbatan ikki marotaba ortiqchaligi qo'llanadi, chunki hozirgi davrda yuqori temperaturalardagi suv bug'i anchagina qimmatdir. Lekin amaliyotda suv bug'ining bunday ortiqchaligini konversiya jarayoni temperaturasini ko'tarish bilan kamaytiriladi; bunday holat (4.11) reaksiya muvozanatini kerakli tomonga, ya'ni o'ng tomonga burishga va konversiya jarayoni tezligini oshirishga xizmat qiladi.

Konversiya jarayoniga ta'sir etuvchi texnologik omillardan biri, bu bosimdir. Bosimni har qanday ortishi metan konversiyasiga salbiy ta'sir ko'rsatadi; bunga asosiy sabab (4.11) reaksiyasidan ko'rinib turilganidek, metan konversiyasi jarayoni molekullar sonini ortishi bilan boradi, ya'ni stexiometriya sharoitida dastlabki 2 moldan reaksiya natijasida 4 mol mahsulot olinishi ko'rinib turibdi, ya'ni jarayon hajm kengayishi bilan boryapti. Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, metanni suv bug'ili konversiyasi amaliy qaytar va hajm kengayishi bilan borgan uchun Le-Shatelye prinsipiga binoan bosimni oshirish jarayonga salbiy ta'sir ko'rsatadi, ya'ni reaksiya muvozanatini chap tomonga burib yuboradi. Buni quyidagi 4.7.-jadvaldan ham ko'rish mumkin.

4.7-jadval

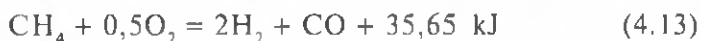
**BOSIMNI TEMPERATURA 1000 K,  $[CH_4]:[H_2O]$  NISBATI 1:2 GA TENG BO'LGAN SHAROITDA METANNI SUV BUG'I BILAN KONVERSIYASIDA HOSIL BO'LUVCHI KONVERTIRLANGAN GAZNI MUVOZANATDAGI TARKIBIGA TA'SIRI**

Bosim, MPa	Konvertirlangan gazni muvozanatdagi tarkibi, (h) %				
	H <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
0,1	63,23	14,32	5,07	1,02	16,36
10	46,01	7,15	6,14	11,18	26,52
2,0	38,47	4,91	5,93	15,26	35,43
3,0	35,05	3,80	5,90	17,15	38,10

Bosimni bunday salbiy ta'sirini kamaytirish maqsadida temperaturani ma'lum darajada, aniqrog'i 1000 K dan 1280 K gacha oshiriladi, garchand bunday holat vodorod olish iqtisodiy ko'rsatkichlariga salbiy ta'sir etsa ham. Umuman olganda, bosimni oshirish boshqa tomondan konversiya jarayonida qo'llanadigan jihozlarni ix-

chamlashga va jarayon tezligini oshirishga xizmat qiladi va bu esa yuqorida bayon qilingan salbiy holatlarni kamaytirishga xizmat qiladi.

Vodorod va uglerod monooksidi hosil qilish bilan metanni to'liqsiz konversiyasi jarayonida oksidlovchi sifatida kislorod qo'llash bilan quyidagi reaksiya bo'yicha amalga oshirilishi mumkin:



Bu jarayonni metanni konversiyalash boshqa jarayonlaridan sezilarli darajadagi farqi shundaki, bu jarayon ekzotermik bo'lib, metanni har qanday konversiyasi jarayonini avtotermik, ya'ni tashqaridan hech qanday issiqlik qabul qilmagan tarzda amalga oshirish uchun xizmat qilishi mumkindir. Bu (4.13) reaksiyani muvozanat doimiysiga temperaturaning ta'siri masalasiga kelsak, temperatura bu reaksiyaga deyarli ta'sir etmasligini ta'kidlash mumkin. Bunga muvozanat doimiysining miqdorlarini har xil temperaturalardagi miqdorlari bir-biriga yaqin bo'lib, amaliy jihatdan ular temperatura o'zgarishi bilan deyarli o'zgarmayotgani misol bo'la oladi; masalan: temperatura 400 K bo'lganda muvozanat doimiysi  $K_m = 4,3 \cdot 10^{13}$  ga teng bo'lsa, temperatura 1400 K ga chiqqanda muvozanat doimiysi miqdori  $K_m = 1,5 \cdot 10^{11}$  ga teng bo'lar ekan. Muvozanat doimiysining bu miqdorlari shunchalik kattaki, (4.13) reaksiyasini amaliy jihatdan qaytmas deb hisoblasa bo'ladi. Shu nuqtayi nazardan, temperatura konvertirlangan gaz tarkibi o'zgarishiga kam ta'sir qilar ekan.

Metanni suv bug'i bilan konversiyalash jarayoniga ta'sir qiluvchi texnologik omillardan yana biri — bu kislorodni metanga molli nisbatini o'zgarishidir. Shuni ta'kidlash kerakki, bu nisbatga kislorodni katta miqdordagi ortiqchaligi konvertirlangan gaz tarkibini yomonlashuviga olib keladi, buning asosiy sababi esa konvertirlangan gaz aralashmasida uglerod dioksidi miqdorining ortib ketishidadir.

#### **4.7. METANNI BUG'-KISLORODLI, BUG'-KISLOROD-HAVOLI, BUG'-KISLOROD-AZOTLI VA BUG'-UGLEROD TO'RT OKSIDLI KONVERSIYALASH**

Amaliyotda metan konversiyasi bir qator oksidlovchilar aralashmasi bilan ham amalga oshirilishi mumkin. Bunday oksidlovchi aralashmalar qatoriga bug'-kislorod va bug'-uglerod dioksidi kabi oksidlovchilar guruhi kirishi mumkin. Agarda tozalangan konvertirlangan gaz ammiak sintezi uchun yuboriladigan bo'lsa yuqorida ko'rsatilgan oksidlovchi aralashmalarga azot-vodorod aralashmasini hosil qilish maqsadida azot manbasi sifatida atmosfera havosi (ma'lumki, atmosfera havosi o'rtacha 79 (x) % azot va 21 (x) %

kisloroddan iborat bo'lgani uchun) qo'shiladi. Quyidagi 4.8-jadvalda bu oksidlovchilar ta'sirida temperatura  $T = 1000$  K va bosim  $P = 0,1$  MPa da hosil qilingan konvertirlangan gazning hisoblangan tarkibi berilgan.

4.8-jadval

**METAN KONVERSIYASIDA DASTLABKI GAZDAGI  
OKSIDLOVCHILAR NISBATINI MUVOZANATDAGI GAZ  
TARKIBIGA TA'SIRI**

Dastlabki aralashma, 1 mol CH <sub>4</sub> ga to'g'ri keladigan oksidlovchi mollar soni				Konversiya- lanish darajasi, %		Muvozanatdagi gaz tarkibi, (h) %					
H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>
1	0,6	—	—	98,00	35,03	0,5	15,90	8,85	52,79	21,96	—
1	0,6	2,26	—	98,84	29,09	0,19	11,21	4,66	33,01	14,80	36,13
1	0,6	0,9	—	98,69	35,97	0,27	12,87	7,38	43,50	17,53	18,47
1	—	—	1	96,06	29,90	0,80	25,59	14,25	52,48	6,88	—

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, bug'-kislorodli va bug'-uglerod to'rt oksidli metan konversiyasi jarayoni natijasida tarkibida azot bo'lma-gan konvertirlangan gaz aralashmasi hosil bo'lar ekan. Ammiak sintezi uchun gaz aralashmasi hosil qilish uchun bunday hollarda dastlabki gaz tarkibiga atmosfera havosi yoki azot-vodorod aralash-masidan ma'lum bir qismi qo'shiladi.

Shunday qilib, amaliyotda metanni bug'-gaz, bug'-uglerod to'rt oksidli va bug'-havoli konversiyalarini quvurli o'choqlarda bir qism tabiiy gazni yoqish hisobiga hosil qilinadigan issiqlikni kiritish usuli bilan amalga oshiriladi. Bunga asosiy sabab, yuqoridagi uchta reak-siya bo'yicha amalga oshirilayotgan kimyoviy reaksiyalar endoter-mik jarayonligidir.

Metanni bug'-kislorod-havoli konversiyasi esa bir bosqichda shax-tali konvertrda amalga oshiriladi. Metan va uning gomologlarini suv bug'ili konversiyasi jarayonlari kichik tezlik bilan ketishi tufayli bu jarayonlar qattiq katalizator qo'llash bilan amalga oshiriladi. Bun-dan tashqari katalizator qo'llash oksidlovchilarni ma'lum bir ortiq-chaligida metanni uglerod monooksidi hosil qilmay quyidagicha reak-siya bo'yicha ozod uglerod hosil bo'lishi bilan ketishini oldini oladi:





Ozod uglerodni hosil bo'lasligi katalizatorni uzoqroq muddatda ishlashini ta'minlaydi, chunki katalizatorni tashqi yuzalari ozod uglerod bilan qoplanmagan bo'lgani uchun.

#### 4.8. METAN KONVERSIYASI KATALIZATORLARI

Metanni suv bug'i bilan konversiyasi amaliyotda juda sekin bo'radi. Bu holat esa vodorod ishlab chiqarish unumdorligini pasayib ketishiga olib keladi. Shuning uchun ham metan konversiyasi tezligini oshirishga xizmat qiladigan ijobiy katalizatorlar qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Metanni suv bug'i bilan konversiyasi uchun bir qator moddalar katalizator sifatida o'rganilib, sanoat uchun taklif etilgan. Bunday moddalar ichida metan konversiyasi uchun eng yaxshi katalizatorlar sifatida o'zi g'ovak, qattiq, nisbiy uchrashish yuzasi katta, yuqori temperaturalarga chidamli, arzon va kimyoviy inert moddalarga shimdirilgan nikel birikmalaridir. Kobalt, temir, xrom, molibden va volframlar ham katalizator sifatida tekshirib ko'rilgan, ammo ularning katalitik faolligi nikelnikidan past ekanligi aniqlangan.

Katalizatorlarning, shu jumladan nikel katalizatorini ham sifatiga ta'sir etuvchi asosiy omillardan biri — katalizator uchun yetarli darajada mexanik mustahkamlik va yuqori g'ovaklikka ega bo'lgan asosni tanlab olishdir. Ana shunday asoslar sifatida aluminiy oksidi (glinozyom), shamot, periklaz (eritilgan magniy oksidi) va kizelgurlar eng ko'p qo'llanadi.

Aluminiy oksidi sirtiga joylashtirilgan nikel katalizatorini promotorlari (aktivatorlari) sifatida magniy oksidi, aluminiy oksidi, xrom oksidi, toriy oksidlari ishlatiladi.

MDH davlatlari, shu jumladan, O'zbekiston Respublikasi bog'langan azot ishlab chiqarish korxonalaridagi metan konversiyasi sexlarida metanni suv bug'i bilan konversiyalash qurilmalarida GIAP (Государственный научно-исследовательский и проектный институт азотной промышленности и продуктов органического синтеза) tomonidan yaratilgan bir qator GIAP-3, GIAP-8, GIAP-14, GIAP-16, KSN-2 hamda chet ellarda ishlab chiqariladigan C-II-2S (CCI firmasi, AQSH), C-II-9 (CCI firmasi, AQSH), 57-I (ICI firmasi, Angliya), RKS-I (H.Topsoe firmasi, Daniya) turdagi nikelli katalizatorlar ishlatilib kelinmoqda. Bunday katalizatorlar qo'llanilish sohasiga qarab ikki asosiy guruhga bo'linishi mumkin. Birinchi guruhga quvurli o'choqlarda amalga oshiriladigan endotermik konversiya katalizatorlari; ikkinchi guruhga esa shaxtali reaktorlarda amalga oshiriladigan avtotermik konversiya katalizatorlari kiradi.

Avtotermik konversiya katalizatorlardan eng ko'p qo'llanadiganlaridan biri — GIAP-3 katalizatoridir. GIAP-3 tipidagi katalizatorni tayyorlash 10 ta bosqichdan iborat. Dastlab texnik glinozyom ( $Al_2O_3$ )ni o'lchami 5—40 mkm gacha maydalab, hosil bo'lgan kukun 20%li nitrat kislotasi bilan bir xildagi plastik massa olgunga qadar aralashtiriladi. Hosil qilingan massa shnek-pressdan kolbasa shaklida filera orqali itarilib chiqaziladi. Bu kolbasalar keyinchalik halqasimon yoki silindrik shaklidagi granula holda kesiladi. Granularlar keyinchalik 1573 K dan yuqori temperaturada quritiladi va kuydiriladi.

Bir necha marotaba shimdirish hamda 723 K da oraliq kuydirish bilan granularga asosiy faol komponent — nikel hamda promotorlar yetkaziladi va tuzlarni oksidlarga aylantirish uchun 723 K da uzil-kesil kuydiriladi.

Asosiy katalizator vazifasini metall holdagi nikel bajarishi munosabati bilan, yuqorida ko'rsatilgan yo'llar bilan hosil qilingan katalitik massa kontakt apparatida yuqori temperaturada tarkibida vodorodi bo'lgan gaz aralashmasi yoki metan va suv bug'idan iborat reaksiyon aralashmasi bilan qaytariladi. Bu jarayonda ishtirok etayotgan aluminiiy oksidi aktivator vazifasini bajaradi. Tayyor katalizator silindrik shaklda diametri 8 mm, balandligi esa 9 mm, yoki diametri ham, balandligi ham 12 mm dan bo'lgan hamda halqa shaklidagi ichki diametri 3—11 mm, tashqi diametri 8—20 mm, balandligi esa o'shanchadan bo'lgan holda ishlab chiqariladi.

Bunday nikelli katalizatorlarga bir qator noorganik va organik moddalar ( $H_2S$ ,  $CS_2$ ,  $COS$ ,  $C_4H_4S$  va boshqalar) zaharli moddalar sifatida ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bunday zaharli moddalardan vodorod sulfid katalizatoridagi nikel bilan quyidagi reaksiya bo'yicha ta'sir ko'rsatishi mumkin:



Tarkibida oltingugurt bo'lgan birikmalarning nikelli katalizatorlarga bo'lgan zaharli ta'siri nisbatan pastroq temperaturalar 873 K — 1073 K da anchagina katta bo'lib, yuqoriroq temperaturalar 1273 K — 1373 K da aksincha, anchagina kichikdir. 973 K dan yuqori temperaturada oltingugurtli aralashmalar bilan faolligi pasaygan katalizatorlarni faolligi ma'lum darajada yana qayta tiklanishi mumkin, agarda bunday katalizatorlar toza gazda ishlatilsa. Amaliyotda nikelli katalizatorlarni aktivligini pasayishiga olib keladigan salbiy jarayonlardan yana biri — bu katalizator sirtini quyidagi reaksiya bo'yicha elementar uglerod bilan qoplanishidir:



Bunday holatga yo'l qo'ymaslik uchun metan va uning gomo-loglarini konversiyasi jarayonini suv bug'ining ikki marotaba ortiq-chaligida amalga oshiriladi.

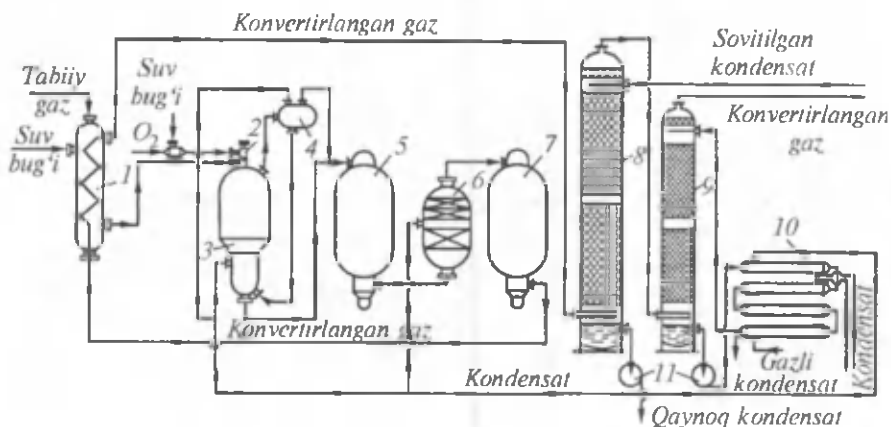
#### **4.9. METAN VA UGLEROD MONOOKSIDINI KONVERSIYASI JARAYONLARINING TEXNOLOGIK TASVIRLARI**

Sanoat maqsadlari uchun katta miqdorda vodorod ishlab chiqarishning kimyoviy usullarining eng progressiv turlaridan biri — metan va uglerod monooksidini bosim ostida suv bug'i, kislorod va atmosfera havosi aralashmasi yoki ularning ayrimlari ishtirokida katalizator qo'llab yoki qo'llamay konversiya jarayonini amalga oshirishdir. Chunki 1 molekula metanni to'liq konversiyalash natijasida 4 molekula vodorod (konversiya suv bug'i ishtirokida amalga oshirilsa) yoki 3 molekula (konversiya kislorod ishtirokida amalga oshirilsa) olinishi mumkin. Shuning uchun ham hozirgi vaqtda sanoatda, asosan, tarkibida uglerod monooksidini konversiyasi bor bo'lgan tabiiy gazni yuqori bosimlarda konversiyalash texnologik tasvirlari qo'llanmoqda, chunki O'zbekiston Respublikasi konlaridagi tabiiy gazlarning 95—99 (h) % ini metan tashkil etadi. Past bosimda, aniqrog'i atmosfera bosimiga yaqin bosimda ishlaydigan metan va uglerod monooksidini konversiyasi qurilmalarining unumdorligi kichik va ular texnik jihatdan mukammal emas.

Yuqori bosimda ishlaydigan konversiya qurilmalari bir qator afzalliklarga ega. Xususan, dastlabki gaz aralashmasidan hajmi jihatdan anchagina katta bo'lgan konvertirlangan gazni siqish uchun sarflangan energiya sarfini kam bo'lishi, apparatlar, kommunikatsiyalar va armaturalar o'lchamlarining kichiklashuvi, nam gazlar issiqligi to'liqroq rekuperatsiya qilinishi (chunki bunday qurilmalarda suv bug'ining kondensatsiyalanishi temperaturalari ko'tariladi), azotovodorod kompressorining konstruksiyasi soddalashadi va hokazo. Bular esa energo-texnologik tasvirlarni qo'llay oladigan, birlamchi quvvati yirik bo'lgan agregatlarni barpo qilish uchun sharoitlar yaratadi. Bunday agregatlarda mahsulot tannarxi va kapital sarflarni pasaytirishga, mehnat unumdorligini esa, keskin oshirishga katta sharoitlar yaratadi.

#### **4.10. METANNING BIR BOSQICHLI BUG'-KISLORODLI KONVERSIYASI TASVIRI**

Metan va uglerod monooksidini 2 MPa bosim ostida ishlaydigan bir bosqichli bug'-kislorodli katalitik konversiyasi sanoat qurilmalarining texnologik tasviri 4.1-rasmda ko'rsatilgan.



4.1-rasm. Metan va uglerod monooksidini 2 MPa bosim ostida ishlaydigan bir bosqichli bug'-kislrodli katalitik konversiyasi texnologik tasviri:

1 — issiqlik almashtirgich; 2 — aralashtirgich; 3 — metan konvertori; 4 — bug' to'plagich; 5, 7 — I va II bosqich uglerod monooksidi konvertorlari; 6 — namlagich; 8, 9 — skrubberlar; 10 — sovitgich; 11 — nasoslar.

Bu tasvir bo'yicha olingan konvertirlangan gaz tarkibida azot bo'lmaydi, shuning uchun konvertirlangan gazni azot bilan boyitish maqsadida uglerod dioksididan tozalangan konvertirlangan gaz uglerod monooksidi va metandan tozalanishi uchun suyuq azot bilan yuviladi. Bunday holatda metan juda ham to'liq konvertirlanadi — 2% li konsentratsiyagacha.

Bosimi 2 MPa bo'lgan va tarkibida oltingugurt birikmalarining miqdori  $10 \text{ mg/m}^3$  dan ortiq bo'lmagan tabiiy gaz issiqlik almash-tirgich (1) ning quvurlararo joyiga yuboriladi; bu yerga to'yingan bug' ham yuboriladi va u qizdirilayotgan tabiiy gaz bilan aralashib, hajm bo'yicha bug':gaz nisbati 2:1 ga teng bo'lgan bug'-gaz aralash-masini hosil qiladi. Bu issiqlik almashtirgichning quvurli joyiga esa uglerod monooksidi konvertoridan temperaturasi 698 K bo'lgan konvertirlangan gaz kiradi. 673 K gacha qizdirilgan bug'-gaz ara-lashmasi metan konvertori (3) ning aralashtirgichi (2) ga yuboriladi. Aralashtirgich (2) ga 2,5 MPa bosimdagi 95% li kislrod ham beriladi. Kislrod oqimiga bug' : kislrod nisbati (1-1,5):1 ga teng bo'lguncha shu bosimdagi 698 K gacha o'ta qizdirilgan suv bug'i beriladi.

Aralashtirgich (2) da bug'-kislrod va bug'-gaz aralashmalari puxta aralashtirilib, bug' : gaz : kislrod nisbati (2,7-3) : 1 : 0,65 ga teng bo'lgan aralashma 653 K da metan konvertori (3) ga kiradi.

Metan konversiyasi reaksiyasi katalizator ishtirokida temperaturasi eng yuqori bo'lgan joyda 1373 K da boradi.

Metan konversiyasidan so'ng, tarkibida 66,1% vodorod, 2% metan, 15,4% uglerod monooksidi, 15% uglerod dioksidi va 1,5% azot va argon bo'lgan gaz aralashmasi 1163 K ga yaqin temperaturada katalizatoridan chiqadi. Konversiyalash natijasida hosil bo'lgan bu gaz aralashmasining hajmi quruq gazga nisbatan hisoblanganda dastlabki tabiiy gaz hajmiga nisbatan taxminan 3 marotabagacha ortadi.

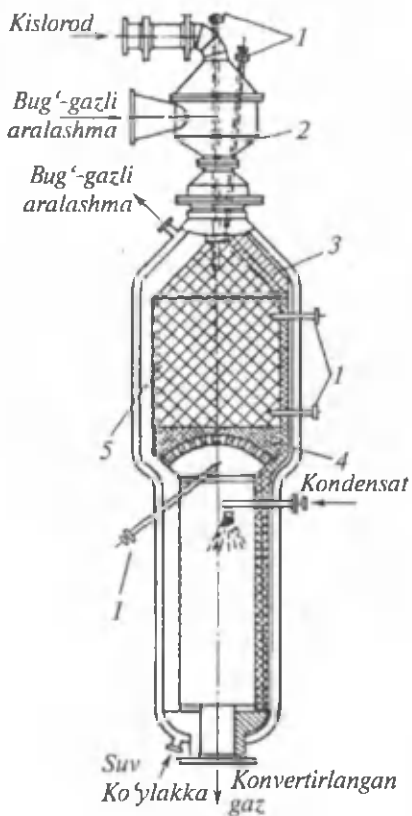
Metan konvertori (3) ning pastki qismida joylashtirilgan namlatgichda gazning temperaturasini 673 K — 693 K gacha tushirishi uchun gazga kondensat purkaladi. Natijada bug'ning gazdagi miqdori 1,2:1 nisbatgacha ortadi. Bunday nisbat birinchi bosqich uglerod monooksidi konvertori 5 da uglerod monooksidini 673 K — 733 K da konversiyalash uchun zarurdir. Metanni konversiyasi jarayoni ikkinchi bosqich uglerod monooksidi konvertorida 698 K da tugaydi. Ikkinchi bosqich uglerod monooksidi oldidan o'rnatilgan namlatgich (6) birinchi bosqich uglerod monooksidi konvertoridan chiqayotgan gazni 733 K dan 698 K gacha sovitish uchun xizmat qiladi.

Uglerod monooksidini asosiy qismi suv bug'i bilan birinchi bosqich uglerod monooksidi konvertorida reaksiyaga kirishadi. Bu konvertorda nisbatan yuqoriroq temperatura ushlanadi, bu esa jarayon tezligini oshiradi. Chegaralovchi omili muvozanatga yaqin bo'lgan ikkinchi bosqich uglerod monooksidi konvertorida uglerod monooksidini konversiyalash jarayonini ikkinchi bosqich uglerod monooksidi konvertorida nisbatan pastroq temperaturada olib borish maqsadga muvofiqdir.

Konvertirlangan gaz ikkinchi bosqich uglerod monooksididan so'ng gaz bo'yicha ketma-ket ulangan va aylanib yuruvchi bug'li kondensat bilan sug'oriladigan issiqlik almashtirgich (1) va ikkita skrubberlar (8) va (9) ga yuboriladi.

Gaz bo'yicha birinchi skrubber (8) da kondensat konvertirlangan gazni 403 K — 413 K gacha sovitadi, o'zi esa 400 K — 408 K dan 443 K — 453 K gacha isiydi. Keyinchalik bu issiqlik konvertirlangan gazni uglerod dioksididan tozalash monoetanolamin eritmasini regeneratsiya qilish uchun ishlatiladi. Skrubber (9) da konvertirlangan gazni uglerod dioksididan keyinchalik tozalash uchun zarur bo'lgan sharoitlardan biri, ya'ni konvertirlangan gazni batamom sovitish jarayoni amalga oshiriladi.

Metan konvertori (3) ning tashqi suvli qobig'idan olingan bug' bug'to'plagich (4) da to'planib, so'ng konversiya jarayonida foydalaniladi.



4.2-rasm. Metan konvertori:

1 — termojuftlik; 2 — aralashtirgich; 3 — ichki qoplama; 4 — o'tga chidamliklar qatlami; 5 — katalizator.

Apparat balandligi bo'ylab temperaturalarini nazorat qilish uchun termojuftlik (1) lar joylashgan.

Metan konvertori ichiga to'ldiriladigan katalizator hajmi  $10 \text{ m}^3$  ga tengdir, hajmiy tezligi esa  $1200 \text{ soat}^{-1}$  ni tashkil etadi.

Agregatning oxirgi mahsulot — ammiakka nisbatan hisoblanganda quvvati yiliga yuz ming tonnani tashkil etadi.

Radial xildagi uglerod monooksidi konvertori (4.3-rasm) vertikal silindrik apparatdan iboratdir va u uglerod monooksidi o'rtacha temperaturalik katalizatori bilan to'ldirilgan. Konvertor past legirlahgan po'latdan yasalgan. Apparatning yuqori shtutseri orqali bug'-gaz aralashmasi markaziy quvurga kiradi va u yerdan metallardan yasalgan to'r (3) ning ko'p sonli darchalar orqali ishchi katalizator (2) ga

Metanni konversiyalash natijasida hosil qilingan konvertirlangan gaz o'rtacha quyidagi (hajmiy % larda) tarkibga ega bo'ladi: vodorod — 70,2; uglerod dioksidi — 24,3; uglerod monooksidi — 2,5; metan — 1,7; azot — 0,5; argon — 0,3.

Metan konversiyasi jarayoni-ning asosiy jihozlarini ta'riflari quyida keltirilgandir.

*Metan konvertori* (4.2-rasm). Vertikal silindrik apparatdan iborat bo'lib, ichidan o'ta chidamli g'isht bilan qoplangandir. U suvli qobiqqa egadir. Bu esa konvertor korpusini qoplamada mahalliy nuqsonlar paydo bo'lishidan hosil bo'luvchi o'tga qizishlardan saqlaydi. Konvertor qobig'i uglerodli po'latdan yasalgan. Apparatni pastki qismiga kolosnikli panjara o'rnatilgan bo'lib, unga yirik o'tga chidamli material qatlami, so'ng esa konvertorning yuqorigi bo'g'i-zigacha katalizator joylashtirilgan. Apparatning yuqorigi tomiga aralashtirgich (2) o'rnatilgan. Apparatning pastki qismi g'ovak bo'lib, u namlatgich vazifasini bajaradi.

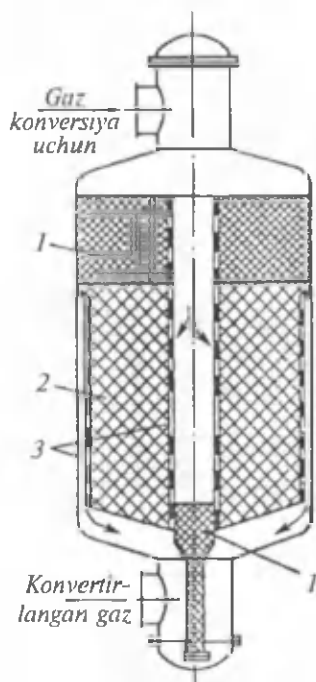
#### 4.3-rasm. Radial tipli uglerod monooksidi konvertori:

1 — mayda donachali ishlatilgan katalizatoridan iborat tiqma-to'siq; 2 — ishchi katalizator; 3 — metallan yasalgan to'r.

o'tadi. Gaz aralashmasining katalizator orqali radial, ya'ni katalizator qatlamiga nisbatan perpendikular oqimidagi chiziqli tezligi uning markaziy quvurda yuqoridan pastga qarab harakatidagi chiziqli tezligidan kichikdir. Bu esa juda muhim, chunki bunday sharoitda mos ravishda katalizator (2) qatlamining qarshiligi kamayadi.

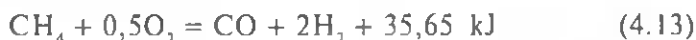
Bug'-gaz aralashmasi katalizator (2) qatlamidan o'tib bo'lgach, apparatning tashqi devori va katalizator (2) qatlami orasidagi halqasimon bo'shliq orqali pastga harakat qilib, apparatdan chiqib ketadi.

Apparatning yuqorigi qismida maydaq donachalardan iborat bo'lgan ishlatilgan katalizator joylashtirilgan bo'lib, u tiqma to'siq (1) vazifasini o'taydi va bug'-gaz aralashmasini tepadan pastga to'g'ridan to'g'ri o'tishiga xalaqit beradi. Katalizator (2) ning ishchi hajmi 20 m<sup>3</sup> ni tashkil etib, konvertorga kirishdagi quruq gaz bo'yicha hajmiy tezlik 885 soat<sup>-1</sup> ga teng.

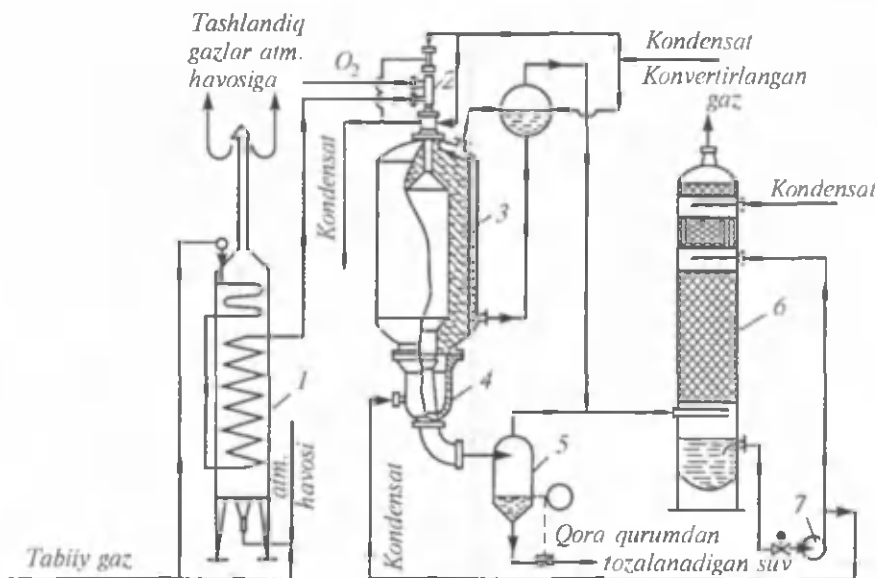


#### 4.11. GAZLARNI BOSIM OSTIDA YUQORI TEMPERATURALI (NOKATALITIK) KISLORODLI KONVERSIYALASH

Jarayonning asosida yuqorida ko'rib o'tilgan metan va uning gomologlarini kislorod bilan katalizator ishtirokisiz bo'sh hajmda to'liqsiz oksidlash quyidagi reaksiyasi yotadi:



Sanoatda bu jarayonni 2-3 MPa bosim ostida amalga oshiriladi (4.4-rasm). Metan va uning gomologlarini oksidlash uchun texnik kislorod (95% O<sub>2</sub>) ishlatiladi. Bu reaksiya natijasida hosil bo'lgan uglerod monooksidi (4.13) reaksiyasi bo'yicha suv bug'i bilan konversiyalanib bo'lgach, hosil qilinayotgan deyarli azotsiz gaz aralashmasi uglerod monooksidi va metandan suyuq azot bilan past temperaturada yuvish bilan tozalanadi.



4.4-rasm. Uglevodorodli gazlarni hosim ostida yuqori temperaturali nokatalitik konversiyasi texnologik tasviri:

1 — gazli isitgich; 2 — yondirgich; 3 — metan konvertori; 4 — turbulentli saturator; 5 — separator; 6 — skrubber; 7 — nasos.

2—3 MPa bosimdagi tabiiy gaz gazli isitgich (1) da 673 K gacha qizdiriladi. Kislorod turbokompressorda (4.4-rasmda ko'rsatilgan emas) 2—3 MPa dan bir oz yuqoriroq bosimgacha siqiladi. So'ng bu ikki oqim yuqori temperaturali konvertor (3) ning yuqori shtutseriga o'rnatilgan yondirgich (2) ga yuboriladi. Metan va kislorodni nisbati (4.13) reaksiyaga muvofiq 1:0,5 ga tengdir. Ammo, issiqlikning yo'qolishi va jarayonni avtotermik ketishini ta'minlash uchun tabiiy gaz hamda kislorodni yetarli darajada qizdirilganligi tufayi odatda, kislorodni metanga nisbatini biroz ko'proq ushlanadi. Bunday holatdagina tabiiy gazni 1623 K — 1673 K temperaturada amaliy jihatdan qora-qurum deyarli hosil qilmay to'liq konversiyalashga erishish mumkin. Kislorod va tabiiy gaz oqimlari yondirgich (2) dan o'tib, metan konvertori (3) ga keladi, uning yuqorigi qismida ularning aralashuvi tugaydi va konversiya jarayoni boshlanadi.

Metan konvertori (3) vertikal silindrik apparat bo'lib, ichidan o'tga chidamli material bilan futerovka qilingandir. Bu apparat tashqi ko'ylakka ega bo'lib, uning orasiga oziqlantiruvchi suv beriladi va reaksiyon issiqlik hisobiga 2—3 MPa bosimdagi to'yingan suv bug'i olinadi. Konvertor (3) ning pastki qismi konstruktiv jihatdan Venturi



turidagi turbulentli saturator (4) bilan birlashtirilgan bo‘lib, unga konvertirlangan gazni 573 K gacha sovitadigan va namlatadigan suv kondensati beriladi. So‘ngra konvertirlangan gaz separator (5) ga o‘tib, u yerda qoldiq kondensatdan ajratilib, skrubber (6) da sug‘orish uchun tepadan berilayotgan kondensat bilan 478 K gacha qo‘shimcha sovitiladi. Bunday jarayon natijasida konvertirlangan gaz suv bug‘i bilan suv bug‘i : konvertirlangan gaz = 1,1:1 nisbatgacha to‘yintiriladi. Bu esa uglerod monooksidini konversiyasi uchun yetarlidir. Metanni yuqori temperaturali konversiyasi natijasida quruq gazga hisob qilinganda hajmiy % da quyidagi tarkibdagi konvertirlangan gaz ishlab chiqariladi: vodorod — 60—61; uglerod monooksidi — 34—34,8; uglerod dioksidi — 2—2,4; metan — 1,5—2,0; azot va argon — 1,4—1,7.

Metan konversiyasi jarayoni sharoitlari buzilgan taqdirda konvertirlangan gaz tarkibida qora qurumni, ya’ni ozod uglerodni quyidagi endotermik reaksiya bo‘yicha hosil bo‘lishi kuzatiladi:



Bu hosil bo‘ladigan uglerod saturator (4) va separator (5) da suv bilan yuvilib, kondensat bilan chiqazib tashlanadi. Kondensatni apparatlar orasida aylanib yurishini ta’minlash uchun nasos (7) o‘rnatilganidir. Ifloslangan suv qora qurumdan tozalanishi uchun qurilmadan chiqazib yuboriladi. Hosil qilingan konvertirlangan gaz esa, yuqorida bayon etilganidek, uglerod monooksidini konversiyalash uchun yuboriladi.

#### **4.12. TABIIY GAZLARNI BOSIM OSTIDA IKKI BOSQICHLI BUG‘LI VA BUG‘-HAVOLI KATALITIK KONVERSIYALASH**

Mamlakatimiz azot sanoatida oxirgi yillarda uglevodorodli gazlarni bosim ostida ikki bosqichli bug‘li va bug‘-havoli katalitik konversiyalab vodorod ishlab chiqarish keng qo‘llana boshlandi. Buning asosida metan va uglerod monooksidini konversiyasi, metanlashtirish va ammiak sintezi ekzotermik katalitik jarayonlari issiqligini chuqur qayta foydalanadigan energotexnologik tasvir bo‘yicha ishlaydigan yiriklashtirilgan agregatlar yaratilgan.

Jarayonning birinchi bosqichi uglevodorodli gazlarni tashqaridan isitiladigan quvurli o‘choqda suv bug‘i bilan katalitik konversiyasidan iborat bo‘lib bu yerda uglevodorodlarning asosiy qismi metan qoldig‘igacha konversiyalanadi. Keyingi bosqich esa shaxtasimon konvertorda katalizator ishtirokidagi bug‘-havoli konversiyadir. Bu ikki

bosqichlar o'zaro moddiy-issiqlik nisbatlari bilan qattiq bog'langan, chunki shaxtasimon konvertorga beriladigan atmosfera havosi shunday miqdorda bo'lmog'i kerakki, natijada hosil qilinayotgan azoto-vodorod aralashmasida 75% vodorod va 25% azot bo'lsin. Shuning bilan birga shaxtali konvertordagi jarayon metan konversiyasini talab darajasida to'liqligini ta'minlashi va avtotermik bo'lmog'i kerak. Demak, konvertirlanishi lozim bo'lgan metan miqdori juda aniq bo'lishi lozim.

Reaksiyon quvurlarni tashqi qizdirishi hisobiga quvurli o'choqning katalizatorli qatlamida hosil qilinayotgan temperatura quvurlarda qo'llanayotgan metallning mexanik xossalari bilan chegaralangandir. Qo'llanayotgan metall quvur tashqi devorini qizdirishdagi temperaturani ruxsat etilganidan oshirishga yo'l qo'ymaydi. Quvurli o'choqda hozirgi vaqtda bug'-gaz aralashmasining oxirgi temperaturasi 1073 K — 1103 K ga boradi. O'choqning reaksiyon quvurlariga kirishdagi bug'-gaz aralashmasining boshlang'ich temperaturasi 783 K — 798 K ga tengdir.

Quvurli o'choqqa solingan yuqori aktiv katalizator hamda ikkinchi bosqich uglerod monooksidi konvertoridagi past temperaturali katalizator o'z aktivliklarini 1 m<sup>3</sup> tabiiy gazda oltingugurt birikmalarining miqdori 0,5 sm<sup>3</sup> dan oshmagan sharoitdagina saqlab qolishlari mumkin. Shuning uchun ham metan konversiyasi jarayonidan avval tabiiy gaz tarkibida oltingugurt birikmalari bor bo'lgan birikmalardan tozalangan bo'lmog'i kerak.

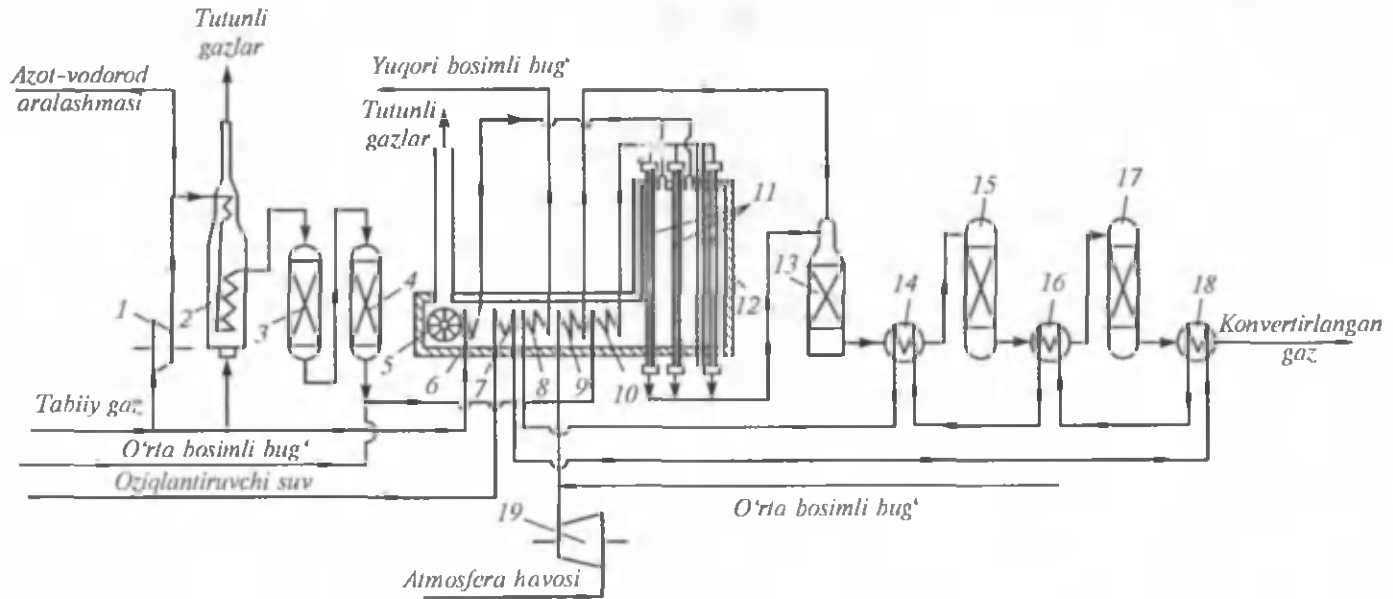
Quyida ammiak bo'yicha unumdorligi kuniga 1360 t ammiak bo'lgan metan va uglerod monooksidini bosim ostida ikki bosqichli konversiyalash agregati texnologik jarayoni bayoni keltirilgan (4.5-rasm).

Tabiiy gaz kompressor (1) da 4,6 MPa gacha siqiladi, so'ng unga tabiiy gazning miqdoridan 10% miqdorda azotovodorod aralashmasi qo'shiladi va olovli isitgich (2) da 673 K gacha qizdiriladi. Isitish uchun tabiiy yoki boshqa yonuvchi gaz ishlatiladi. Avvalo gidridlash reaktori (3) da qizdirilgan konvertirlangan gazni gidridlash reaktori (3) da oltingugurtli birikmalardan tozalanadi.

Gidridlash reaktori (3) ichidagi kobalt-molibdenli katalizatorida barcha oltingugurtli organik birikmalar vodorod ishtirokida vodorod sulfidigacha qaytariladi. So'ng yutgich (4) da rux oksididan iborat yutish massasi sirtida hosil bo'lgan vodorod sulfid quyidagi reaksiya asosida yutiladi:



Ishlatib bo'lingan massani agregatni to'xtatmay almashtirishga erishish uchun yutgich (4) dan ikkitasi o'rnatiladi.



4.5-rasm. Unumdorligi kuniga 1360 t ammiak bo'lgan ishlab chiqarishni ta'minlaydigan tabiiy gazni bosim ostida ikki bosqichli konversiyalash agregati texnologik tasviri.

1 — tabiiy gaz kompressori; 2 — olovli isitgich; 3 — gidridlash reaktori; 4 — yutgich; 5 — dudburon yutuvchi; 6, 7, 9, 10 — mos ravishda tabiiy gaz, oziqlantiruvchi suv, bug'-havo va bug'-gaz aralashmalari isitgichlari; 8 — bug'ni o'ta qizdirgichi; 11 — reaksiyon quvurlar; 12 — quvurli o'choq; 13 — ikkinchi bosqich metan konvertori; 14, 16 — bug' qozonlari; 15, 17 — birinchi va ikkinchi bosqich uglerod monooksidi konvertorlari; 18 — issiqlik almashtirgich; 19 — markazdan qochma havo kompressori.

Oltimgugurtli birikmalardan tozalangan konvertirlangan gazga bug':gaz nisbati 3,7:1 ga yetguncha suv bug'i qo'shiladi va hosil qilingan bug'-gaz aralashmasi radiatsion va konveksion kameralardan iborat quvurli o'choq (12) ga yuboriladi. Radiatsion kamerada metan konversiyasi katalizatori bilan to'ldirilgan quvurlar va tabiiy gaz yoki boshqa yonuvchi gaz yondirgichlar joylashgandir.

Yondirgichda hosil bo'lgan tutunli gazlar katalizatorli quvurlarni isitadi, so'ng esa bu tutunli gazlarning issiqligidan bug'-gaz (10) va bug'-havo (9) aralashmasi isitgichlari, yuqori bosimli oziqlantiruvchi suvni (7) va yoqilg'i gaz isitgichlari 6 joylashgan konveksiya kamerasida qo'shimcha foydalaniladi va dudburon yutuvchi (5) orqali atmosfera havosiga tashlab yuboriladi.

Konveksiya kamerasining bug'-gazli isitgichi (10) da bug'-gaz aralashmasi 643 K — 673 K dan 798 K gacha isitiladi, so'ngra 3,7 MPa bosim ostida katalizator bilan to'ldirilgan, parallel ulangan katta sondagi quvurlarga qarab harakat qiladi. Bu vaqtda hosil bo'lgan gaz aralashmasi temperaturasi reaksiyon isitishi hisobiga quvurdan chiqishda 1098 K gacha ortadi, metan miqdori esa aksincha reaksiya hisobiga 9—10% gacha kamayadi. Konversiya jarayoni ikkinchi bosqich metan konvertori 13 da nihoyasiga yetadi. Markazdan qochma kompressor (19) havoni 3,6 MPa bosimgacha siqadi, so'ng esa bunga suv bug'i : havo = 0,1:1 nisbatga erishguncha suv bug'i qo'shiladi va bug'-havo aralashmasi o'choqning konvektiv qismida 753 K — 758 K gacha qizitiladi. Ikkinchi bosqich metan konvertori (13) ning aralashtirgichdan iborat yuqorigi qismiga metanni amaliy to'liq konversiyasini ta'minlash uchun va oxir oqibat stexiometrik azotovodorod aralashmasini olish uchun zarur nisbatda alohida-alohida oqim bilan bug'-gaz va bug'-havo aralashmalari beriladi. Dastlab konvertirlangan gaz tarkibidagi bir qism vodorod, metan va uglerod monooksidi bilan havodagi kislorodning oksidlanish ekzotermik jarayonlari ketadi va natijada konvertordagi temperatura birdaniga ortib ketadi, so'ngra esa katalizator ishtirokida metanning suv bug'i bilan endotermik jarayoni ketadi.

Konvertirlangan gazning konvertor (13) dan chiqishdagi temperaturasi 1253 K — 1273 K gacha yetadi; konvertirlangan gaz tarkibi esa (quruq gaz hisobida, hajmiy % larda) o'rtacha quyidagicha bo'lishi mumkin: vodorod — 57,6; uglerod monooksidi — 11,2; konvertirlangan gaz tarkibidagi bug' miqdori bug':gaz = 0.7:1 nisbatga to'g'ri keladi.

10,5 MPa bosimli bug' ishlab chiqaradigan parallel ulangan ikkita (4.5-rasmda bittasi ko'rsatilgan) bug' qozonlari (14) da konvertirlangan gaz 693 K gacha sovitiladi va 1500 soat<sup>-1</sup> hajmiy tezlikda

birinchi bosqich uglerod monooksidi konvertori (15) ga yuboriladi. Bu apparatda esa o'rtta temperaturali temir-xrom katalizatorida uglerod monooksidining asosiy qismini vodorod va uglerod dioksidi hosil qilish ekzotermik konversiyasi ketadi. Jarayonning issiqligi hisobiga gazning temperaturasi 718 K gacha ortadi, uglerod monooksidi konsentratsiyasi esa 3,6% gacha kamayadi. So'ng bosim 10,5 MPa bo'lgan bug' ishlab chiqaradigan bug' qozoni (16) da va issiqlik almashtirgich (18) da bug'-gaz aralashmasi mos ravishda 613 K va 498 K gacha sovutiladi. 498 K temperaturada va 2400 soat<sup>-1</sup> hajmiy tezlikda bug'-gaz aralashmasi faol, past temperaturali katalizator bilan to'ldirilgan ikkinchi bosqich uglerod monooksidi konvertori (17) ga o'tadi; u yerda konversiya jarayoni ketib, uglerod monooksidining miqdori 0,5—0,6% gacha kamayadi.

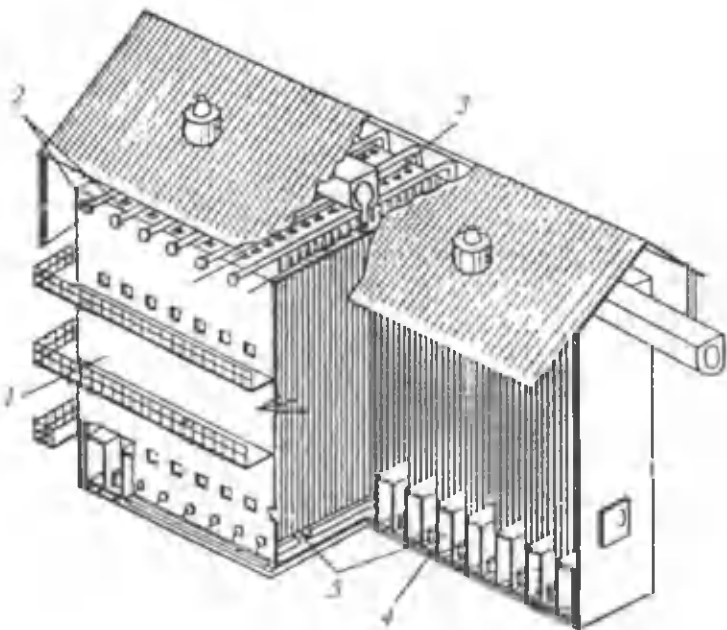
Past temperaturali katalizator zaharlar bilan oson zaharlanishi mumkin; ammo bu katalizator uglerod monooksidi konversiyasida muvaffaqiyatli tarzda qo'llanilishi mumkin, chunki tabiiy gaz konversiya jarayonidan avval oltingugurt birikmalaridan tozalanadi. Konversiya jarayonidan so'ng gazning tarkibi (hajmiy % larda) o'rtacha quyidagicha bo'ladi: vodorod — 61,7; uglerod monooksidi — 0,50; uglerod dioksidi — 17,4; azot + argon — 20,1; metan — 0,3; gaz temperaturasi 528 K; bug'-gaz nisbati bug' : gaz = 0,4:1.

Konvertirlangan gazga kondensat purkaladi, natijada uning temperaturasi 448 K gacha pasayadi. So'ng konvertirlangan gaz issiqligi konvertirlangan gazni uglerod dioksididan monoetanolinli tozalash regeneratoring qaynatgichidan foydalaniladi va keyinchalik konvertirlangan gaz uglerod dioksididan tozalashga yuboriladi.

Uglevodorodli gazlarni ikki bosqichli bug'li va bug'-havoli katalitik konversiyalari va bosim ostida uglerod monooksidi konversiyalari sintetik ammiak ishlab chiqarish energetexnologik tasvirining birinchi bosqichidir.

Metan, uglerod monooksidi, metanlashtirish va ammiak sintezi issiqliklari yuqori bosimdagi suvni qizdirish va bosimi 10,6 MPa bo'lgan o'ta qizigan bug'ni olish uchun foydalaniladi. Bu bug', bug'li turbinalarga borib, ammiak ishlab chiqarishining kompressorlari va asosiy nasoslarini harakatga keltiradi hamda texnologik maqsadlar uchun ham foydalaniladi. Ammiak ishlab chiqarishini bunday tashkil etilish elektr energiyasi iste'molini kamaytiradi.

Agregatning asosiy jihozi quvurli o'choq hisoblanadi. U metall sinchli, to'g'ri burchakli ikki kamerali o'choq bo'lib, ichidan yuqori sifatli o'tga chidamli g'ishtlar bilan qoplangan. Quvurli o'choq radiatsiya kamerasi (4.6-rasm) va konveksiya kamerasidan iborat

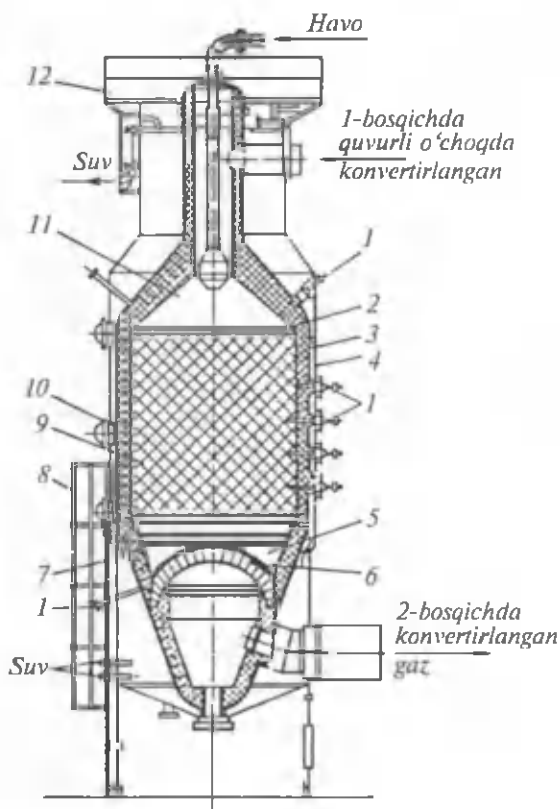


4.6-rasm. Quvurli o'choqning radiatsiya kamerasing umumiy tashqi ko'rinishi: 1 — quti; 2 — bug'-gaz aralashmasi kollektorlari; 3 — konvertirlangan gaz kollektori; 4 — yig'ma tutunli yo'laklar; 5 — pastki seksiyali kollektorlar.

bo'lib, tutunli yo'lak bilan tutun so'ruvchi nasos va tutunli quvur bilan tutashgan.

Quvurli o'choq metallardan yasalgan tashqi quti (qobiq)ga egadir. O'choqning uzunligi 26,11 m, radiatsion kamerasing eni 21,50 m, bu kameraning qurilish balandligi 18,335 m. Konveksiya kamerasi yoniga yuqori bosimli ishga tushiruvchi qozon qurilgan bo'lib, unda bosimi 10,5 MPa bo'lgan bug' olinadi. Bu qozon qurilmani ishga tushirish uchun va zarur bo'lgan taqdirda agregatni ishlatish davrida ma'lum miqdorda bug' ishlab chiqarish uchun ham xizmat qiladi. Radiatsiya kamerasida ichki diametri 71 mm, devorining qalinligi 21,5 mm va har birining uzunligi 10,755 m bo'lgan quvurlar (6) o'n ikki qatorda (jami 504 ta quvur) vertikal holatda joylashtirilgandir.

Quvurlar katalizator bilan to'ldirilgandir. To'ldirilgan katalizatorlarning umumiy hajmi 20,4 m<sup>3</sup> ni tashkil etadi. Katalizator tashqi diametri 16 mm, ichki diametri 7 mm, balandligi 12 mm bo'lgan halqalardan iborat.



4.7-rasm. Ikkinchi bosqich metan konvertori:

1 — termojuftliklar; 2 — himoyalovchi qatlam; 3 — qobiq; 4 — suvli ko'ylak; 5 — loy-tuproqdan qilingan soqqalar; 6 — g'ishtdan qilingan teshikli yoysimon panjara; 7 — tayanch; 8 — narvon; 9 — katalizator; 10 — issiqlik yo'qolishini kamaytiruvchi ichki qobiq atrofiga o'rnatilgan o'tga chidamli beton; 11 — aralashtiruvchi kamera; 12 — xizmat qilish yuqori maydonchasi.

Bosim 3,7 MPa bo'lganda quvurni ruxsat etilgan qizdirish temperaturasi 1203 K dir. Quvurlar markazdan qochma kuyish usuli bilan tarkibida 24—28% xrom va 18—22% nikel bo'lgan qotishmadan tayyorlanadi. Quvurlarni kollektorlar (2) ga ulanish usuli ularni qizishi natijasida erkin uzayishlariga imkon beradi. Radiatsiya kamerasining yuqorigi qismida reaksion quvurlar (6) orasida ularni isitish uchun 260 ta alanga tipidagi injeksion yondirgichlar (8) joylashtirilgandir.

«П» shaklidagi konveksiya kamerasida yuqorida ko'rsatilganidek, tutunli gazlar bilan isitiladigan isitgich (4) va yuqori bosimli bug'ni o'ta qizdirgichi joylashtirilgan. Tutunli gazlar boshlang'ich 1323 K temperaturada yig'ma tutun yo'li (4) orqali radiatsiya kamerasidan

kelib, 433 K — 473 K da quvurli o'choqni tashlab chiqib ketadi. Tutunli gazlar hajmiy sarfi 400 ming m<sup>3</sup>/soatni tashkil etadi. Tutunli yo'lakda konveksiya kamerasida va kamera oldida zarur bo'lgan taqdirda qo'shimcha issiqlik kiritishni ta'minlaydigan yondirgichlari bor.

Ikkinchi bosqich metan konvertori (4.7-rasm) vertikal apparatdan iborat bo'lib, uning yuqorigi qismida aralashtiruvchi kamera (11) joylashgan.

Apparatning pastki konussimon qismida o'tga chidamli g'ishtdan qilingan teshikli yoysimon panjara (6) o'rnatilgandir. Unga loy-tuproqdan qilingan soqqalar (5) qo'yilib, uning ustiga esa halqa shaklidagi umumiy hajmi 38,5 m<sup>3</sup> bo'lgan nikelli katalizator joylashtirilgan. Apparat ichidan issiqqa chidamli beton (10) bilan qoplangan. Apparatning tashqarisida suvli ko'ylak (4) o'rnatilgan bo'lib, ichki qobiqda defekt paydo bo'lganda apparat korpusini o'ta xavfli qizishiga yo'l qo'ymaydi. Konvertorning ichki diametri 3,73 m, balandligi esa (tayanchi bilan) — 17,41 metrni tashkil etadi.

#### 4.13. AGREGATNI AVTOMATLASHTIRISH

Agregatni boshqarish markaziy pulti (BMP) dan olib boriladi. Jarayonni barqaror qilish uchun konversiyaga boradigan tabiiy gaz, suv bug'i, havo va isitish uchun beriladigan tabiiy gaz kabi asosiy oqimlar berilgan darajada avtomatik ravishda ushlab turiladi. Konversiya uchun sarflanayotgan tabiiy gazga qarab jarayon boshqariladi. Nisbat to'g'rilagichlari yordami bilan avtomatik tarzda bug', havo va yonuvchi gazlar berilgan oqimlari o'rnatiladi. Asosiy gaz oqimlari: tabiiy gazni oltingugurtli tozalagichgacha bug'-gaz aralashmasini quvurli o'choqqa berish oldidan va undan chiqishda, bug'-havo aralashmasini ikkinchi bosqich metan konvertoriga kirish oldidan, tutunli gazlarni quvurli o'choqning ikkala kamerasida, konvertirlangan gazni birinchi va ikkinchi bosqich uglerod monooksidi konvertorlari oldidan temperaturalar avtomatik tarzda ushlab turiladi. Bulardan tashqari, agregatni xavfsiz to'xtatishga imkon beruvchi himoya blokirovkalar ham bor. Masalan, tabiiy gaz, bug' yoki texnologik havoni berish to'xtatilganda.

Quyida 1 t ammiakka nisbatan metan va uglerod monooksidi bosqichlari bo'yicha sarflanishi koeffitsientlari berilgan:

Tabiiy gaz, m <sup>3</sup> .....	1090
Yutgich GIAP-10, kg .....	0,54



Katalizatorlar, kg: kobalt molibdenli .....	0,02
Quvurli o'choq uchun konversiya katalizatorlari, kg .....	0,02
Ikkinchi bosqich metan .....	0,03
Birinchi bosqich uglerod monooksidi .....	0,20
Ikkinchi bosqich uglerod monooksidi .....	0,16

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Nima uchun tabiiy va yo'ldosh gazlar ammiak ishlab chiqarishda asosiy xomashyo deb hisoblanadi?
2. Metan konversiyasining asosiy tenglamalarini yozing. Qaysi reaksiyalar amaliy qaytar reaksiyalar hisoblanadi? Metan konversiyasi darajasiga bosim, temperatura va  $\text{CH}_4 : \text{H}_2\text{O}_{(\text{bug'})}$  yoki  $\text{CH}_4 : \text{H}_2\text{O}_{(\text{bug'})} : \text{O}_2$  nisbatlarining ta'siri qanday?
3. CO konversiyasi jarayoniga bosim, temperatura va  $\text{N}_2\text{O} : \text{SO}$  nisbatlarining ta'siri qanday?
4.  $\text{CH}_4$  va CO ning konversiyasi jarayonlarida qanday katalizatorlar ishlatiladi?
5. Metanni bir bosqichli bug'-kislrodli konversiyasi tasvirini tushuntiring. Jarayonning asosiy parametrlari (bosim, temperatura,  $\text{CH}_4 : \text{H}_2\text{O}_{(\text{bug'})} : \text{O}_2$ ) ni ayting.
6. Metanni ikki bosqichli bug'li va bug'-havoli katalitik konversiyasi qanday xususiyatlarga ega? Bu jarayonning tasvirini tushuntiring va jarayonning asosiy parametrlarini ayting.
7. Quvurli o'choqni, ikkinchi bosqich metan konvertori va CO konvertori-ning tuzilishini tushuntiring.

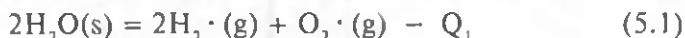
## 5-BOB

### VODOROD OLISHNING BOSHQA USULLARI

#### 5.1. VODORODNI ELEKTROLIZ USULI BILAN OLISH

Vodorod olishning kimyoviy usulidan tashqari yana bir nechta usullari mavjud. Shulardan nisbatan ko'proq qo'llanadigan usullardan biri — bu elektrokimyoviy usuldir.

Vodorodni elektrokimyoviy usul bilan olish suvni elektroliziga moslangandir, ya'ni suvni doimiy elektr toki ta'sirida quyidagi reaksiya bo'yicha ajratishga asoslangan:



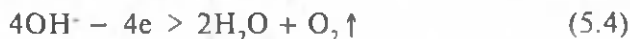
Agarda elektrolitning suvli eritmasi bilan to'ldirilgan vannaga anod va katoddan iborat ikki elektrod tushirilib va anodni elektr toki manbasining musbat, katodni esa manfiy qutblariga ulansa, eritmada suv ionlarining aniq harakati sodir bo'ladi:



Shunday qilib, musbat qutb (anod)ga manfiy zaryadlangan  $\text{OH}^-$  ionlari, katodga esa — musbat zaryadlangan  $\text{H}^+$  ionlari (kationlari) harakat qila boshlaydilar. Musbat va manfiy zaryadlar bir-biri bilan neytrallanib, elektrsizlantirish sodir bo'lib, natijada katodda vodorod ajralib chiqa boshlaydi:



Anodda esa quyidagi reaksiya bo'yicha kislorod ajralib chiqa boshlaydi:



Ma'lumki, toza suv juda kichik elektr o'tkazuvchanlikka egadir. Shuning uchun elektroliz jarayonida toza suv emas, balki elektrolitlarni suvdagi eritmaları, ayrim hollarda, masalan, KOH ning 30% li eritmasi ishlatiladi. Elektroliz jarayonida ajralib chiqayotgan vodorod bilan kislorod bir-birlari bilan aralashib ketmasliklari uchun anod fazosi katod fazosidan nikelli sim bilan mustahkamlangan asbestli to'qimadan

iborat diafragma — to'siq bilan ajratilgan. Bu material elektrolitlarni o'tkazib, gazlarni esa o'tkazmaydi. Bu diafragma yuqori bo'lmagan elektr qarshiligiga ega bo'lib, ammo yetarli darajada mexanik mustahkamdir.

Quyidagi reaksiya:



bo'yicha suv elektrolizi elektr tokining nazariy kuchlanishini ( $V_n$ ) voltda quyidagi tenglama orqali aniqlash mumkin:

$$V_n = \frac{A}{n \cdot F}, \quad (5.6)$$

bu yerda: A — ko'rilayotgan reaksiyaning maksimal ishi, j/mol;

n — ekvivalentlar soni, suv uchun bu son 2 ga teng.

F — Faradey soni.

98 K da suv uchun  $V_n$  miqdori 1,23 voltga teng. Elektrolitni elektro'tkazuvchanligi temperatura ko'tarilishi bilan oshib boradi, ammo shu bilan birga elektrolizerning elementlarini korroziyasi kuchayadi, bug'lanish hisobiga suvning yo'qolishi ortadi, ishqorni tuman holda gazlar bilan olib ketilishi kuchayadi. Elektroliz temperaturasi shuning uchun odatda 348 K — 353 K ga teng qilib qabul qilinadi. Elektrodlar tomonidan hosil qilinayotgan o'ta kuchlanishi qo'llanayotgan metallga bog'liqdir. Nikel kichik o'ta kuchlanishlikka ega ekanligi topilgan. Ammo uning yuqori qiymatga egaligi va tanqisligi tufayli sanoat amaliyotida odatda toza nikel o'ta kuchlanishiga ega bo'lgan nikel qatlami bilan qoplangan temirli elektrodlar qo'llaniladi.

Elektrolit tomonidan hosil qilinadigan o'ta kuchlanishni elektrodlar orasidagi masofani konstruktiv mulohazalar asosida aniqlanadigan minimal miqdorigacha qisqartirib kamaytirishga harakat qiladilar.

Elektrolitning qarshiligi shu bilan birga elektr tokining qabul qilinayotgan zichligiga ham bog'liqdir. Masalan, elektr toki zichligini 400 A/m<sup>2</sup> dan 1000 A/m<sup>2</sup> gacha oshirilishi kuchlanishni 0,2—0,3 voltga o'sishiga olib keladi, bu esa eritmaning elektr o'tkazuvchanligini kamaytiruvchi vodorod va kislorod pufakchalarining elektrolit bo'ylab ko'tarilayotgan miqdorlarini mos ravishda ortishi bilan tushuntiriladi. Sanoat elektrolizerlarida mos ravishda anod va katod orasidagi umumiy kuchlanish 2,3—2,4 voltga teng bo'lib, nazariy miqdordan taxminan 2 marta ko'pdir.

Vatanimiz amaliyotida yirik quvvatli qurilmalarda filtr iskanjali xildagi ikki qutbli elektrodga ega bo'lgan FV-500 markali elektrolizerlar ishlatiladi. Bunday elektrolizerlar unumdorligi soatiga vodorod bo'yicha 500 m<sup>3</sup>, kislorod bo'yicha esa 250 m<sup>3</sup> ni tashkil etadi. U

160 ta xonachadan iborat bo'lib, har bir xonachaga 2,3 volt kuchlanish to'g'ri keladi.

Elektrolizerlarga umumiy 68 volt kuchlanish to'g'ri kelib, uning quvvati 2750 kVt dir. Olinayotgan vodorod 99,8 (hajmiy) % vodoroddan va kisloroddan tashkil topgandir. Tuman holdagi ishqorning vodoroddagi miqdori  $20 \text{ mg/m}^3$ , kisloroddagi miqdori esa  $100 \text{ mg/m}^3$  gachani tashkil etadi. Vodorod va kislorodni bunday tuman shaklidagi ishqordan ingichka tolali shisha paxtadan qilingan nasadkali filtrda tozalanadi. Vodorodni kislorodli aralashmalardan nikel-aluminiyli yoki nikel-xromli katalizatorlarda tozalanadi. Elektrolizer 13,44 m uzunlikka 3,38 m eniga va 6 metrcha balandlikka egadir.

Sarflanish koeffitsientlari  $1000 \text{ m}^3$  vodorodga nisbatan: 5500—5600 kVt/soat elektr energiyasi, 2,5 kg ishqor,  $1 \text{ m}^3$  distillangan suv.

Elektr energiyasining juda yuqori solishtirma sarfi tufayli vodorodni elektrokimyoviy usul bilan olish juda ham katta bo'lmagan qurilmalarda amalga oshiriladi.

## 5.2. VODORODNI BIOLOGIK USUL BILAN OLISH

Bir hujayralik bakteriyalarni, xususan, yashil, xom bakteriyalarni hayot faoliyatini o'rganilganda o'zidan keyinchalik vodorod chiqarish yo'li bilan oksidlanadigan organik birikmalar sintez qilinishlari aniqlangan. Bu jarayonlar ketishini tezlatadigan va boshqaradigan biologik katalizatorlar — fermentlar yaratildi. Shu munosabat bilan quyosh radiatsiyasi intensiv bo'lgan joylardagi sun'iy tashkil etilayotgan suv havzalarida energiya manbalaridan biri sifatida foydalanish maqsadida yetarli miqdorda vodorod olish uchun yuqorida bayon etilgan bakteriyalarni yetishtirish haqida taxminlar olg'a surilgan edi. Bu muammo hozirgi vaqtda uni o'rganishning dastlabki bosqichida turibdi.

Vodorod ishlab chiqarishning boshqacha biologik usullari ham o'rganilmoqda. Masalan, ozod vodorod ajralib chiqishi mumkin bo'lgan oraliq bosqichda o'simliklarda ketadigan fotosintez jarayonini to'xtatish imkoni ma'lum e'tiborga molikdir.

## 5.3. KOKS GAZIDAN AZOT-VODOROD ARALASHMASINI ISHLAB CHIQRISH

Uzoq yillar davomida energetik yoqilg'i va kimyoviy xomashyo sifatida neft va tabiiy gazni maksimal qo'llash natijasida qattiq yoqilg'ini yarim kokslash jarayoni rivojlanmay qoldi. Bunga asosiy sabab-

lardan biri — yarim kokslash jarayoni mahsulotlarini neftning narxi bilan raqobatda bo'la olmaganligidir.

Ammo, neft va tabiiy gazning narxlari kundan kunga qimmatlashib borayotganligi tufayli ularga alternativ bo'lgan energiya manbalarini qidirib topish ishlari olib borilayotgan hozirgi davrda nisbatan arzon kokslash va yarim kokslash jarayonlari yana qaytadan rivoj topishi va katta ahamiyat kasb etishi kutilmoqda. Bu holat ayniqsa, qattiq yoqilg'ini yoqish bilan texnologik xomashyo ishlab chiqaradigan jarayonlar birga olib boriladigan energotexnologik qurilmalarda katta ahamiyatga egadir.

Elektr stansiyalar yoki sanoat qozonlari bilan birlashtirilgan kokslash, yarim kokslash qurilmalari o'choqlarda yoqish mumkin bo'lgan koks yarim koks va kokslash va yarim kokslash jarayoni gazlari hamda smola asosida gazsimon va suyuq yoqilg'i, shuningdek kimyoviy xomashyo ham ishlab chiqarishlari mumkin. Kokslash va yarim kokslash jarayoni qattiq toshko'mir hamda nisbatan arzon va pastroq sifatli ko'mirlar asosida kelgusida istiqbollidir. Bu borada Respublikamizning eng yirik ko'mir konlaridan biri — Ohangaron ko'mir havzasi katta ahamiyat kasb etadi.

### 5.3.1. Koks gazini ishlab chiqarish

Qo'llanadigan xomashyo, ya'ni asosan, qattiq yoqilg'i — ko'mirning sifatiga qarab, kokslash jarayoni yarim kokslash, oraliq kokslash va kokslash kabi uch turga bo'linadi. Bu turlar qo'llanadigan temperaturalar bilan bir-biridan farq qiladi.

Yarim kokslash jarayoni deb, tashqi yoki ichki isitish o'choqlarida past navli qattiq yoqilg'ilar (qo'ng'ir ko'mir, slanes) ni havosiz sharoitda 773 K — 853 K temperaturalarda qizdirib, yarim koks, smola va kimyo sanoati uchun kerak bo'lgan gazlar aralashmasi ishlab chiqarishga aytiladi.

Yarim kokslash jarayonida hosil bo'luvchi mahsulotlar o'rtacha miqdorlari, massali ulushdagi foizlar: yarim koks 54,6—62,0; smola 8,4—17,1; yarim kokslash gazlari 19,0—24,0; pirogenetik suvlar 5,6—9,3.

Oraliq kokslash jarayoni 973 K — 1073 K temperaturada, kokslash jarayoni esa 1173 K — 1353 K temperaturada olib boriladi. Kokslash jarayonida yuqori sifatli toshko'mirlar ishlatiladi. Koks gazining chiqishi (1 tonna yoqilg'iga nisbatan) kokslash jarayonida o'rtacha 350 m<sup>3</sup> ni; yarim kokslash jarayonida esa 165—254 m<sup>3</sup> ni tashkil etadi. Gazlarni yoqish issiqligi: koks gaziniki 16—17 Mj/m<sup>3</sup>; yarim kokslash gaziniki esa 15,5—16,5 Mj/m<sup>3</sup> ni tashkil etadi.

Koks gazlari azot sanoatida ammiak sintezi uchun zarur bo'lgan, nisbatan arzon bo'lgan vodorod-azot aralashmasi ishlab chiqarish uchun qo'llaniladi.

Kokslash va yarim kokslash jarayonlari o'choqlaridan chiqayotgan gazlar tarkibi (5.1-jadval) quyidagi asosiy komponentlardan iborat.

5.1-jadval

**TEGISHLI O'CHOQLARDAN CHIQUYOTGAN KOKSLASH  
VA YARIM KOKSLASH JARAYONIDAGI GAZLARNING TARKIBI  
(hajmiy % da)**

T/r	Moddalar	Gazning turi	
		Koks gazi	Yarim koks gazi
1.	Vodorod H <sub>2</sub>	55–62	14,8–33,6
2.	C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub> (metan, etan, propan va boshq.)	24–28 (metan)	18,6–22,9
3.	Uglerod monooksidi CO	5–8	11,5–13,0
4.	Azot N <sub>2</sub>	5–6	2,5–4,9
5.	C <sub>n</sub> H <sub>2m</sub> (etilen, propilen va boshq.)	1,5–3	2,1–7,8
6.	Uglerod dioksidi CO <sub>2</sub>	2–3	25,9–42,4
7.	Kislrod O <sub>2</sub>	0,4–0,8	—

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, azot sanoati uchun asosiy moddalar-dan biri bo'lmish vodorodning miqdori yarim koks gazi tarkibida koks gaziga qaraganda deyarli 2 marotaba kam, uglerod dioksidining miqdori esa aksincha, 15 marotaba ko'p, xuddi shuningdek, to'yin-magan uglevodorodlar (etilen, propilen va boshqalar) deyarli ikki marotaba ortiqdir.

Koks gazi kokslovchi o'choqlardan chiqishda uning tarkibida bir qator qo'shimcha aralashmalar ham bo'ladi. Ular quyidagi 5.2-jad-valda ko'rsatilgan.

5.2-jadval

**KOKSLASH O'CHOG'IDAN CHIQUYOTGAN KOKS GAZI  
TARKIBIDAGI ARALASHMALAR, g/m<sup>3</sup> HISOBIDA**

T/r	Aralashma moddalar	Miqdori	T/r	Aralashma moddalar	Miqdori
1.	Smola	100–200	4.	Vodorod sulfidi	5–20
2.	Benzolli uglevodorodlar	30–40	5.	Vodorod sianidi	0,1–1
3.	Ammiak	7–10			

Bu aralashmalardan tashqari koks gazi tarkibida kichik miqdorda naftalin, azot oksidlari va boshqa moddalar ham bo'ladi.

Koks ishlab chiqaradigan koks kimyo zavodlarida koks gazidan smola, ammiak, benzol, naftalinlar va vodorod sulfidning asosiy qismi ajratib olinadi. Quyidagi 5.3-jadvalda azot o'g'itlari ishlab chiqarish korxonalariga yuborilayotgan koks gazining tarkibi ko'rsatilgandir.

5.3-jadval

**AZOT O'G'ITLARI ISHLAB CHIQRISH KORXONALARIGA  
YUBORILAYOTGAN KOKS GAZI TARKIBI**

T/r	Modda	Kimyoviy for-si	o'lchov birligi	Miqdor	T/r	Modda	Kimyoviy for-si	o'lchov birligi	Miqdor
1.	Vodorod	H <sub>2</sub>	h(%)	57—61	7.	Ugle- vodorodlar:			
2.	Azot	N <sub>2</sub>	h(%)	5 dan ortiq	a)	C <sub>n</sub> H <sub>2m</sub> <sup>*</sup> )		h(%)	1,8—3,2
3.	Metan	CH <sub>4</sub>	h(%)	24—27	b)	Asetilen	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	h(%)	0,1—0,5
4.	Uglerod mono- oksidi	CO	h(%)	3—8	d)	Benzol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	g/m <sup>3</sup>	4
5.	Uglerod dioksidi	CO <sub>2</sub>	h(%)	3 dan ortiq	e)	Naftalin		g/m <sup>3</sup>	0,2
6.	Kislород	O <sub>2</sub>	h(%)	0,8 dan ortiq	8.	Azot mono- oksidi	NO	g/m <sup>3</sup>	0,4—0,8

\* Bu guruhga etilen, propilen, etan, propan, butadiyen va boshqalar kiradi.

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, koks gazi tarkibida sintetik ammiak ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan azot-vodorod gazlari aralashmasida bir qator zararli moddalar bor bo'lib, albatta koks gazi ulardan tozalanmog'i kerak, shundan so'nggina koks gazidan uni sekin-asta sovitish yo'li bilan undagi oraliq moddalar suyuqlanish temperaturalariga mos ravishda bironta organik modda fraksiyasi, ya'ni aralashmasi suyuq holda olinadi. Bu fraksiya tarkibida shu moddaning miqdori ko'p bo'lib, qolgan organik moddalar nisbatan kamroq miqdorda kondensatlanib, shu fraksiya tarkibiga qo'shiladi. Bunga asosiy sabab, fraksiya tarkibidagi moddalarning suyuqlanish temperaturalari bir-biriga juda yaqinligidadir.

Shunday qilib, bir qator fraksiyalar ketma-ket ajratib olingach, eng oxirida azot-vodorod aralashmasi tarkibida bir oz metan va uglerod monooksidi bilan keyingi sexlarga yuborilib, u yerda kislородli qoldiq moddalardan tozalanib, sintetik ammiak ishlab chiqarish sexiga yuboriladi.

### 5.3.2. Koks gazini qoldiq aralashmalardan tozalash

Koks gazini tozalashning birinchi bosqichi bu — koks gazini mishyak sodali eritmaning natriyli tuzi bilan yuvib, uni vodorod sulfiddan tozalashdir. Bu jarayon natijasida quyidagi reaksiyalar asosida koks gazi nafaqat vodorod sulfiddan tozalanadi, balki ma'lum miqdorda mahsuliy oltingugurt ham ishlab chiqariladi:



Bu eritma atmosfera havosi bilan puflanganda:



Keyingi bosqich bu — koks gazini azot monooksidi NO dan tozalashdir. Azot monooksidi past temperatura va yuqori bosimlarda koks gazi tarkibidagi kislorod bilan azot to'rt oksidi NO<sub>2</sub> gacha oksidlanadi.

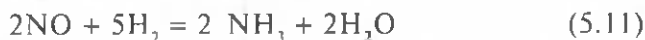
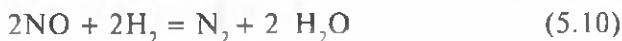


Azot to'rt oksidi o'z navbatida to'yinmagan uglevodorodlar (butadiyen, izopren, siklopentadiyen va boshqalar) bilan reaksiyaga kirishib, nitrobirikmalar va nitrozobirikmalar hosil qilishi mumkin. Ular esa koks gazini ajratish apparatlarida to'planib, o'z-o'zidan yonib ketishi yoki portlab ketadigan organik birikmalar hosil qilish mumkin.

Koks gazini azot monooksididan oksidlab tozalash 1,2 MPa bosim va 373 K ga yaqin temperaturada ichi bo'sh idishda amalga oshiriladi. Koks gazi bu idishda 90—110 sekund bo'lib, NO gazi NO<sub>2</sub> gaziga oksidlanadi.

Hosil bo'lgan NO<sub>2</sub> gazi to'yinmagan uglerodorodlar bilan reaksiyaga kirishib, yuqorida ko'rsatilgan temperaturalarda portlab ketmaydigan smola shaklidagi nitrobirikmalar hosil qiladi. Ular sovutilgan skrubberlarda suv bilan yuvilib, idishni tozalash chog'ida koks gazi azot monooksidi va dioksidlaridan deyarli tozalanadi.

Koks gazi tarkibidagi asetilen past temperaturalarda kristallanadi va apparatlarda portlash hosil qiluvchi miqdorlargacha to'planib qolishi mumkin. Koks gazidan NO, to'yinmagan uglevodorodlar va C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> dan butkul tozalash uchun ularni katalizator ishtirokida gidridlash jarayonidan o'tkaziladi. Bu vaqtda quyidagi reaksiyalar ketishi mumkin:







Koks gazini uglerod dioksidi  $CO_2$  dan tozalash uchun suv-absorbsiya yoki ammiak-ishqoriy usul qo'llanadi. Shunday qilib, tozalangan koks gazi tarkibida quyidagi asosiy aralashmalar ham bo'lishi mumkin: azot monooksidi  $NO$  0,01—0,02  $sm^3/m^3$  dan ortiq emas; uglerod dioksidi  $CO_2$  10  $sm^3/m^3$  dan ortiq emas; vodorod sulfid  $H_2S$  va boshqa oltingugurtli moddalar 30  $sm^3/m^3$  dan ortiq emas va asetilen  $C_2H_2$  200  $sm^3/m^3$  dan ortiq emas.

### 5.3.3. Koks gazini komponentlarga ajratishning nazariy asoslari

Yuqorida keltirilgan jadvallardan koks gazi bir qator organik va noorganik gazlarning murakkab aralashmasidan iborat ekanligi ko'rib turibdi. Bu aralashmadagi har bir komponent 5.4-jadvalda ko'rsatilgan fizik parametrlarga ega.

5.4-jadval

#### KOKS GAZI TARKIBIDAGI AYRIM KOMPONENTLARNING FIZIK PARAMETRLARI

T/r	Moddalar	Kimyoviy formulasi	Atmosfera bosimidagi qaynash temperaturasi, K	Kritik temperaturasi, K	Kritik bosim, MPa
1	2	3	4	5	6
1.	Propilen	$C_3H_6$	225,3	364,8	4,63
2.	Etan	$C_2H_6$	184,4	305,3	4,93
3.	Etilen	$C_2H_4$	169,2	282,5	5,18
4.	Metan	$CH_4$	111,4	190,9	4,68
5.	Kislород	$O_2$	90,19	154,6	5,12
6.	Uglerod monooksidi	$CO$	81,7	132,7	3,53
7.	Azot	$N_2$	77,39	126	3,43
8.	Vodorod	$H_2$	20,5	33,1	1,31

Koks gazining barcha komponentlarini (azot va vodoroddan tashqari) suyuqlantirish va koks gazidan ajratib olish uchun uni juda

past temperaturalarigacha sovitish kerakdir. Shuni ta'kidlash lozimki, koks gazi tarkibidagi ayrim komponentlarning konsentratsiyalari juda kichik va ularning koks gazidagi ulushli bosimlari yuqori bo'lmaganliklari, (bu esa ularni koks gazini ajratib olishni qiyinlashtiradi) koks gazini ajratish jarayonini yuqori bosimda olib borishni taqozo etadi, chunki bunday sharoida gazlarning kondensatsiyalanish (suyuqlanish) temperaturalari ma'lum darajada ko'tariladi va oxir-oqibat bu esa koks gazini komponentlarga ajratishni nisbatan osonlashtiradi. Shuning uchun ham koks gazini ajratish qurilmalari yuqori bosim 1,2—1,6 MPa da ishlaydi.

Yuqoridagi jadvaldan koks gazi tarkibiga kiruvchi aksariyat gazlar qaynash temperaturalari nisbatan juda yaqinligi ko'rinib turibdi, shuning uchun ma'lum bir temperatura oralig'ida ham gazning birona komponentini kondensatsiyalash jarayonida asosan shu komponent kattagina qismi kondensatlanganda suyuqlanish temperaturasi shu asosiy komponentnikiga yaqinroq bo'lgan komponentlar ham suyuqlikka o'tadi va natijada suyuqlikda o'sha asosiy moddaning faqat o'zidan iborat bo'lgan suyuqlik emas, balki shu moddaning boshqa moddalar bilan aralashgan suyuq fraksiyasi, ya'ni aralashmasi koks gazidan ajralib chiqadi.

Shu munosabat bilan koks gazini bunday ajratish fraksiyali ajratish usuli deb ataladi. Bu usul yordamida koks gazidan propilenli, etilenli va metanli fraksiyalar ajratib olinadi. Koks gazini sekin-asta sovitish natijasida koks gazining komponentlarini suyuqlanib, gazdan ajratib olinishi bilan birga bu suyuqlikda ham suyuqlikka o'tmagan gazlarni fizik erish jarayoni ham sodir bo'ladi, chunki koks gazini ajratish jarayoni yuqorida ta'kidlanganidek, nisbatan yuqori bosim 1,2—1,6 MPa da olib boriladi.

Koks gazidan bir qator komponentlar ajratib olingach, tarkibida asosan, vodorod, azot va oz miqdorda metan hamda uglerod monooksidi bor bo'lgan gaz aralashmasi qoladi. Bu aralashmalardan uglerod monooksidini azot-vodorodli gaz aralashmasida bo'lishi mutlaq mumkin emas, chunki u katalitik zahardir. Ammo tajribalar shuni ko'rsatdiki, metan inert gaz vazifasini o'tab, sintetik ammiak olishga kimyoviy zarar ko'rsatmas ekan, lekin boshqa gazlarning ulushli bosimlarini biroz tushirar ekan.

Shuning uchun, hamda azot-vodorod aralashmasi tarkibida azotning miqdorini sintetik ammiak ishlab chiqarish jarayoni talab etgan nisbatga yetkazish maqsadida bir qancha komponentlari ajratib olingan koks gazi suyuq azot bilan 1,3—1,6 MPa bosimda yuviladi. Buning natijasida suyuq fazada tarkibida 28—33 (h) % uglerod mono-

oksidi, qolgani azot, vodorod, metandan iborat CO fraksiyasi deb ataladigan fraksiya ajralib chiqadi; vodorod, azot, metandan iborat gaz aralashmasi sintetik ammiak ishlab chiqarish sexlariga yuboriladi.

Koks gazi va azotni sovitish sekin-asta bosqichma-bosqich olib boriladi. Dastlab koks gazi va azotni 233 K gacha sovitish kerak, bu jarayon suyuq ammiakli 0,04 MPa bosimda bug'lanishi natijasida hosil bo'ladigan sovuqlik hisobiga amalga oshiriladi. Bug' holda olingan ammiak ikki bosqichli ammiak — sovitish qurilmasida yana qaytadan suyuq holatga o'tkaziladi.

Azot va vodorodli o'ta chuqur sovitish uchun dastlab siqilgan va sovitilgan gazni drossel ventilida kengaytirish apparatlari (detanderlar) da kengaytirish natijasida hosil qilingan sovuqlikdan foydalaniladi.

Tajribadagi sinovlar 18—26 MPa bosimdagi azotni kengaytirish natijasida olingan sovuqlik eng iqtisodli ekanligini ko'rsatdi; shuning uchun ham koks gazini ajratish sanoat qurilmalari xuddi shu bosimda ishlaydi.

Oddiy drossellash jarayoni hisobiga hosil qilinadigan o'ta sovuqlik bosimni 18—20 MPa dan to'satdan pasaytirish yo'li bilan olinganligi tufayli bu jarayon katta elektr energiyasi sarfini talab etadi, shuning uchun ham koks gazini ajratish qurilmalarini yaratishda hosil bo'lgan har xil fraksiyalarni drossellashda hosil bo'luvchi sovuqliklardan maksimal drossellashda qayta foydalanishga harakat qilinadi.

Shu bilan birgalikda qurilmadan chiqib ketayotgan gaz holdagi mahsulot — azot-vodorod aralashmasi hamda qurilma apparatlari va kommunikatsiyalari tomonidan yo'qotilayotgan sovuqlikni ham iloji boricha kamaytirishga erishmoq kerak.

#### **5.3.4. Koks gazlarini ajratish agregatlarining turlari**

Koks gazlarini ajratish qurilmalari bir-biridan asosan gaz aralashmasini ajratish uchun zarur bo'lgan sovuqlikni hosil qilish usuli bilan hamda qurilmaning koks gazi bo'yicha unumdorligi bilan farq qiladi. Ko'pincha qurilmalarda kerakli sovuqlik qisman ammiakli sovitish sikli hisobiga hosil qilinsa, qisman esa ajratib olingan suyuq fraksiyalarni drossellash hisobiga olinadi, ayrim qurilmalarda esa bu sovuqlik asosan, yuqori bosimdagi azotni drossellash yoki detanderda kengaytirish hisobiga hosil qilinadi.

Koks gazini ajratish qurilmalari qatoriga quyidagi turdagi agregatlar kirishi mumkin: G-7500, «Er-Likid» (Fransiya), «Linde» (Germaniya) va hokazolar. Bunday koks ajratish agregatlari ishlashining ayrim ko'rsatkichlari 5.5-jadvalda keltirilgan.

**KOKS GAZINI AJRATISH AYRIM AGREGATLARINING ISHLASH  
KO'RSATKICHLARI**

T/r	Ko'rsatkichlar	Agregatlar		
		G-7500 (intensiv- lashtirilgan)	«Er-Likid» (Fransiya)	«Linde» (Germaniya)
1.	Koks gazi bo'yicha unumdorlik, m <sup>3</sup> /soat	10000	32000	32000
2.	Bosim, MPa	1,2	1,5—1,8	1,3
3.	Ishlab chiqariladigan azot-vodorod aralashmasi miqdori, m <sup>3</sup> /soat	7500	24000	24000
4.	1000 m <sup>3</sup> azot-vodorod aralashmasi olish uchun sarflanadigan azot miqdori, m <sup>3</sup> : past bosim yuqori bosim	470 325	375 287	352 306
5.	1000 m <sup>3</sup> azot-vodorod aralashmasi olish uchun sarflanadigan elektr energiya <sup>*)</sup> miqdori, kVt · soat	520	470	473

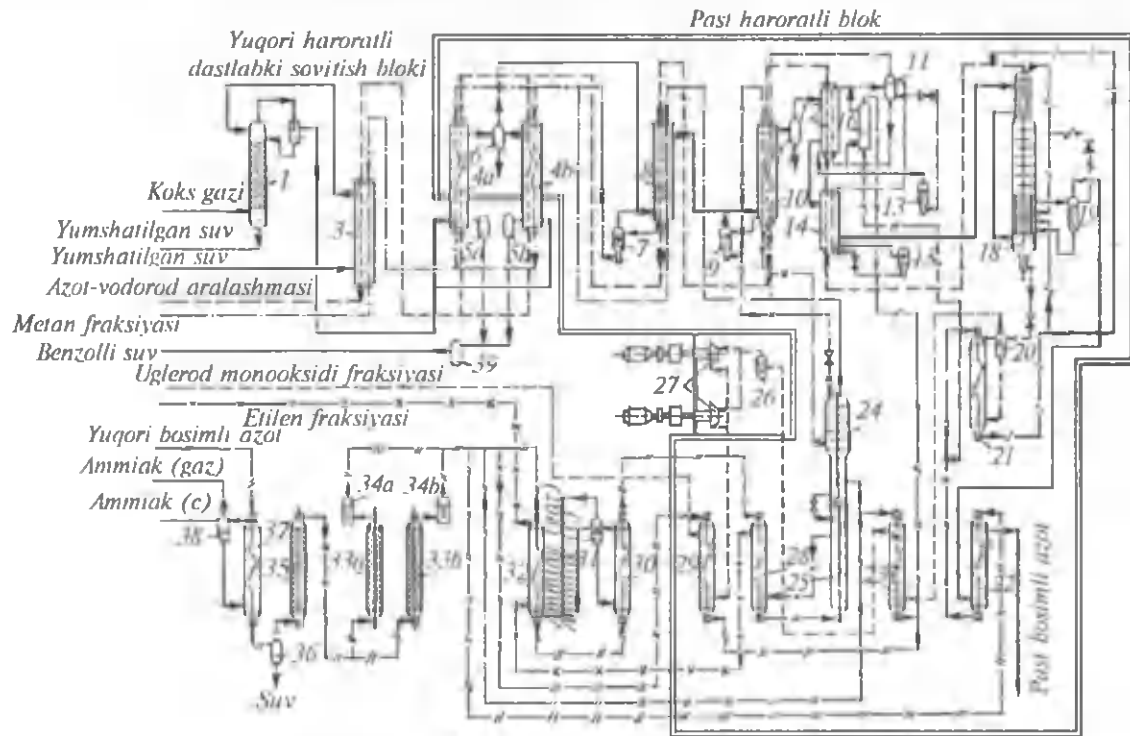
\* Azot-vodorod aralashmasini 32 MPa ga siqishga sarf bo'lishini e'tiborga olib.

Yuqori bosimli azot liniyasida detanderni o'rnatilishi («Er-Likid» va «Linde» agregatlarida) va koks gazi bo'yicha agregat unumdorligini 32000 m<sup>3</sup>/soatga oshirilishi atrof muhitga sovuqlikning solishtirma yo'qotilishini sezilarli darajada kamayishiga va yuqori bosimli azot miqdorini G-7500 turdagi agregatlarga qaraganda deyarli 25% ga kamayishiga olib keldi.

**5.3.5. KR-32T koks gazini ajratish agregatining texnologik tasviri bayoni**

KR-32T koks gazini ajratish agregati zamonaviy agregatlardan biri hisoblanib, uning texnologik tasviri 5.1-rasmda ko'rsatilgan. Agregatning koks gazi bo'yicha nominal unumdorligi 32000 m<sup>3</sup>/soatni tashkil etib, koks gazini dastlabki sovitish uchun ammiakli hamda o'ta chuqur sovuqlik olish uchun esa turbodetanderlar qo'llanadi.

Koks gazi naftalin, benzol, azot oksidlari, uglerod dioksidi, oltingugurtning organik birikmalari va asetilendan tozalangandan so'ng, skrubber (1) da yumshatilgan suv bilan yuviladi va sovitiladi. Skrubber (1) ga berilayotgan suvni dastlab issiqlik almashtirgich (1)



5.1-rasm. KR-32T rusumli koks gazini ajratish agregatining texnologik tizimi:

1 — skrubber; 2, 6, 11, 19, 20, 31, 36, 38 — separatorlar; 3, 4a, 4b, 8, 22, 23, 28, 29 — issiqlik almashtirgichlar; 5a, 5b, 7, 9, 13, 15, 39 — yig'ichlar; 10, 14 — mos ravishda etilen va metan kondensatorlari; 12, 16 — metan bug'latgichlari; 17 — suyuq azot o'ta sovitgichi; 18 — azot bug'latgichi bilan yuvuvchi minora; 21 — uglerod monooksidi fraksiyasining bug'latgichi; 24 — etilen minorasi; 25 — etilen fraksiyasi bug'latgichi; 26, 34a, 34b — filtrlar; 27 — turbodetanderlar; 30 — ammiakli sovitgich; 32 — ammiak oldi sovitgichi; 33a, 33b — quritgichlar; 35 — adsorber; 37 — ammiakli sovitgich.

da 276—280 K gacha koks gazini ajratish agregatidan chiqib ketayotgan azot-vodorod aralashmasi va metan fraksiyasi bilan sovitiladi. Koks gazi separator (2) dan so'ng 278—280 K temperaturada past temperaturali blokning issiqlik almashtirgichi (4) ga yuboriladi. Ushbu KR-32T agregatining ayrim modifikatsiyalarida koks gazini dastlabki sovitish skrubberida emas, balki ammiakli sovitgichlarda amalga oshiriladi. Texnologik tasvirning qolgan qismlari bir xildir. Koks gazi (4a) yoki (4b) issiqlik almashtirgichda alohida-alohida almashinib o'tib, 193 K gacha azot-vodorod aralashmasi va metan fraksiyasi bilan sovitiladi. Bunday holatda koks gazidan suv va benzol muzlatib ajratilib olinadi. (4a) va (4b) issiqlik almashtirgichlari davriy ravishda isitishga qo'yiladilar. Isituvchi sifatida maxsus isitgichda 333—373 K gacha qizdirilgan bir qism azot-vodorod aralashmasi qo'llanadi. Bu vaqtda suv va benzol muzlari erib, suyuq holda (5a) yoki (5b), yig'gichlarda to'planib, ulardan (39) yig'gichlarga oqib tushadi, u yerdan esa chiqazib tashlanadi.

Koks gazi issiqlik almashtirgich (8) da azot-vodorod aralashmasi va metan fraksiyasi bilan 153 K gacha sovitiladi. Bunda koks gazidan etilen fraksiyasi suyuqlikka o'tkaziladi va bu fraksiya yig'gich (7) ga oqib tushadi, u yerdan esa (4a) va (4b) issiqlik almashtirgichlari oldida metan fraksiyasi oqimiga drossellanadi.

Etilen kondensatori (10) da koks gazi azot-vodorod aralashmasi, etilen va metan fraksiyasi sovug'iga 128 K gacha sovitiladi. Suyuqlikka o'tgan etilen fraksiyasi yig'gich (9) dan, qisman etilen minorasi (24) ga drossellanadi, qisman esa kondensator (10) ga drossellanadi. U yerda etilen fraksiyasi bug'lanadi va shundan so'ng etilen fraksiyasi etilen minorasi (24) ga yuboriladi. Metan bug'latgichi (12) da koks gazi azot-vodorod aralashmasi va metan fraksiyasi bilan 118 K gacha sovitiladi. Koks gazi metan kondensatori (14) dan 93 K temperaturada yuvuvchi minora (18) ni tepasiga o'rnatilgan suyuq azotni o'ta sovitgichi (17) ga o'tib, soviydi va yuvuvchi minora (18) ning pastki qismiga yuboriladi.

Tarkibida 10—14 (h) % azoti bor bo'lgan azot-vodorod aralashmasi 78 K temperaturada yuvuvchi minora (18) ning tepa qismidan chiqib, azotni o'ta sovitgichi (17) ning quvurlarida quvurlarning ichki devorlari orqali oqib, bug'lanayotgan suyuq azot bilan kerakli miqdorgacha to'yintiriladi. Azotni o'ta sovitgichi (17) dan chiqishda azot-vodorod aralashmasiga  $3H_2 + N_2$  stexiometrik tarkibdagi aralashmasini hosil qilguncha azot qo'shiladi. So'ngra azot-vodorod aralashmasi o'z sovuqligini ketma-ket metan kondensatori (10) da, metan bug'latgichi (12) da, etilen kondensatori (10) da, issiqlik almashtirgichlar (8), (4), (3) da berib, agregatdan chiqib ketadi.

18—20 MPa bosimdagi yuqori bosimli azot 313 K dan 278 K gacha ammiakli sovutgich (37) da qaynab turgan ammiak bilan sovitiladi, adsorber (35) da yog'lardan aktivlashtirilgan ko'mirda tozalanadi, so'ngra esa quritgichlar (33a) va (33b) da namlikdan tozalanadi. Quritgichlar galma-galdan ishlaydilar, ulardagi alumogellar regeneratsiyasi 493—553 K gacha qizdirilgan past bosimli azot bilan amalga oshiriladi.

Yuqori bosimli azot quritilgach to'rt oqimga bo'linadi. Uning ikki oqimi issiqlik almashtirgichlar (23) va (29) da uglerod monooksidi fraksiyasi bilan sovitiladi. Yuqori bosimli azotning uchinchi oqimi etilen fraksiyasi bilan ammiak oldi issiqlik almashtirgichi (32) da, qaynab turgan ammiak bilan sovitgich (30) da 233 K gacha, etilen fraksiyasi bilan issiqlik almashtirgich (28) da, etilen fraksiyasi bug'latgichi (24) da, issiqlik almashtirgich (23) ga kirishda yuqori bosimli azot oqimi yuqori bosimli azot oqimi bilan birlashadi, so'ng metan bug'latgichi (16) da sovitiladi. So'ngra yuqori bosimli azotning ikkala oqimi ham birlashadi. Umumiy oqim 2 MPa bosimgacha drossellanadi. Uglerod monooksidi fraksiyasi bug'latgichi (21) da o'ta sovitiladi va yana qayta ikki oqimga bo'linadi. Yuqori bosimli azotning bir oqimi 88 K gacha yuvuvchi minora (18) ning pastki qismiga joylashtirilgan azot bug'latgichida sovitiladi va suyuq azot o'ta sovitgichi (17) ga va so'ngra yuvuvchi minora (18) ni sug'orish uchun yuboriladi va azotning bir qismi separator (19) orqali azot bug'latgichiga 0,05 MPa gacha drossellanadi. Azotning boshqa oqimini esa o'ta sovitgich (17) dan chiqayotgan aralashmasiga qo'shiladi.

Uglerod monooksidini suyuq fraksiyasi yuvuvchi minora (18) ning pastki qismidan chiqib, 0,6 MPa gacha drossellanadi, uglerod monooksidi fraksiyasi bug'latgichi (21) da bug'latiladi va issiqlik almashtirgich (23) da qizdiriladi, shundan so'ng filtr (26) orqali ikki turbodetander (27) dan biriga yuboriladi, u yerda 0,03 MPa gacha kengaytirilib, 108 K gacha sovitiladi. So'ngra uglerod monooksidi fraksiyasi oqimi issiqlik almashtirgich (29) da isitiladi va agregatdan chiqazib yuboriladi.

Metan fraksiyasi yig'gich (15) dan metan kondensatori (14) ning metanli qismiga drossellanadi, so'ng 0,03—0,05 MPa gacha bosimda bug'latiladigan metan bug'latgichi (12) ga, keyinchalik etilen kondensatori (10) da va issiqlik almashtirgichlar (8) va (4) da koks gazini va issiqlik almashtirgich (3) da yumshatilgan suvni sovitish uchun yuboriladi.

Etilen fraksiyasi yig'gich (9) dan chiqib, etilen minorasi (24) ga borib, o'z konsentratsiyasini oshirib, bug'latgich (25) da bug'latiladi

va qizdiriladi, so'ng issiqlik almashtirgichlar (28) va (32) da o'z sovuqligini yuqori bosimli azotga beradi va agregatdan chiqazib yuboriladi. Past bosimli azot oqimi yuvuvchi minora (18) ning bug'latgichidan separator (19) ga o'tib, issiqlik almashtirgich (22) da qizdirilib, azot kompressorlarining (ular rasmda ko'rsatilgan emas) so'rg'ichlariga yuboriladi.

Dastlabki sovitish apparatlari musbat temperaturalarda ishlaydi va shuning uchun uglerodli po'latdan yasaladi, ochiq maydonga joylashtiriladi va har biri shaxsiy issiqlik izolatsiyasiga egadir. Past temperatura blokining apparatlari xrom-nikelli po'latlardan yasaladi va ular birgina umumiy po'latdan yasalgan qobiq ichiga olingan hamda qobiq ichi shlakli paxta bilan to'ldirilgan bo'ladi. Agregat binodan tashqariga joylashtirilgan, ammo turbodetanderlar esa maxsus bino ichiga joylashtirilib, past temperaturali blokka yaqin qilib o'rnatiladi.

Agregatda suyuqlik sathlarini va jarayonning asosiy parametrlarini avtomatik boshqarish qo'llanadi. Texnologik jarayon va agregat ishini nazorat qilish masofadan turib, markaziy pult orqali boshqariladi.

Agregat tarkibida ikkita EXT-35-RZ tipidagi turbodetander bor. Undagi ishchi muhit — 2000—3600 m<sup>3</sup>/soat miqdordagi uglerod monooksidi fraksiyasi bo'lib, kirishdagi bosim 0,6—0,7 MPa, chiqishdagisi esa 0,03—0,04 MPa, kirishdagi temperatura esa 153—138 K ga tengdir.

Tarkibida turbodetander bo'lgan KR-32T va tarkibiga porshenli detander bo'lgan koks gazini ajratish agregatlarining asosiy texnik tavsifnomalari quyidagi 5.6-jadvalda keltirilgan.

5.6-jadval

#### KOKS GAZINI AJRATISH AYRIM AGREGATLARINING TEXNIK TAVSIFNOMALARI

T/r	Ko'rsatkichlar	KR-32T agregati	Porshenli detanderli agregat
1	2	3	4
1.	Koks gazi bo'yicha unumdorlik, m <sup>3</sup> /soat		
1.1.	Hisob bo'yicha	31600	30800
1.2.	Yuklama chegaralari	20000—35000	20000—35000
2.	<b>Koks gazi</b>		
2.1.	Tozalashdan so'ng koks gazining (o'rtacha) tarkibi, (h) %		
2.1.1.	Vodorod H <sub>2</sub>	60,76	61,4



1	2	3	4
2.1.2.	Azot N <sub>2</sub>	2,91	4,1
2.1.3.	Uglerod monooksidi CO	6,77	6,2
2.1.4.	Metan CH <sub>4</sub>	25,32	23,9
2.1.5.	Etan C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,65	1,3
2.1.6.	To'yinmagan uglevodorodlar C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	2,26	2,5
2.1.7.	Kislorod O <sub>2</sub>	0,33	—
2.2.	Aralashmalar, sm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> dan ortiq emas		
2.2.1.	Vodorod sulfidi H <sub>2</sub> S	1,0	1,0
2.2.2.	Uglerod dioksidi CO <sub>2</sub>	20,0	10,0
2.2.3.	Vodorod sianidi HCN	izlari	izlari
2.2.4.	Asetilen C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	200	200
2.2.5.	Azot monooksidi NO	0,01	0,025
2.2.6.	Ammiak NH <sub>3</sub>	12	—
2.2.7.	Organik olingugurt, mg/m <sup>3</sup> , S	30	—
2.2.8.	Benzol C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	700	1000
2.2.9.	C <sub>10</sub> N <sub>8</sub>	20	—
2.3.	Jarayon bosimi, MPa	1,5	1,5—1,8
2.4.	Harorat, K	313	313
3.	<b>Texnologik azot N<sub>2</sub></b>		
3.1.	Miqdori, m <sup>3</sup> /soat		
3.1.1.	Shu jumladan qaytariladi	7300	8700
3.1.2.	Kompressor so'rg'ichiga	600	1800
3.2.	Aralashmalar, sm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> , (ortiq emas)		
3.2.1.	Kislorod O <sub>2</sub>	20	20
3.2.2.	Argon Ar	30	—
3.3.	Bosim, MPa	18,5	18—20
3.4.	Harorat, K	313	313
4.	<b>Olinadigan mahsulotlar</b>		
4.1.	Azot-vodorod aralashmasi		
4.1.1.	Miqdori, m <sup>3</sup> /soat	24800	24820
4.1.2.	Tarkibi, (h) %		
4.1.2.1.	Vodorod H <sub>2</sub>	75	75
4.1.2.2.	Azot N <sub>2</sub>	25	25

1	2	3	4
4.1.3.	Aralashmalar, $\text{sm}^3/\text{m}^3$ (ortiq emas)		
4.1.3.1.	Uglerod monooksidi CO	10,0	10,0
4.1.3.2.	Kislorod O <sub>2</sub>	5,0	10,0
4.1.3.3.	Metan va argon CH <sub>4</sub> + Ar	20,0	—
4.1.3.4.	Bosimi, MPa	1,4	1,25—1,35
4.1.3.5.	Harorat, K	288—293	293
4.2.	Etilen fraksiyasi		
4.2.1.	Miqdori, $\text{m}^3/\text{soat}$	1270	1300
4.2.2.	Tarkibi, (h) %		
4.2.2.1.	To'yinmagan uglevodorodlar, C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	50,5	51,0
4.2.2.2.	Etan C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	40,9	32,0
4.2.2.3.	Metan CH <sub>4</sub>	8,6	17,0
4.2.3.	Bosim, kPa	2,0	4,0
4.2.4.	Harorat, K	271—273	273
5.	<b>Metan fraksiyasi</b>		Boyitilgan gaz (metan va uglerod monooksidi fraksiyasi)
5.1.	Miqdori, $\text{m}^3/\text{soat}$	9230	10950
5.2.	Tarkibi, (h) %		
5.2.1.	Vodorod H <sub>2</sub>	4,5	2,7
5.2.2.	Azot N <sub>2</sub>	2,6	12,3
5.2.3.	Uglerod monooksidi CO	12,3	17,5
5.2.4.	Metan CH <sub>4</sub>	79,2	65,3
5.2.5.	Kislorod O <sub>2</sub>	0,6	1,7
5.2.6.	To'yinmagan uglevodorodlar, C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	0,8	0,5
5.3.	Bosim, MPa	0,025	0,025
5.4.	Harorat, K	298—323	—
6.	<b>Uglerod monooksidi fraksiyasi</b>		

1	2	3	4
6.1.	Miqdori, m <sup>3</sup> /soat	2900	
6.2.	Tarkibi, (h) %		
6.2.1.	Vodorod H <sub>2</sub>	6,6	
6.2.2.	Azot N <sub>2</sub>	37,2	
6.2.3.	Uglerod monooksidi CO	34,8	
6.2.4.	Metan CH <sub>4</sub>	19,7	
6.2.5.	Kislorod O <sub>2</sub>	1,7	
6.3.	Bosim, kPa	5	
6.4.	Harorat, K	298	
7.	<b>Elektr energiya sarfi</b>		
7.1.	1 soatdagi sarfi, kW/soat	2316	2624
7.2.	1000 m <sup>3</sup> azot-vodorod uchun sarf, kW/soat	93,3	105,5

Yuqoridagi jadvaldan quyidagilar ko‘rinib turibdi: KR-32T agregati texnologik azotni taqqoslanayotgan agregatga nisbatan deyarli 20% kam, ishlab chiqarilayotgan har 1000 m<sup>3</sup> azot-vodorod aralashmasi uchun deyarli 10% kam elektr energiyasi talab etar ekan; KR-32T agregatida metan va uglerod monooksidi fraksiyalari alohida-alohida ishlab chiqarilsa, taqqoslanayotgan agregatda esa ular aralashmasi ishlab chiqarilar ekan.

Turbodetanderli koks gazini ajratish agregatlari kelajagi porloq bo‘lib, amaliyotda hozirdanoq keng qo‘llanishi mumkin.

#### 5.4. VODOROD ISHLAB CHIQUARISH USULLARINI TAQQOSLASH

Bog‘langan azot birikmalari ishlab chiqarishning eng samarali usuli — bu ammiakli usul ekanligi yuqorida bayon etib o‘tildi. Ammo, sintetik ammiak ishlab chiqarish uchun deyarli 100% tozalikdagi azotdan tashqari xuddi shunday tozalikdagi vodorod ham zarurdir. Vodorod ishlab chiqarishning optimal usulini aniqlash uchun quyidagi 5.7-jadvalga murojaat qilamiz 5.7-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, vodorod ishlab chiqarishning optimal usuli bu — tabiiy gazni suv bilan konversiyalab, sintetik ammiak bo‘yicha kuniga 1200—1500 t NH<sub>3</sub> ishlab chiqaradigan yirik qurilmasi bo‘lib, unda 1 t NH<sub>3</sub> shaklda bog‘langan azot ishlab chiqarish uchun eng kam — 1,57 t shartli yoqilg‘i sarflanishi ko‘rsatilgan. Bu xulosani isboti sifatida 5.8-jadvalga murojaat etamiz.

**IAR XIL USULLAR BILAN 1 TONNA BOG'LANGAN AZOT  
SHU JUMLADAN VODOROD ISILAB CHIQRARISH UCHUN ENERGIYA SARFI**

T/r	Atmosfera azotini bog'lash va vodorod ishlab chiqarish usuli	Oxirgi mahsulot	Xomashyo sarfi	Energiya sarfi			Shartli yoqilg'ini umumiy ekvivalenti <sup>*5)</sup> , t
			Haqiqiy	Shartli yoqilg'iga nisbatan <sup>*</sup> , t	Elektr energiyasi, kW/soat	Shartli yoqilg'iga nisbatan <sup>*2)</sup> , t	
1.	Elektr yoyli usul	Kalsiy selitrasi	4 t ohaktosh	—	80000	32,0	32,0
2.	Sianamid usuli	Kalsiy sianamidi	7,5 t ohaktosh; 3,5 t ko'mirdan olingan koks	3,12	12000	4,8	7,98
3.	Ammiakli usul:						
3.1.	Suvni elektrolizlab olingan vodorod	Kalsiy selitrasi	12500 kW · soat elektr energiyasi; 4 t ohaktosh	5,0	3500 <sup>*3)</sup>	1,4	640 (5,60)
3.2.	Koksni gazifikatsilashtirib olingan yarim suv bug'ini gazdan ishlab chiqarilgan vodorod	Kalsiy selitrasi	2,5 t ko'mirdan olingan koks; 4 t ohaktosh	2,23 <sup>*3)</sup>	8000 <sup>*3)</sup>	3,2 <sup>*4)</sup>	5,43 (4,63)
3.3.	Kriogen usul bilan olingan koks gazidan ishlab chiqarilgan vodorod	Kalsiy selitrasi	Kriogen usul bilan olingan koks gazidan ishlab chiqarilgan vodorod	1,65 <sup>*5)</sup>	3880 <sup>*3)</sup>	1,55	3,20 (2,40)
3.4.	Tabiiy gazni atmosfera bosimida bug' kislorodli konversiyasi usuli bilan olingan vodorod	Kalsiy selitrasi	Solishtirma yonish issiqligi 64740 kJ/m <sup>3</sup> bo'lgan tabiiy gazdan 1160 m <sup>3</sup> suv bug'i (14,8 Mj);	1,30  0,32	  4190 <sup>*3)</sup>	  1,67	  3,29 (2,49)

3.5	Tabiiy gazni 3 MPa bosimda quvurli o'choqlarda suv bug'ili konversiyasi usuli bilan olingan vodorod; ammiak sintezi unumdorligi kuniga 600 t agregatlarda porshenli kompressorlarda 30—32 MPa bosimgacha siqish bilan amalga oshiriladi	Kalsiy selitrasi	Nisbiy yonish issiqligi 64740 kJ/m <sup>3</sup> bo'lgan tabiiy gazdan 1370 m <sup>3</sup> ; tashqariga (3,225 Mj) ortiqcha suv bug'i; 4 t ohaktosh	1,53				
				0,132	2960*3)	1,185	2,58 (1,79)	
3.6	Qurilma yangi texnologiya bo'yicha; Tabiiy gazni 3 MPa bosimda suv bug'i bilan konversiyasi usuli bilan olingan vodorod, ammiak sintezi unumdorligi kuniga 1200—1500 tonna bo'lgan yirik agregatlarda bug' bilan	Kalsiy selitrasi	Nisbiy yonish issiqligi 64740 kJ/m <sup>3</sup> bo'lgan tabiiy gazdan 1385 m <sup>3</sup> ; 4 t ohaktosh	1,55	2040,5	0,82	2,37 (1,57)	

**Eslatma.** 1 t ammiak ishlab chiqarishni vodorod bilan ta'minlash uchun 700 m<sup>3</sup>, 1 t bog'langan azot uchun esa 850 m<sup>3</sup> tabiiy gaz sarf bo'ladi; jadvalda quyidagi belgilashlar qabul qilingan:

\*1) sarflangan koks yoki gazning issiqlik ekvivalenti solishtirma yonish issiqligi 58100 KJ ga teng bo'lgan ko'mirga nisbatan qabul qilingan.

\*2) 1 kW-soat uchun 0,4 kg shartli yoqilg'i sarflangan deb hisoblanadi; hisoblarda qurilmaning qozonxonasi foydali ish ko'effitsiyenti 0,8 ga teng deb qabul qilingan (1 Mj uchun yoqilg'i sarfi 14,66 kg ga teng);

\*3) azot kislotasi va kalsiy nitrati olish uchun ammiakni qayta ishlashda sarflanadigan 200 kW-soat energiyani qo'shib hisoblaganda.

\*4) azot-vodorod aralashmasini siqish uchun agarda kompressorini bug' bilan ishga tushirish mo'ljallangan bo'lsa energiya sarfi mos ravishda past bo'ladi.

\*5) vodorodni ajratilganidan keyin boyitilgan gazni qaytarishni hisobga olish bilan;

\*6) Qavslarda 1 t azotni ammiak shaklida bog'lash uchun sarf bo'lgan shartli yoqilg'i (tonnada) ko'rsatilgan.

**AMMIK ISHLAB CHIQRISH UCHUN XOMASHYO BAZASINING  
STRUKTURASINI O'ZGARISHI**

T/r	Xomashyo turi	Xomashyo sifatidagi yoqilg'i ulushi (%) yillar bo'yicha				
		1960	1965	1970	1975	1982
1.	Qattiq yoqilg'i (toshko'mir, koks)	32,0	15,9	10,4	5,7	1,8
2.	Koks gazi	32,1	18,2	14,2	11,7	3,6
3.	Tabiiy va yo'ldosh gazlar	16,3	59,9	72,3	79,6	93,0
4.	Boshqa gazlar	19,3	6,0	3,1	3,0	1,6

Yuqoridagi 5.8-jadvaldan ko'rinib turibdiki, xomashyo bazasi strukturasi 1960-yillarda qattiq yoqilg'i va koks gazi ustuvorlik qilgan bo'lsa, 1982-yillarda hamda hozirgi vaqtga kelib, barcha turdagi xomashyolar ulushi keskin kamayib, tabiiy va yo'ldosh gazlar ulushi, aksincha, keskin ortib ketganligini ko'ramiz. Buning asosiy sabablari 5.8-jadvalida ko'rsatilganidek, tabiiy gaz qo'llanganda ammiak ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan vodorod olishga nisbatan eng kam energiya sarf bo'lishidir.

Shunday qilib, sintetik ammiak ishlab chiqarish uchun asosiy xomashyolardan biri bo'lgan vodorod olishning eng optimal usuli bu 5.7-jadvalda ko'rsatilgan, ya'ni tabiiy gazni 3 MPa bosimda suv bug'ili konversiyasi bo'lib hamda bu vodoroddan esa unumdorligi ammiak bo'yicha kuniga 1200—1500 tonnani tashkil etuvchi qurilmalardan foydalanishdir. Bu usul O'zbekiston kimyo korxonalarida ham keng qo'llanilmoqda.

## 6-BOB

### KONVERTIRLANGAN GAZLARNI UGLEROD MONOOKSIDI VA DIOKSIDIDAN TOZALASH

Avvalambor tabiiy gaz tarkibidagi metanni, so'ng esa oraliq mahsulot uglerod monooksidini konversiyalash natijasida quyidagi o'rtacha tarkibdagi konvertirlangan gaz olinadi (quruq gazga nisbatan), hajmiy foizlarda: vodorod — 61,7 azot va argon birgalikda — 20,1 uglerod dioksidi — 17,4; uglerod monooksidi — 0,5; metan — 0,3.

Bunday gazlar aralashmasida uglerod monooksidi va uglerod dioksididan tashqari suv bug'i va juda ham oz miqdorda ozod kislorod bo'lishi mumkin. Ammo, konvertirlangan gaz tarkibida bu kislorodli birikmalar — suv bug'i, uglerod monooksidi, uglerod dioksidi va ozod kislorodning bo'lishi mutlaq mumkin emasdir, chunki ular sintetik ammiak ishlab chiqarishda qo'llaniladigan temir katalizatori uchun zaharli moddalar deb hisoblanadi. Shuning uchun ham konvertirlangan gaz bunday kislorodli moddalardan tozalangan bo'lmog'i kerak.

Konvertirlangan gazni uglerod dioksididan tozalash uchun, odatda, ko'proq xemosorbsiya usuli qo'llaniladi. Bu usulda, asosan, konvertirlangan gazni uglerod dioksididan etanolaminning yoki potashning suvdagi eritmalaridan foydalaniladi. Tozalangan konvertirlangan gazlarning o'rtacha tarkibi (hajmiy %) larda quyidagicha tarkibga ega bo'lishi mumkin: vodorod — 74—75; azot — 24—25; metan — 0,7; uglerod monooksidi — 0,7 va uglerod dioksidi — 0,01—0,1. Gazni tozalash jarayonida katta miqdorda 98,0—98,3 (h) % uglerod dioksidi gazi sanoat chiqindisi sifatida hosil bo'ladi. Ammo bu tashlandiq gazning asosiy qismi hozirgi kunda azotli mineral o'g'itlardan — karbamid, shuningdek, kalsinatsiyalangan soda hamda quruq muz ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

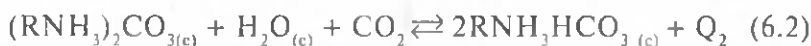
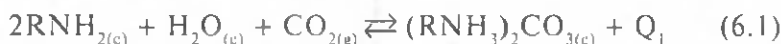
Konvertirlangan gazni uglerod dioksididan tozalashning fizik usuliga — gazlarni bosim qo'llab suv bilan absorbsiyasi usuli kiradi. Bu usul ayrim eski qurilmalarda ishlatilsa ham, ammo hozirgi zamon qurilmalarida umuman qo'llanmaydi.

#### 6.1. ETANOLAMINLAR ERITMALARI BILAN KONVERTIRLANGAN GAZLARNI UGLEROD DIOKSIDIDAN TOZALASH

Etanolaminlar uch xil ko'rinishda bo'lishi mumkin: monoetanolamin  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{ONH}_2$ , dietanolamin  $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_2\text{NH}$  hamda uch eta-

anolamin ( $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$ )<sub>3</sub>N va ular qisqacha MEA, DEA va UEA (ruschasiga ТЭА) deb belgilanadilar. Oddiy sharoitlarda ularning uchala-sining ham suvdagi eritmaları ishqoriy muhitga ega bo'lib, kislotali muhitga ega bo'lgan uglerod dioksidi bilan reaksiyaga kirishib, etanolaminlarni karbonat yoki bikarbonatli birikmalarini hosil qiladi. Bular ichidan amaliyotda, asosan, monoetanolanin suvdagi eritmasi ishlatiladi, chunki monoetanolanin eritmasini uglerod dioksidini absorbsiyalash qobiliyati di- yoki uch etanolaminlarning suvdagi eritmalariga nisbatan katta va oksidlanishga ancha chidamlidir.

Monoetanolaninni suvdagi eritmasi uglerod dioksidi bilan quyidagi reaksiyaga kirishadi:



bu yerda: R —  $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$  radikali;

$(\text{RNH}_3)_2\text{CO}_3$  MEA karbonati;

$\text{RNH}_3\text{HCO}_3$  MEA bikarbonati.

Yuqoridagi ikkala reaksiya ham geterogen, ekzotermik va amaliy qaytar hamda hajm torayishi bilan ketadi. Le-Shatelye prinsipiga muvofiq bu reaksiyalarni muvozanatini o'ng tomonga burishga erishish uchun gaz aralashmasidagi uglerod dioksidi bilan monoetanolanin eritmasini uchrashish yuzasini va gaz aralashmasi bosimini oshirib, temperaturani pasaytirish kerak.

Uglerod dioksidini monoetanolanin suvdagi eritmalarida eruvchanligi 1 m<sup>3</sup> eritmada erigan uglerod dioksidining m<sup>3</sup> lardagi hajmi bilan o'lchanadi va u eritmaning konsentratsiyasi, absorbsiya jarayoni temperaturasi va anchagina kam darajada — uglerod dioksidining ulushli bosimiga bog'liqdir. Quyidagi 6.1-jadvalda 298 K va uglerod dioksidining ulushli bosimi 340 gPa ga teng bo'lgandagi sharoitda uglerod dioksidining eruvchanligini MEA konsentratsiyasiga bog'liqligi ko'rsatilgan.

6.1-jadval

#### UGLEROD DIOKSIDI ERUVCHANLIGINING MONOETANOLAMIN ERITMASI KONSENTRATSIYASIGA BOG'LIQLIGI

T/r	Ko'rsatkichlar	O'lchov birligi	Miqdorlar		
1	2	3	4		
1.	$C_{\text{MEA}}$	(mas.) %	3,1	12,4	30,5
2.	$V_{\text{CO}_2}$	m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> eritma	9,9	31,1	67,3



Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, monoetanolamin eritmasi konsentratsiyasi ortib borish bilan uglerod dioksidining eruvchanligi ortib boradi. Ammo, sanoat amaliyotida odatda, monoetanolamin eritmasining 15—20 (mass.) % eritmasidan foydalaniladi. MEA eritmasining kuchliroq eritmalarini qo‘llash maqsadga muvofiq emas, chunki bunday sharoitda apparatning korroziyasi, monoetanolamin eritmasining yo‘qolishi va eritmaning qovushqoqligi ortib ketadi, bu esa uglerod dioksidining MEA eritmasida absorbsiyalanish koeffitsiyentini kamayishiga olib keladi.

Quyidagi 6.2-jadvalda uglerod dioksidini ulushlik bosimi 60,6 gPa bo‘lganda 20,3 (mass.) % li MEA eritmasida uglerod dioksidining eruvchanligiga temperaturaning ta‘siri keltirilgan.

6.2-jadval

### UGLEROD DIOKSIDINING MEA ERITMASIDAGI ERUVCHANLIGIGA TEMPERATURANING TA‘SIRI

T/r	Ko‘rsatkichlar	O‘lchov birligi	Miqdorlar		
1	2	3	4		
1.	t	K	303	348	413
2.	VCO <sub>2</sub>	m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> eritma	38,8	28,83	7,39

Bu ma‘lumotlardan ko‘rinib turibdiki, temperaturaning ortishi uglerod dioksidining MEA eritmasida eruvchanligiga teskari ta‘sir ko‘rsatar ekan.

Monoetanolaminning 20,3% MEA li eritmasini 298 K temperaturada uglerod dioksidini absorbsiyalash qobiliyatiga uglerod dioksidini ulushli bosimini ta‘siri quyidagi 6.3-jadvalda ko‘rsatilgan.

6.3-jadval

### UGLEROD DIOKSIDINING 20,3% LI ERITMASIDAGI ERUVCHANLIGIGA UGLEROD DIOKSIDI ULUSHLI BOSIMINING TA‘SIRI

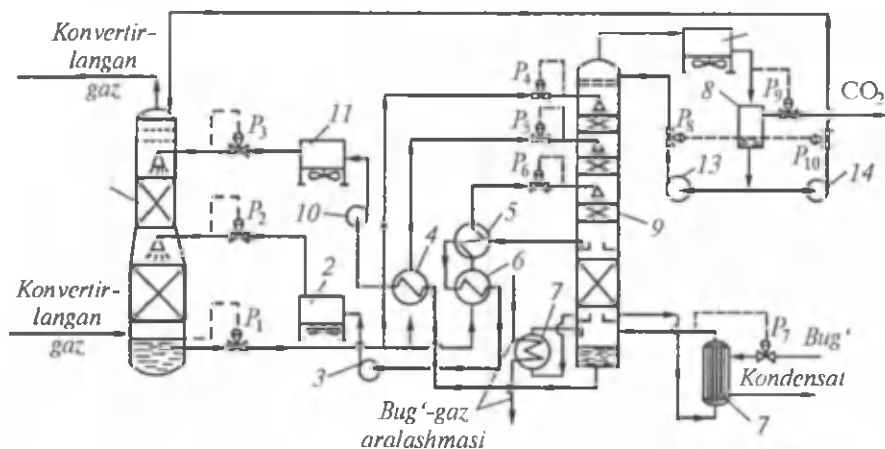
T/r	Ko‘rsatkichlar	O‘lchov birligi	Miqdorlar		
1	2	3	4		
1.	PCO <sub>2</sub>	MPa	0,025	0,101	0,294
2.	VCO <sub>2</sub>	m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> /m <sub>3</sub> eritma	44,3	51,7	59,1

Bu ma‘lumotlardan ko‘rinib turibdiki, uglerod dioksidining ulushli bosimini ortishi bu gazning yutilishiga ijobiy ta‘sir etar ekan.

Sanoatdagi sharoitlarda uglerod dioksidining monoetanolamin eritmasidagi miqdori muvozanatdagiga qaraganda sezilarli darajada pastdir.

Monoetanolaminning 20,5 (mass.) % li eritmasining muzlash temperaturasi 267 K, atmosfera bosimidagi qaynash temperaturasi 374,8 K ga teng. MEA eritmasining bunday xossalaridan foydalanib, uglerod dioksidining absorbsiyasini nisbatan past temperatura (303 K — 313 K) larda, regeneratsiya jarayonini esa — eritmaning qaynash temperaturasida olib boriladi. Gaz aralashmasini uglerod dioksididan talab darajasida chuqur tozalashga erishish uchun eritmani chuqur regeneratsiyasiga erishish maqsadida regeneratsiyani nisbatan past bosim 0,25—0,3 MPa da va yuqori temperatura 393 K — 403 K da olib boriladi. Bunday sharoitda uglerod dioksidini eritmadagi miqdori 7,5—8 CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> eritmani tashkil etadi. Pastroq bosim va temperaturalarda uglerod dioksidining regeneratsiyalanish darajasi pasayadi. Aksincha, yuqoriroq bosim va temperaturada esa regeneratsiya va qaynatgichlarning pastki qismi korroziyasi keskin ortib ketadi.

Hozirgi zamon qurilmalarida konvertirlangan gazlarni uglerod dioksididan tozalashni atmosfera bosimida ham, yuqori bosimda ham olib boriladi. Tabiiy gazni konversiya jarayoni atmosfera bosimida, konvertirlangan gazni uglerod monooksididan tozalash 12 yoki 32 MPa bosimda olib boriladigan eski, ammo hozircha ishlab turgan qurilmalarda, gaz aralashmasini uglerod dioksididan tozalash ham atmosfera bosimida olib boriladi. Tabiiy gaz konversiyasi va keyin-



6.1-rasm. Konvertirlangan gazni uglerod dioksididan monoetanolamin eritmasi bilan tozalashning texnologik tasviri:

1 — absorber; 2, 11, 12 — havoli sovutgichlar; 3, 10, 13, 14 — nasoslar; 4, 6 — issiqlik almashtirgichlar; 5 — bug'latgich; 7 — qaynatgich; 8 — kondensat ajratgich; 9 — regenerator; R<sub>1</sub>, R<sub>8</sub>, R<sub>10</sub> — past balandlik darajasi regulatorlari; R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub> — miqdor regulatorlari; R<sub>7</sub> — temperatura regulatori; R<sub>9</sub> — bosim regulatori.

chalik uglerod monooksidi konversiyasi 3—3,5 MPa bosimda olib boriladigan eng yangi qurilmalarda konvertirlangan gazni uglerod dioksididan monoetanolamin eritmasi bilan tozalash xuddi shu bosimda olib boriladi.

6.1-rasmda unumdorligi kuniga 1360 t ammiak bo'lgan hozirgi zamon energetexnologik qurilmasida konvertirlangan gazni uglerod dioksididan monoetanolamin eritmasi bilan tozalash tasviri ko'rsatilgan.

Soatiga 20500 m<sup>3</sup> konvertirlangan gaz 2,8 MPa bosim va 303 K — 313 K temperaturada absorber (1) ga yuboriladi. Absorberda ikki seksiyadan iborat elaksimon likopcha (tarelka)lar joylashtirilgan. Konvertirlangan gaz pastki seksiyada 5—7 (mass.) %, yuqorigi seksiyada esa 0,01 (mass.) % gacha uglerod dioksididan tozalanadi. Absorberni yuqorigi qismiga MEA 20% li chuqur regeneratsiyalangan eritmasi 313 K da soatiga 600 m<sup>3</sup> miqdorda beriladi. Absorberning pastki seksiyasi uning yuqorigi seksiyasidan kelayotgan eritmasiga qo'shilgan sovutilgan chuqur regeneratsiyalangan eritma bilan sug'oriladi. Absorberdan har bir m<sup>3</sup> eritmada 48 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> bor bo'lgan eritmadan soatiga 1200 m<sup>3</sup> dan chiqib, bu eritma, uch oqimga bo'linadi; birinchi oqim — umumiy oqimning 10% ni tashkil etib, 26 ta elaksimon tarelkaga ega bo'lgan regenerator (9) ning tepa qismiga beriladi. Ikkinchi oqim umumiy oqimni 45% ni tashkil etib, issiqlik almashgich (4) da 362 K gacha isitilib, regeneratorning pastdan 23-tarelkasiga, qolgan uchinchi oqim esa issiqlik almashtirgich (6) da bug'latgich (5) da 380 K gacha isitilib, regenerator (9) ning 18-tarelkasiga beriladi.

Regenerator (9) absorber (1) dek ikki, ya'ni yuqorigi va pastki seksiyalardan iboratdir. Yuqorigi seksiyada eritma har bir m<sup>3</sup> eritmada 22—24 m<sup>3</sup> uglerod dioksidi qolguncha dag'al regeneratsiyadan o'tadi. Yuqorigi seksiyaning pastki qismidan chiqishda eritma oqimi taxminan bir-biriga teng bo'lgan ikki qismga bo'linadi: dag'al regeneratsiyalangan eritmaning bir qismi bug'latgich (5) da va issiqlik almashtirgich (6) da sovutiladi, so'ng nasos (3) orqali havoli sovitgich (2) ga chiqariladi va 313 K temperaturada absorber (1) ni pastki seksiyasini sug'orish uchun yuboriladi. Dag'al regeneratsiyalangan eritmaning ikkinchi qismi esa suv bug'i bilan isitiladi.

Chuqur regeneratsiyalangan eritma issiqlik almashtirgich (4) da sovutiladi, keyin esa nasos (10) bilan havoli sovitgich (11) ga ko'tariladi va absorber (1) ni sug'orish uchun keladi. Issiqlik almashtirgichlar (4) va (6) hamda bug'latgich (5) ning vazifalari — eritmani regeneratsiyalashga sarflanadigan issiqlikni pasaytirish maqsadida dag'al va chuqur regeneratsiyalangan eritmalar issiqliklarini mumkin qadar ko'proq rekuperatsiyalashga erishish va demak, tozalash jarayonining tejamligini oshirishdan iborat.

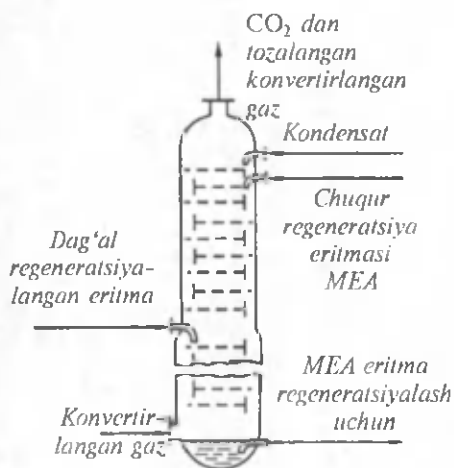
Regenerator (1) ning yuqori qismidan 350 K — 355 K temperaturadagi uglerod dioksidi hamda suv bug‘idan iborat aralashma chiqadi va bu aralashma havoli sovitgich (12) da sovitiladi. Bu yerda suv bug‘lari kondensatlanib, suyuqlikka o‘tadi va bu suyuqlik kondensat ajratgich (8) da uglerod dioksidi gazidan ajratiladi. Kondensat keyinchalik tozalangan konvertirlangan gazni va bug‘-gaz aralashmasini monoetanolamin bug‘laridan yuvish uchun nasoslar (14) va (13) orqali mos ravishda absorber (1) va regenerator (9) ning yuqorigi tarelkalarini sug‘orishga sarflanadi.

Sovitilgandan so‘ng tarkibida 98,0—98,9 hajmiy foiz uglerod dioksidi, metan, argondan iborat bo‘lgan gaz aralashmasi olinadi. Agarda gazning bir qismini regenerator (9) ning yuqori qismidagi tarelkalar oralig‘idagi gaz hajmidan olinsa, u vaqtda bu gaz aralashmasi sovitilgandan so‘ng tozaligi 99,97 hajmiy foizdan iborat bo‘lgan uglerod dioksidi olinadi.

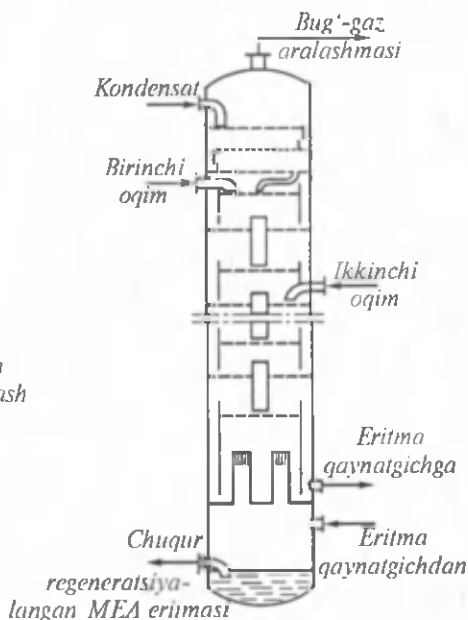
Tozalash jarayonida monoetanolamin eritmasida shunday reaksiyalar ham ketadiki, natijada regeneratsiya qilinmaydigan, ya‘ni qayta tiklanmaydigan birikmalar hosil bo‘lishi mumkin. Shu tufayli eritmani absorbsiyalash qobiliyatini saqlab qolish uchun regenerator (9) ning pastki qismidan chiqib, aylanib yuruvchi eritmaning bir foizini doimiy ravishda qatron (smola) ajratgich qurilmasiga (sxemada ko‘rsatilgan emas) chiqazib turiladi. Bu qurilmada aylanib yuruvchi eritma 413 K da NaOH eritmasi bilan ishlanadi, bunda qo‘shimcha hosil bo‘layotgan birikmalarning bir qismi parchalanadi, natijada hosil bo‘layotgan ozod monoetanolamin jarayonga yana qaytariladi.

## **6.2. KONVERTIRLANGAN GAZLARNI UGLEROD DIOKSIDIDAN TOZALASH QURILMALARINING ASOSIY APPARATLARI**

Tozalash qurilmasining asosiy jihozlari absorber va regenerator hisoblanadi. Uglerod dioksidi absorberi (6.2-rasm) konvertirlangan tabiiy gazni uglerod dioksididan monoetanolamin eritmasi bilan absorbsiyalash yo‘li bilan tozalash uchun xizmat qiladi. Absorber ikki seksiyadan iborat bo‘lib, pastki seksiyaning diametri 4,2 m. Yuqori seksiyasining diametri — 3,8 m ga teng. Absorberning umumiy balandligi 35,735 m ga teng. U marganesni miqdori yuqori bo‘lgan uglerodli po‘latdan yasalgan. Har bir seksiyada eritma qatlami baland bo‘lgan (baland barbotajli) 8 tadan elaksimon tarelka joylashtirilgan. Yuqori seksiyada bulardan tashqari 2 ta qalpoqsimon tarelka ham joylashtirilgan bo‘lib, ular tozalangan gazdan monoetanolamin bug‘larini yuvish uchun kondensat bilan sug‘oriladi.



6.2-rasm. Uglorod dioksidi absorberi.



6.3-rasm. Monoetanolin karbonati va bikarbonati regeneratori.

Monoetanolin karbonati va bikarbonati regeneratori (6.3-rasm) ham ikki seksiyadan iborat bo'lib, u seksiyalar diametrlari bir xil, ya'ni 4,2 m ga, regeneratorning umumiy balandligi esa 41,6 m ga teng bo'lib, konvertirlangan gaz tarkibidagi  $\text{CO}_2$  ni absorberda monoetanolin eritmasi bilan yutish natijasida hosil bo'lgan birikma — monoetanolin karbonati va bikarbonatini termik parchalash hisobiga qaytadan monoetanolin eritmasi va asosan  $\text{CO}_2$  dan iborat bo'lgan gaz-bug' aralashmasini hosil qilish uchun xizmat qiladi. Regeneratorning yuqori seksiyasida eritma qatlami yuqori bo'lgan elaksimon tarelkadan 15 tasi, pastki seksiyada esa 11 tasi joylashtirilgan. Bulardan tashqari yuqori seksiyada monoetanolin bug'larini yuvish uchun 3 ta qalpoqsimon tarelka ham bordir. Apparat zanglamaydigan po'latdan yasalgan.

### 6.3. MONOETANOLAMINLI TOZALASH JARAYONINI NAZORAT QILISH VA AVTOMATLASHTIRISH

Bu ishlar boshqarish markaziy pulti (BMP) dan olib boriladi. Tozalash agregatini ishga tushirish va to'xtatish MBJ dan masofaviy amalga oshiriladi. Qurilma ishi tarkibini barqarorlashtirish uchun  $R_2-R_6$  regulatorlari orqali absorberga kelayotgan dag'al va chuqur regeneratsiyalangan eritmalar, regeneratsiyaga yuborilayotgan barcha

oqimlar sarfini 6.1-rasmda boshqarishning muhim tugunlarida ko'rsatilgan.

$R_8$  va  $R_{10}$  regulatorlari orqali esa kondensatning absorber va regeneratordagi sarfi;  $R_1$  regulatori orqali esa — absorberdagi suyuqlikni past-balandlik darajasini va  $R_7$  regulatori orqali esa regeneratordagi temperaturani avtomatik tarzda ushlab turiladi.

Ishchi nasos to'xtab qolganda ehtiyot nasosni ishga tushirib yuborish ko'zda tutilgan. Agarda ehtiyot nasosi yurgizilmay qolsa, nasosga gazni o'tib ketishiga yo'l qo'ymaslik uchun absorberga beriladigan eritma yo'lidagi ochib-yopib turuvchi qopqoq avtomatik tarzda berkitiladi. Regeneratordagi bosim esa bug'-gaz aralashmasini regeneratordan chiqish yo'lida o'rnatilgan  $R_9$  regulatori orqali avtomatik tarzda ushlab turiladi. Regeneratorning tagidagi qozonsimon qismidagi eritmaning past-balandlik darajasi pasayib ketganda aylanma eritmani kondensat bilan ta'minlash yo'li avtomatik tarzda yurgizib yuboriladi. Havoli sovitgichlardan keyin eritma va bug'-gaz aralashmasi temperaturalarini nazorat qilinadi va bu apparatlarga o'rnatilgan ventilatorlar ishi BMP dan masofaviy boshqariladi. Absorberning pastki va yuqori seksiyalaridan chiqayotgan gaz tarkibidagi uglerod dioksidi konsentratsiyasini uzluksiz nazorat qilib turish uchun avtomatik gazoanalizatorlar o'rnatilgandir.

Quyida 1 t ammiak ishlab chiqarishining konvertirlangan gazni  $CO_2$  dan monoetanolaminli tozalash bosqichi sarflanish koeffitsientlari keltirilgan:

Monoetanolamin (100%), kg .....	0,2
O'yuvchi natriy (100%), kg .....	0,0136
Konvertirlangan gaz va suv bug'i issiqligi, Mj .....	3770
Nasoslar turbinalari uchun bug'*, t .....	0,652
Elektr energiyasi, kW · soat .....	13

\* Bosim 4,05 MPa, temperaturasi 363 K.

1 t ammiak ishlab chiqarishda tozalash jarayonining chiqindisi bo'lib, bosimi 0,8 MPa, temperaturasi 496 K bo'lgan 0,646 t bug' hisoblanadi.

Bu jarayonning afzalliklaridan biri — bu  $CO_2$  dan yetarli darajada chuqur tozalashga erishish va absorbsiya hamda regeneratsiya jarayonlarini yuqori intensivligi bo'lib, bu o'z navbatida, uni birlamchi yirik quvvatli qurilmalarda qo'llashga imkon yaratadi. Jarayonning kamchiligi — bu eritmani regeneratsiyalash uchun issiqlikni birmuncha ko'proq sarf bo'lishida (potashning qaynoq eritmasi bilan

tozalashga nisbatan u quyida keltiriladi) va ayrim apparatlarni tayyorlash uchun zanglamaydigan po'latni qo'llashdadir.

Oxirgi yillarda eritmani regeneratsiyalash jarayonini regenerator — rekuperatorlarda olib borilmoqda. Bu vaqtda issiqlik sarfini qaynoq potashli tozalash qurilmalarida issiqlikni sarflash darajasigacha kamaytirilishiga erishish mumkin.

#### 6.4. KONVERTIRLANGAN GAZNI UGLEROD DIOKSIDIDAN POTASHNING QAYNOQ ERITMASI BILAN TOZALASH

Tozalashning bu usuli oxirgi yillarda azot sanoatida keng qo'llana boshlandi. Tozalash jarayoni asosida quyidagi qaytar reaksiya ketishi yotadi:



Kaliy karbonati (potash) ning suvdagi eruvchanligi temperatura ortishi bilan ko'payishi sababli, tozalashni esa yuqoriroq konsentrlangan eritma bilan olib borish maqsadga muvofiqligi tufayli  $CO_2$  ni absorbsiyalash jarayonini balandroq temperaturalarda olib boriladi. Potash o'rniga natriy karbonatini qo'llash iqtisodiy jihatdan foydali emas, chunki natriy karbonati  $Na_2CO_3$  suvda ancha kam eriydi, va shuning uchun natriy karbonat eritmalari kamroq yutish qobiliyatiga egadir.

Tekshirishlar shuni ko'rsatdiki, eritmaga dietanolamin (DEA) qo'shilganda qaynoq potashli eritma bilan absorbsiyalash tezligi sezilarli darajada oshar ekan. Amaliy sharoitlarda tarkibida 25—30 massali foiz potash va 1,5—2 massali foiz DEA bo'lgan suvli eritma ishlatiladi. Potash eritmasi konsentratsiyasini 25—30% dan oshirilishi texnologik rejim buzilganda cho'kmaga tushishi mumkin bo'lgan tuzlar bilan qurilmaning quvurlari va apparatlari tiqilib qolish xavfi bilan bog'liq. Etanolaminlardan farqli o'laroq uglerod dioksidini potashning qaynoq eritmasida eruvchanligi —  $V_{CO_2}$  temperaturaga qaraganda uglerod dioksidining ulushli (parsial) bosimi  $P_{CO_2}$  ga kuchli bog'liqdir. Quyida bu bog'lanishlar tarkibida 25%  $K_2CO_3$  va 1,5% DEA bo'lgan eritma uchun keltirilgan:

353 K da (absorber uchun):

$P_{CO_2}$ , MPa .....	0,0144	0,1925	0,5877
$V_{CO_2}$ , $m^3/m^3$ eritma .....	20	40	50

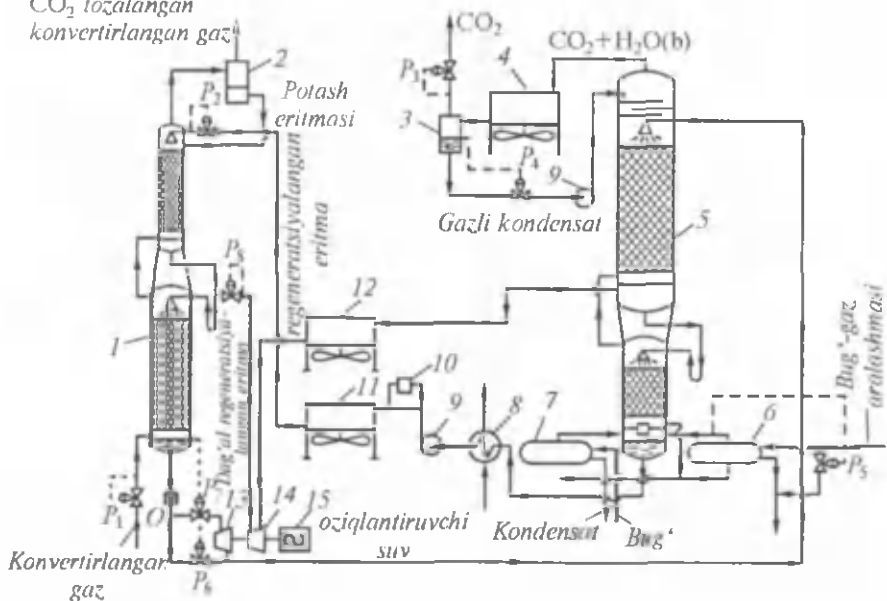
393 K da (absorber uchun):

$P_{CO_2}$ , MPa .....	0,0355	0,072	0,122
$V_{CO_2}$ , $m^3/m^3$ eritma .....	20	25	30

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlardan kelib chiqadiki,  $\text{CO}_2$  absorbsiyasini yuqori bosimlarda, eritmaning regeneratsiyasini esa aksincha, past bosimlarda, ya'ni atmosfera bosimiga yaqin bosimlarda va temperaturani esa absorbsiya temperaturasiga qaraganda  $303 \text{ K} - 313 \text{ K}$  yuqoriroqda ushlab, olib borish kerak ekan.

Monoetanolaminli tozalashdan farqli o'laroq, uglerod dioksidini potashning qaynoq eritmasi bilan absorbsiyalashda gazdan  $\text{CO}_2$  ni yuqori darajada ajratishga erishib bo'lmaydi. Masalan, konvertirlangan gazni  $\text{CO}_2$  dan  $2,8 \text{ MPa}$  bosimda qaynoq potash usuli bilan tozalanganda tozalangan gaz tarkibida  $\text{CO}_2$  ning miqdori nisbatan ko'proq, ya'ni  $0,1\%$  ni tashkil etadi. Bu esa qaynoq potashli tozalash jarayonining kamchiligidir. Potashli tozalashning aksincha, afzalliklaridan biri — bu ham bo'lsa eritmadan kamroq issiqlik sarf bo'lishidadir. Xususan buni shu bilan tushuntirish mumkinki,  $\text{CO}_2$  ni potashning qaynoq eritmasidagi erish issiqligi monoetanolamin

Metanlashtirish bo'limiga  
 $\text{CO}_2$  tozalangan  
 konvertirlangan gaz



6.4-rasm. Konvertirlangan gazni uglerod dioksididan qaynoq potash eritmasi bilan tozalash texnologik tasviri.

1 — absorber; 2, 3 — tomchi ajratgichlar; 4, 11, 12 — havoli sovitgichlar; 5 — regenerator; 6 — gazli qaynatgich; 7 — bug'li qaynatgich; 8 — suv isitgich; 9, 14 — nasoslar; 10 — filtri; 13 — gidravlik turbina; 15 — elektr harakatlantirgich;  $R_1, R_2, R_3$  — miqdor regulatorlari;  $R_4, R_6, R_7$  — past-balandlik darajasi regulatorlari;  $R_5$  — temperatura regulatori.



eritmasidagiga qaraganda taxminan 2,5 marta pastdir va u  $6,04 \cdot 10^2$  kJ/kg CO<sub>2</sub> ga teng.

6.4-rasmda unumdorligi kuniga 1360 t ammiak ishlab chiqaradigan hozirgi zamon qurilmalarida ishlatilayotgan qaynoq potash eritmasi bilan konvertirlangan gazni uglerod dioksididan tozalash texnologik tasviri keltirilgan.

Absorberlar va regeneratrlar tashqi o'lcamlari haddan tashqari katta bo'lganligi sababli amaliyotda unumdorligi kichikroq (kuniga 680 t ammiak ishlab chiqaradigan) qurilmalardagi tozalash va regeneratsiyalash agregatlaridan ikkitasi o'rnatiladi. Uglerod dioksidini yutuvchi eritma, asosan, 25% kaliy karbonati va 1,9% DEA dan iborat bo'lib, unga apparatlar korroziyasini kamaytirish uchun 0,4% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> hamda eritmani ko'pirib ketishiga qarshi ma'lum miqdorda maxsus modda ham qo'shiladi.

2,8 MPa bosimli va 353 K temperaturali konvertirlangan gaz soatiga 103 ming m<sup>3</sup> sarf bilan absorber (1) ning pastki seksiyasiga kiradi. Absorber (1) o'zining yuqori seksiyasidan kelayotgan eritma va dag'al regeneratsiyalangan eritma bilan sug'oriladi. Absorber (1) ning pastki seksiyasidan keyin konvertirlangan gaz tarkibidagi CO<sub>2</sub> miqdori 1,7—2% ni tashkil etadi. So'ngra konvertirlangan gaz absorber (1) ning yuqorigi seksiyasiga yuboriladi va u 338 K — 403 K temperaturadagi chuqur regeneratsiyalangan potash eritmasi bilan soatiga 180 m<sup>3</sup> sarfda sug'oriladi. Shunday qilib, tozalangan konvertirlangan gaz tarkibidagi CO<sub>2</sub> ni absorbsiyasi egarsimon Intaloks tipidagi keramik jins yuzasida amalga oshadi. Konvertirlangan gaz tomchi ajratgich (2) dan so'ng uglerod monooksidi va uglerod dioksididan chuqur tozalashga erishish uchun metanlashtirish reaktoriga (rasmda ko'rsatilmagan) yuboriladi.

Absorber (1) dan chiqayotgan, har bir m<sup>3</sup> tarkibdagi 40—42 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> bo'lgan ishlatilgan potash eritmasi o'z bosimini 0,65 MPa gacha pasaytirilishi hisobiga energiyani rekuperatsiyalash uchun gidravlik turbina (13) ga yuboriladi. So'ngra eritma 375 K temperaturada regeneratrlar (5) ning tepasiga beriladi.

Eritmani regeneratsiyasi, ya'ni eritmadan uglerod dioksidini desorbsiyasi eritma bosimining pasayishi, regeneratrlar (5) ning qaynatgichida eritmaning qaynashi va regeneratrlar (5) ning jinrlarida suv bug'i bilan uglerod dioksidini haydash natijasida amalga oshadi. Eritmaning taxminan 80%, ya'ni 650—730 m<sup>3</sup>/soat qismi regeneratrlar (5) ning yuqori qismidagina regeneratsiyalanadi. Eritmaning bu qismi havoli sovitgich (12) da sovitilib, nasos (14) orqali absorber (1) ning pastki qismini sug'orish uchun beriladi. Eritmaning qolgan 20% regeneratrlar (5) ning pastki qismida gazli (6) va bug'li (7) qaynatgichlarda qo'shimcha regeneratsiyalanadi. Potash eritmasi gazli qaynat-

gich (6) da uglerod monooksididan so'ng chiqayotgan qaynoq bug'-gaz aralashmasi, bug'li qaynatgich (7) da esa — suv bug'i bilan isitiladi. Regenerator (5) ning tag qismida bosim 0,17 MPa, chuqur regeneratsiyalangan eritmaning regenerator (5) dan keyingi temperaturasi 392 K, bir m<sup>3</sup> eritmadagi CO<sub>2</sub> ning miqdori 14 m<sup>3</sup> ni tashkil etadi.

Chuqur regeneratsiyalangan eritma oziqlantiruvchi suv isitgichi (8) da, so'ng esa havoli sovitgich (11) da 338 K — 343 K gacha sovitiladi. Eritmani iflosliklardan tozalash uchun eritmani bir qismi, taxminan 15% chasi nasos (9) orqali filtr (10) ga beriladi.

Uglerod dioksidi bilan suv bug'i aralashmasi regenerator (5) dan 375 K dan yuqori bo'lmagan temperaturada chiqib, havoli sovitgich (4) da sovitiladi — bu yerda suv bug'lari kondensatlanadi, so'ng tomchi ushlagich (3) orqali o'tib, keyinchalik amaliy jihatdan deyarli toza uglerod dioksidi karbamid ishlab chiqarishida va boshqa sohalarda ishlatilishi mumkin. Suv bug'ining kondensati tomchi ajratgich (3) ning yuqori qismi tarelkalarini sug'orish uchun beriladi va eritmani konsentratsiyasini doimiy ushlab uchun foydalaniladi.

## **6.5. POTASH ERITMASI BILAN TOZALASH QURILMASINING ASOSIY APPARATLARI**

Qurilmaning asosiy apparatlari absorber va regenerator hisoblanadi. *Absorber* — ikki korpusli apparat bo'lib, uning yuqori va pastki korpuslari o'txonali panjaralar ustiga o'rnatilgan uch qatlamdan iborat keramik egarsimon Intaloks jinslarga egadir. Jinslar qatlamlari orasiga absorber ko'ndalang qirqimi bo'ylab, eritmani tekis tarqalishini va konvertirlangan gazni pastdan yuqoriga o'tishini ta'minlovchi jihoz o'rnatilgan. Absorberning pastki korpusi ichki diametri 3,4 m va balandligi 30,78 m ni, yuqori korpus esa — ichki diametri 2,2 m ni va balandligi — 20,42 m ni tashkil etadi. Absorber uglerodli po'latdan yasaladi.

Regenerator ham ikki korpusdan iborat. Yuqori korpusda uch qatlam, pastki korpusda esa bir qatlam keramik egarsimon Intaloks jinslar joylashtirilgan. Pastki korpus diametri 3,7 m, balandligi 18,75 m; yuqori korpusning diametri esa 4,5 m, balandligi 34,15 m ga tengdir. Regenerator uglerodli po'latdan yasalgan. Regenerator yuqori korpusi bir qismi va tubi ichki qismlari zanglamaydigan po'lat bilan qoplangan.

## **6.6. UGLEROD DIOKSIDIDAN KONVERTIRLANGAN GAZNI POTASHLI USUL BILAN TOZALASH JARAYONINI NAZORAT QILISH VA AVTOMATLASHTIRISH**

Tozalash jarayonining nazorati va avtomatlashtirish (6.4-rasmga qarang) boshqarish markaziy pulti (MPB) dan masofaviy amalga

oshiriladi.  $R_1$ ,  $R_2$  va  $R_4$  regulatorlari absorberga berilayotgan konvertirlangan gazni va chuqur hamda dag'al regeneratsiyalangan eritma sarflarini berilgan miqdorda avtomatik ushlab turadi.

Absorberdagi eritmaning yuzasi balandligi  $R_6$  va  $R_7$  regulatorlari yordamida doimiy tarzda ushlab turiladi. Avariya natijasida eritma yuzasining bu balandligi to'satdan pasayib ketsa ajratgich  $O_1$  turbinani unga gaz o'tib ketishidan saqlab qoladi. Regeneratordagi bosim regulator  $R_3$  yordamida barqaror qilib turiladi. Regenerator tubidagi temperatura  $R_5$  regulatori orqali qizdiruvchi bug'-gaz aralashmasining bir qismini gazli qaynatgich (6) dan tashqari berilishi natijasida ushlab turiladi. Eritmalar va amaliy jihatdan toza uglerod dioksidi temperaturalari havoli sovitgichlar (4) dagi ishlab turgan ventilatorlar sonini va ulardagi parraklar qiyalik burchaklarini o'zgartirish orqali tartibga solib turiladi.  $R_4$  regulatori nasos (9) ning unumdorligini o'zgartirish yo'li bilan tomchi ajratgich (3) dagi suyuqlik balandligini saqlab turadi.

Quyida konvertirlangan gazni  $CO_2$  dan potashning qaynoq eritmasi bilan tozalash bosqichi I t ammiak uchun sarflanish koeffitsientlari keltirilgan:

Potash, kg .....	0,13
Dietanolamin (100%), kg .....	0,02
Vanadiy oksidi, kg .....	0,0035
Elektr energiyasi, kW · soat .....	47
Issiqlik, Mj .....	3185

Bu usul bilan tozalashda absorbsiya va regeneratsiya jarayonlari intensivligi anchagina yuqoridir va shuning uchun bu usul bilan tozalashni birlamchi quvvati katta bo'lgan qurilmalarda qo'llashga imkon beradi. Bu jarayonda issiqlikni nisbiy sarfi standart regeneratrlar qo'llab etanolaminli tozalashga qaraganda past. Ammo konvertirlangan gazni  $CO_2$  dan tozalash darajasi etanolaminli tozalashga qaraganda sezilarli darajada pastdir.

## 6.7. KONVERTIRLANGAN GAZNI UGLEROD MONOOKSIDIDAN TOZALASH

Uglerod dioksididan tozalangan konvertirlangan gaz uglerod monooksididan tozalash uchun yuboriladi. Tabiiy gazni va uglerod monooksidini konversiyalash usuliga qarab konvertirlangan gaz tarkibi mos ravishda o'zgaradi. 6.4-jadvalda uglerod monooksididan

tozalanadigan konvertirlangan gazning tarkibi va uni sanoatda qo'llaniladigan usullari keltirilgan.

6.4-jadval

**KONVERTIRLANGAN GAZNI UGLEROD MONOOKSIDIDAN TOZALASH USULLARI**

T/r	Konvertirlangan gazni ishlab chiqarish usuli	Tarkib, hajmiy %					Uglerod monooksididan tozalash usuli
		H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	Ar	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Tabiiy gazni atmosfera bosimida bug'-kislorod-havoli katalitik konversiyasi va uglerod monooksidini o'rta temperaturali konversiyasi	70,5	23,5	5,1	0,5	0,4	Mis-ammiakli eritma bilan absorbsiyalash
2.	Tabiiy gazni 0,2 MPa bosimda bug'-kislorodli katalitik konversiyasi va uglerod monooksidini o'rta temperaturali konversiyasi	92,8	0,6	3,2	2,4	1,0	Konvertirlangan gazni suyuq azot bilan yuvish
3.	Tabiiy gazni ~4 MPa bosimda ikki bosqichli bug'li va bug'-havoli konversiyasi hamda uglerod monooksidini o'rta va past temperaturali konversiyasi	74,5	24,0	0,7	0,4	0,3	Metanlash-tirish

Bunday gazlar tarkibida uglerod dioksidining miqdori odatda 0,01—0,10% ni tashkil etadi. Konvertirlangan gazni uglerod monooksididan mis-ammiakli eritma bilan tozalashda uglerod dioksidini miqdori 1,0—1,5% tashkil etadi. Bunday miqdor odatda konvertirlangan gazni suvli tozalashda kuzatiladi. Suyuq azot bilan yuvib tozalashga yuborilayotgan konvertirlangan gaz tarkibida uglerod dioksidining miqdori 10 sm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> dan oshmasligi kerak.

**6.8. KONVERTIRLANGAN GAZNI UGLEROD MONOOKSIDIDAN MIS-AMMIAKLI ERITMA BILAN TOZALASH**

Uglerod monooksididan konvertirlangan gazni mis-ammiakli eritma bilan absorbsiyalab, tozalash usuli azot sanoatida faqat eski

qurilmalardagina qo'llanadi. Bu usul bir valentli mis tuzlari eritmalarini uglerod monooksidi bilan o'zaro ta'siri natijasida quyidagi reaksiya bo'yicha kompleks birikma hosil qilish xususiyatiga asoslangandir:



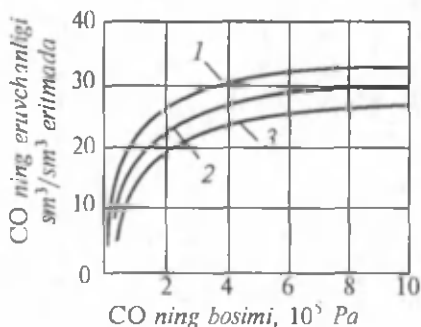
Absorbent sifatida ammiakli suvdagi chumoli (formiatlar), sirka (asetatlar) va karbon (karbonatlar) kislotalarining bir valentli mis tuzlari eritmalari foydalanilishi mumkin. Bu eritmalarning absorbsiyalash qobiliyatlari eritmadagi bir valentli misni miqdoriga, uglerod monooksidini ulushli bosimiga, temperaturaga va eritmadagi ammiak va uglerod dioksidining nisbatiga bog'liqdir.

Sanoatda eng ko'p qo'llanadigan eritma sifatida quyidagi tarkibdagi yuqori samarali asetat-karbonatli mis-ammiakli eritmalar foydalanilmoqda, (g/l):

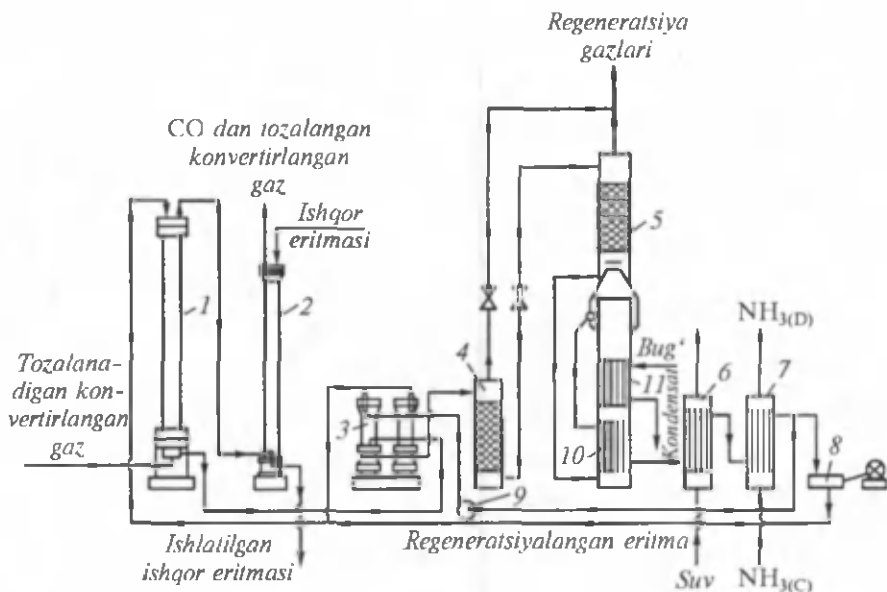
$\text{Cu}^+$ .....	110—120
$\text{Cu}^{2+}$ .....	20—25
$\text{CH}_3\text{COOH}$ .....	115—140
$\text{NH}_3$ .....	130—150
$\text{CO}_2$ .....	100

Bu jarayonda tozalanayotgan uglerod monooksidi gazi qaytaruvchi bo'lib hisoblanadi. Eritmadagi bir valentli mis  $\text{Cu}^+$  metall holidagi mis Cu gacha qaytarilib qolishiga yo'l qo'ymaslik uchun eritmaga misning umumiy miqdorini 15—20% miqdorida bir valentli mis  $\text{Cu}^+$  gacha oson qaytariladigan ikki valentli mis  $\text{Cu}^{2+}$  tuzlari qo'shiladi.

6.5-rasmda 4,9 MPa bosimda mis-ammiakli eritmaning absorbsiyalash qobiliyatiga temperatura va uglerod monooksidining ulushli bosimini ta'siri ko'rsatilgan. Keltirilgan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, absorbsiyalash jarayonini past temperaturalarda, masalan, 273 K da olib borish kerak. Bundan pastroq temperaturalarni qo'llashga yo'l qo'yib bo'lmaydi, chunki bu vaqtda eritmani kristallanib qolish xavfi tug'ilib qoladi.



6.5-rasm. 4,9 MPa bosimda mis-ammiakli eritmaning yutish qobiliyatiga uglerod monooksidining ulushli bosimi va temperaturaning ta'siri.  
1 — 273 K da; 2 — 293 K da;  
3 — 313 K da.



6.6-rasm. Konvertirlangan gazni uglerod monooksiddan mis-ammiakli usuli bilan tozalash va eritmani regeneratsiyalash texnologik tasviri:

1 — mis-ammiakli eritma skrubberi; 2 — ishqorli skrubber; 3 — rekuperatsiya mashinasi; 4 — desorber; 5 — regenerator; 6 — suvli sovitgich; 7 — ammiakli sovitgich; 8 — tripleks nasos; 9 — markazdan qochma nasos; 10 — issiqlik almashtirgich; 11 — bug'li isitgich.

Ammiakli sovuq sarfini kamaytirish uchun 293 K gacha sovitilgan eritma bilan absorbsiyalash tavsiya etiladi. Bunday hollarda tozalashdan so'ng hosil bo'lgan azot-vodorod aralashmasining talab darajasidagi tozaligiga, ya'ni tozalangan gaz tarkibidagi uglerod monooksidi miqdorini  $20 \text{ sm}^3/\text{m}^3$  dan yuqori bo'lmagan miqdoriga erishish uchun tozalash jarayonini yuqori bosim — 12 MPa da eski qurilmalarda va 32 MPa bosimda yangiroq qurilmalarda olib boriladi.

6.6-rasmda konvertirlangan gazni uglerod monooksiddan mis-ammiakli usul bilan tozalash soddalashtirilgan texnologik tasviri ko'rsatilgan. Dastlabki konvertirlangan gaz 32 MPa bosim metall halqalar bilan to'ldirilgan skrubber (6) ning pastki qismiga kiradi. Skrubber (1) temperaturasi 283 K bo'lgan regeneratsiyalangan mis-ammiakli eritma bilan sug'oriladi. Bu yerda azot-vodorod aralashmasi asosan, uglerod monooksiddan va uglerod dioksidini katta qismidan tozalanadi. So'ngra azot-vodorod aralashmasi o'yuvchi natriy yoki ammiakning 5% li eritmasi bilan sug'oriladigan ishqorli skrubber (2) ga yuboriladi. Bu apparatda azot-vodorod aralashmasi uglerod dioksidi-

ning qolgan qismidan tozalanadi va uglerod monooksidi  $10-20 \text{ sm}^3/\text{m}^3$  dan yuqori bo'lmagan hamda uglerod dioksidi  $5 \text{ sm}^3/\text{m}^3$  dan katta bo'lmagan miqdorlarda ammiak sinteziga yuboriladi.

Ishlatilgan mis-ammiakli eritma skrubber (1) dan chiqqach rekuperatsiya mashinasi (3) ga yuboriladi. U apparatda mis-ammiakli eritmaning bosimi 0,5 MPa gacha, ya'ni desorber (4) dagi bosimgacha pasaytiriladi. Rekuperatsiyalangan energiya regeneratsiyalangan mis-ammiakli eritmaning bosimini orttirish uchun ishlatiladi. So'ngra bu eritma regeneratsiya qilish uchun desorber (4) va regeneratör (5) ning yuqori qismiga yuboriladi. U yerdan chiqqan 0,1 MPa bosimdagi mis-ammiakli eritma regeneratör (5) ning pastki qismida joylashgan issiqlik almashgich (10) ga, so'ngra bug'li isitgich (11) ga yuboriladi va 353 K gacha qizdiriladi. Bu jarayon natijasida mis-ammiakli eritma yanada to'liqroq regeneratsiyalanadi va hosil bo'layotgan qo'shimcha regeneratsiya gazlari regeneratör (5) ga yuboriladi; kuchli regeneratsiyalangan mis-ammiakli eritma esa issiqlik almashtirgich (10) ning quvurlararo oralig'iga, so'ng esa suvli sovitgich (6) va ammiakli sovitgich (7) ga yuborilib, bu apparatlarda eritma 283 K gacha sovitiladi. Ammiakli sovitgich (7) dan chiqayotgan mis-ammiakli eritmaning asosiy qismi, ya'ni eritma umumiy miqdorining 75—80% markazdan qochma nasos (9) orqali rekuperatsiya mashinasi (3) ga yuboriladi. Bu apparat regeneratsiyalangan mis-ammiakli eritma bosimini 34 MPa gacha orttirib beradi va u yerdan chiqqan eritma skrubber (1) ga yuboriladi. Mis-ammiakli eritmaning qolgan qismi tripleks-nasos (9) da 34 MPa gacha siqilib, rekuperatsion mashina (3) dan kelayotgan oqim bilan qo'shilib, mis-ammiakli eritma skrubberi (1) ga beriladi.

Regeneratsiya gazlari desorber (4) va regeneratör (5) dan chiqqach, absorberda (chizmada ko'rsatilmagan) ammiak bug'laridan yuvilib, uglerod monooksidi konversiyasiga yuboriladi, bu gazlar o'rtacha 60 (h) % CO, 27—28 (h) % CO<sub>2</sub> va 12—13 (h) % H<sub>2</sub> + N<sub>2</sub> gazlaridan tarkib topgan.

Skrubber (2) dan chiqayotgan ishlatilgan eritma regeneratsiyalanmaydi va bog'langan azot birikmalari ishlab chiqarish korxonasi boshqa sexlarida ishlatiladi.

Quyida 1 t ammiak ishlab chiqarishning konvertirlangan gazni mis-ammiakli tozalash bosqichining sarflanish koeffitsientlari keltirilgan:

1. O'yuvchi natriy (100%), kg .....	2,00
2. Ammiak, kg .....	1,80
3. Mis, kg .....	0,10

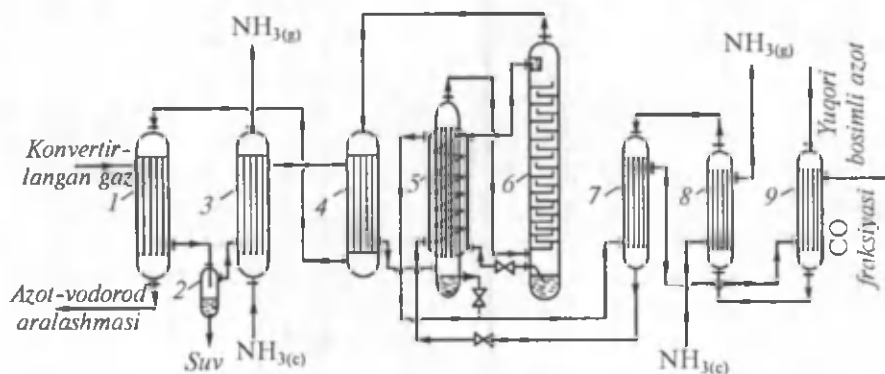
4. Sirka kislotasi ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), kg .....	0,15
5. Elektr energiya, kW/soat .....	35
6. Suv, $\text{m}^3$ .....	15
7. Bug', kg .....	300
8. Ammiakli sovuqlik, Mj .....	340

Tozalashning bu usuli o'zining yuqori bo'lmagan intensivligi va normal texnologik sharoitni ushlab turishni murakkabligi bilan ajralib turadi. Shuning uchun ham hozirgi vaqtda amaliyotda unchalik ko'p qo'llanmaydi.

### 6.9. KONVERTIRLANGAN GAZNI UGLEROD MONOOKSIDIDAN SUYUQ AZOTDA YUVISH BILAN TOZALASH

Tozalashning bu usulida tozaligi 99,998% bo'lgan suyuq azot bu jarayonda o'zida uglerod monooksidini, metan va argonni eritib absorbsiyalaydi, natijada katalitik zaharlardan va metan, argon kabi inertlardan puxta tozalangan azot-vodorod aralashmasi hosil qilinadi. Bunday gaz aralashmasida uglerod monooksidining miqdori 0—20  $\text{sm}^3/\text{m}^3$  ni tashkil etadi.

Suyuq azotda uglerod monooksidi, metan va argonni erish jarayoni 0,1 MPa bosimdan yuqori bosimda va past temperaturalarda olib boriladi. 6.7-rasmda bu jarayonning qisqartirilgan texnologik



6.7-rasm. Konvertirlangan gazni uglerod monooksididan suyuq azot bilan yuvib tozalashning texnologik tasviri:

1 — ammiakoldi issiqlik almashtirgichi; 2 — tomchi ajratgich; 3, 8 — ammiakli sovitgichlar; 4, 7, 9 — issiqlik almashtirgichlar; 5 — bug'latgich; 6 — yuvish minorasi.



ko'rinishi keltirilgan. Bu tizimda konvertirlangan gaz va yuqori bosimli azot yo'llarida ikkita o'rniga bittadan ammiakoldi issiqlik almashtirgich va ammiakli sovitgich ko'rsatilgan. Konvertirlangan gaz yo'lida ketma-ket ulangan uchta issiqlik almashtirgich o'rniga bittasi ko'rsatilgan, bu yo'ldagi quritgich va filtrlar esa umuman, ko'rsatilmagan. Uglerod monoksidini fizik absorbsiyalash jarayonini amalga oshirish uchun zarur bo'lgan sovuqlik siqilgan toza azotni 20 MPa dan 2,6 MPa gacha drossellash yo'li bilan hosil qilinadi.

Ammiakoldi issiqlik almashtirgich (1) da konvertirlangan gaz azot-vodorod aralashmasi oqimi bilan sovitiladi. Bu gazdagi namlik kondensatlanib, tomchi ajratgich (2) da ajratib olinadi. Konvertirlangan gazni minus 233 K — 230 K gacha sovitish jarayoni ammiakli sovitgich 3 ning quvurlararo fazosida 228 K — 225 K larda qaynaydigan suyuq ammiakning bug'lanishi hisobiga olib boriladi. Sovitilgan konvertirlangan gaz quritgich va filtrdan (ular chizmada ko'rsatilmagan) o'tgach, issiqlik almashtirgich (4) da azot-vodorod aralashmasi bilan 87 K gacha chuqur sovitiladi. Keyinchalik bu gaz 81 K gacha 0,05 MPa da qaynovchi uglerod monooksidi fraksiyasi bilan sovitiladi. Bu vaqtda konvertirlangan gazdan metan, uglerod monooksidi va argonlarning bir qismi kondensatlanib, gazdan ajratiladi. Shundan so'ng konvertirlangan gaz tepasidan toza suyuq azot bilan sug'oriladigan yuvish minorasi (6) ga yuboriladi. Bu gaz ko'plab sonli tarelkalar bilan ta'minlangan minora (6) ning pastidan yuqorisigacha o'tib, metan, uglerod monooksidi va argondan deyarli batamom tozalanadi. Bu oxirgi uchta gaz suyuq azotda erib, quyidagi tarkibga ega bo'lgan uglerod monooksidi fraksiyasini hosil qiladi, (h) % larda: CO — 20—30; N<sub>2</sub> + Ar — 45—75; H<sub>2</sub> — 5—7; CH<sub>4</sub> — 2—8.

Tozalanagan azot-vodorod aralashmasi yuvish minorasi (6) dan minus 80 K — 83 K da chiqib, issiqlik almashtirgichlar (4) va (1) ga kirib, konvertirlangan gazni sovitib 293 K — 303 K da ammiak sinteziga yuboriladi.

**Azot yo'li.** 19,6 MPa gacha siqilgan toza gaz holiday azot issiqlik almashtirgich (9) da uglerod monooksidi fraksiyasi, so'ngra esa ammiakli sovitgich (8) da minus 228 K da qaynaydigan ammiak bilan sovitiladi. Yuqori bosimli azot nam ajratgich, quritgich va filtr (ular chizmada ko'rsatilmagan) lar orqali o'tib, issiqlik almashtirgich (7) da uglerod monooksidi fraksiyasi hisobiga 89 K gacha sovib, 2,6 MPa gacha drossellanib, bu jarayon natijasida qo'shimcha sovitilib, bug'latgich (5) ning ilonsimon quvuri orqali o'tib, to'liq suyuqlikka o'tib, yuvuvchi minora 6 ning tarelkalarini yuvishga yuboriladi.

Yuvuvchi minora (6) ning pastki qismidan chiqayotgan suyuq uglerod monooksidi 0,05 MPa gacha drossellanib, bug'latgich (5)da konvertirlangan gazni va azotni sovitadi. Bug'latgich (5) tubidagi kondensat 0,05 MPa gacha drossellanib, natijada o'zi sovib, sovitgich 5 dan chiqayotgan uglerod monooksidi asosiy oqimi fraksiyasi sovug'i (7-) va (9-) issiqlik almashtirgichlarda rekuperatsiyalanadi. Stexiometrik, ya'ni  $H_2:N_2 = 3:1$  tarkibdagi azot-vodorod aralashmasini hosil qilish uchun gaz aralashmasiga 2,5 MPa bosimdagi azot qo'shiladi.

Quyida unumdorligi  $15000 \text{ nm}^3/\text{soat}$  agregatning suyuq azot bilan yuvish bosiqichini 1 t ammiak ishlab chiqarish uchun sarflanish ko'effitsientlari berilgan:

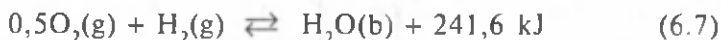
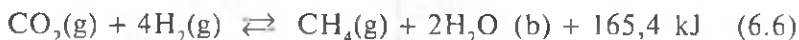
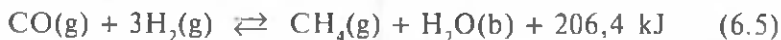
1. Azot,  $\text{m}^3$  ..... 880
2. Suv,  $\text{m}^3$  ..... 35
3. Elektr energiya,  $\text{kW}/\text{soat}$  ..... 230
4. Ammiak sovug'i ( $T = 228 \text{ K}$ ),  $\text{mJ}$  ..... 85

Chiqindi sifatida  $400 \text{ m}^3$  uglerod monooksidi fraksiyasi olinadi.

Hosil qilingan azot-vodorod aralashmasi o'zining katta tozaligi va unda inert gazlari miqdori kamligi bilan ajralib turadi. Bu usul bo'yicha tozalashning kamchiliklari sifatida texnologik tizimning murakkabligi, sarflanish ko'effitsientlari balandligi, yirik quvvatli agregatlarni yaratish qiyinligi va suyuq azot bilan tozalash agregatini ekspluatatsiya qiluvchi shaxslar ko'proq talab etilishidadir.

### 6.10. KONVERTIRLANGAN GAZNI KISLORODLI BIRIKMALARDAN METANLASHTIRISH USULI BILAN TOZALASH

Sintetik ammiak ishlab chiqarish bo'yicha unumdorligi kuniga 1360 t bo'lgan hozirgi zamon qurilmalarda konvertirlangan gazni, qolaversa, azot-vodorod aralashmasini uglerod monooksidi va uglerod dioksididan hamda juda oz miqdorda qolgan kisloroddan bu kislorodli birikmalarni metanlashtirish agregatida metangacha katalitik gidridlash yo'li bilan tozalanadi. Bu jarayonlarda quyidagi reaksiyalar ketadi:

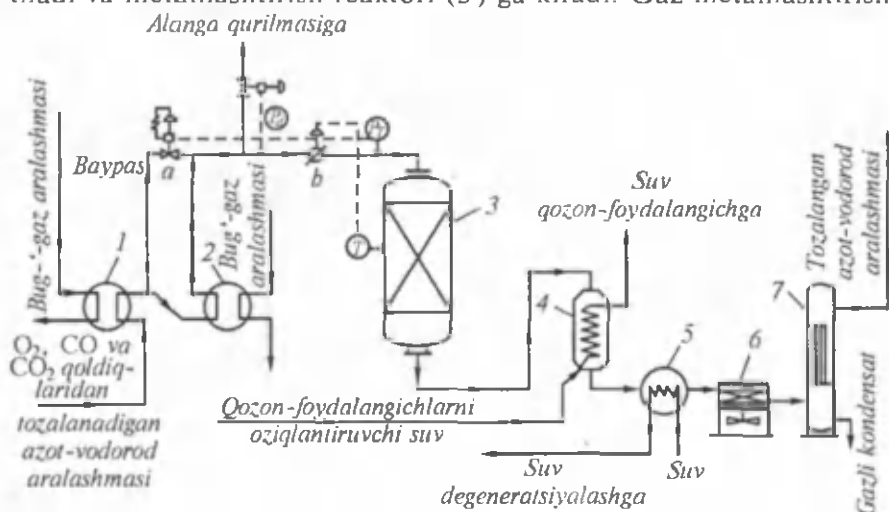


Bu jarayonlar  $523 \text{ K} - 623 \text{ K}$  temperaturada katalizator ishtirokida ketadi. Bunday sharoitda yuqoridagi reaksiyalar amaliy qaytmas

bo'lib, katta miqdorda reaksiyon issiqlik chiqish bilan oxirigacha boradi. Metanlashtirish jarayoni katalizatori sifatida dastavvaldan qaytarilgan nikelaluminium katalizatori ishlatilgan. Bu katalizator issiqqa chidamliligi bilan ajralib turadi va 873 K — 923 K largacha bimalol chidaydi. Katalizatorning bu xislati ayniqsa, metanlashtirish jarayonini rejimi buzilganda va uglerod monooksidi hamda uglerod dioksidining konsentratsiyalari hisobdagidan oshib ketganda katta ahamiyatga egadir.

Metanlashtirish katalizatorini o'lchamlari 4—5 mm dan 8—10 mm gacha bo'lgan tabletkalar shaklida ishlab chiqariladi. Metanlashtirish jarayoni gazning hajmiy tezligi 4000—5000 soat<sup>-1</sup> larda olib boriladi.

6.8-rasmda ammiak ishlab chiqarish bo'yicha unumdorligi kuniga 1360 t bo'lgan bir yo'nalishli qurilmaning metanlashtirish jarayoni tasviri keltirilgan. 2,7—2,8 MPa bosimdagi (168000 m<sup>3</sup>/soat) konvertirlangan gaz uglerod dioksididan tozalangach 368 K gacha issiqlik almashtirgich (1) da, 573 K gacha issiqlik almashtirgich (2) da qizdiriladi. Bu issiqlik almashtirgichlar mos ravishda ikkinchi bosqich uglerod monooksidi konversiyasidan so'ng va birinchi bosqich uglerod monooksidi konversiyasidan so'ng bug'-gaz aralashmasi bilan isitiladi va metanlashtirish reaktori (3) ga kiradi. Gaz metanlashtirish



6.8-rasm. Azot-vodorod aralashmasini qoldiq uglerod monooksidi, uglerod dioksidi va kisloroddan metanlashtirish usuli bilan tozalash texnologik tasviri:

1, 2 — issiqlik almashtirgichlar; 3 — metanlashtirish reaktori; 4 — yuqori bosimli suv isitgichi; 5 — past bosimli suv isitgichi; 6 — havoli sovitgich; 7 — tomchi ajratgich.

reaktori (3) ning yuqoridan pastga qarab, katalizator orqali o'tib, metanator (3) da uglerod monooksidi va uglerod dioksididan tozalanadi hamda kisloroddan. Tozalangan azot-vodorod aralashmasi tarkibida uglerod monooksidi miqdori  $20 \text{ sm}^3/\text{m}^3$  dan, uglerod dioksidining esa  $5 \text{ sm}^3/\text{m}^3$  dan oshmaydi. Reaksiyon issiqlik hisobiga 623 K gacha qizdirilgan tozalangan azot-vodorod aralashmasi ketma-ket yuqori bosimli suv isitgichi (4), past bosimli suv isitgichi (5) va havoli sovitgich (6) orqali o'tib, o'z issiqligini beradi. Shundan so'ng gaz tomchi ajratgich (7) orqali o'tib, u yerda sovitish natijasida kondensatsiyalangan suv tomchilaridan ajratilib, azot-vodorodli aralashma 308 K da siqish uchun yuqori bosimli markazdan qochma kompressorga (rasmda ko'rsatilgan emas), so'ngra esa ammiak sinteziga yuboriladi.

Yuqori bosimli suv isitgich (4) da 573 K gacha isib, yuqori bosimli suv bug'i olish uchun bug'li qozonlarga yuboriladi.

Agregatning asosiy apparatlaridan biri bu — metanator bo'lib, u diametri 3,8 m va balandligi 7,66 m bo'lgan vertikal silindrik idishdan iborat bo'lib, o'zida  $40 \text{ m}^3$  katalizatorni joylashtirishi mumkin. Gazni metanlashtirish yo'li bilan tozalash o'zining soddaligi, boshqarishning yengilligi, avtomatlashtirishni to'liqligi, katta birlamchi quvvatga ega bo'lgan qurilma yaratilishi mumkinligi bilan ajralib turadi. Tozalashning bu usuli ammiak ishlab chiqarishning energotexnologik tizimi bilan uyg'unlashib ketadi.

Lekin shu bilan birga, azot-vodorod aralashmasi tarkibida metanning konsentratsiyasining oshib ketishi, buning oqibatida esa azot-vodorod aralashmasini ammiakka aylanish darajasini kamayishi metanlashtirish usuli bilan gazlarni tozalashning asosiy kamchiliklaridan birini tashkil etadi.

## 6.11. METANLASHTIRISH JARAYONINI NAZORAT QILISH VA AVTOMATLASHTIRISH

Metanlashtirish qurilmasi to'liq avtomatlashtirilgan bo'lib, boshqarish markaziy pulti (BMP) dan boshqariladi. Metanatorga kirayotgan gaz temperaturasi bir qism gazni issiqlik almashtirgich (2) orqali o'tkazmay (6.8-rasmga qarang) avtomatik tarzda boshqariladi. Tozalangan azot-vodorod temperaturasi havoli sovitgich (6) ning ventilyatori ishini boshqarish yo'li bilan bir me'yorda ushlab turiladi.

Tomchi ajratgich (7) da suyuqlik sathi yuzasi avtomatik tarzda ushlab turiladi. Katalizatorni o'ta qizishi hamda reaktor (3) ning korpusiga shikast yetishini oldini olish uchun, reaktor (3) oldiga

gaz yo'lini qirqib tashlagich o'rnatilgan bo'lib, metanatorda temperatura maksimal ruxsat etilgan miqdorga yetganda metanlashtirishga ketayotgan gazning oqimini to'xtatib qo'yadi. Metanator oldidagi bosim ruxsat etilgan miqdordan ortib ketsa, gaz avtomatik tarzda alangali qurilma orqali atmosfera havosiga tashlab yuboriladi.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Hozirgi vaqtda azot sanoatida gazlarni uglerod dioksididan tozalashning qanday usullari qo'llanilmoqda?
2. Uglerod dioksididan gazlarni tozalash etanolaminlarning qanday xossalari-ga asoslangan? Ular tomonidan uglerod dioksidining absorbsiyasi va regeneratsiyalanadigan eritmalardan uning desorbsiyasi qanday kimyoviy reaksiya asosida amalga oshiriladi?
3. Uglerod dioksidini etanolamin eritmali bilan absorbsiyalash va regeneratsiyalash jarayonlari qanday temperatura va bosimda olib boriladi?
4. Odatda, uglerod dioksidini absorbsiyalash uchun monoetanolamin (MEA) eritmasining qanday konsentratsiyasi ishlatiladi: bu eritmaning uglerod dioksidini yutish qobiliyati qanday?
5. MEA eritmasi bilan gazlarni uglerod dioksididan tozalash jarayoni texnologik tizimini ta'riflang.
6. Potash eritmasi bilan gazlardan uglerod dioksidini absorbsiyalash reaksiyasini yozing.
7. Uglerod dioksidini potash eritmasi bilan absorbsiyalash va regeneratsiyalash jarayonlari temperatura va bosimini ko'rsating.
8. Gazlarni potashli usul bilan uglerod dioksididan tozalashda qo'llanadigan eritmaning tarkibini, eritmaning absorbsiyalash qobiliyatini va tozalash chuqurligini yozma bayon qiling.
9. Uglerod dioksididan gazlarni MEA eritmasi bilan tozalashda qo'llanadigan absorber va generator tuzilishini yozma bayon qiling.
10. Konvertirlangan gazlarni uglerod monooksididan tozalashda azot sanoatida qo'llanadigan usullarni yozing, ularning yutuq va kamchiliklarini ko'rsating.
11. Suyuq azot bilan konvertirlangan gazlarni yuvib uglerod monooksididan tozalashning xosiyatlarini tushuntiring.
12. Konvertirlangan gazlarni kislorodli birikmalardan metanlashtirish usuli bilan tozalashning reaksiyalarini yozing.
13. Metanlashtirish usuli bilan gazlarni tozalashda qo'llanadigan katalizator, temperatura rejimi, kislorodli birikmalarning tozalanadigan gazdagi ruxsat etilgan maksimal konsentratsiyasi va reaksiyon issiqlikdan foydalanish to'g'risida nimalarni bilib oldingiz?

## 7-BOB

### GAZLARNI SIQISH

Hozirgi vaqtda amaliyotda ammiak sintezi jarayonini asosan, 32—35 MPa bosimda olib boriladi. Reaksiyaga kirishuvchi gazlarning bosimini kerakli miqdorga oshirish hamda ularni texnologik apparatlar orqali o'tkazish uchun porshenli va markazdan qochma gazli kompressorlar ishlatiladi.

Siqish bosimini so'rish bosimiga nisbatini siqish darajasi deyiladi. Odatda, porshenli kompressorning silindrida siqish darajasi 3—3,5 gacha yetadi. Gazlarni siqish jarayoni uni isib ketishi bilan boradi. Masalan, siqish darajasi 3—3,5 ga erishilganda gaz 363 K — 383 K gacha isiydi. Odatda, ammiak sintezi jarayonida gazni 2,5 MPa dan 32 MPa gacha siqishga to'g'ri keladi. Bu vaqtda siqish darajasi  $32/2,5 = 12,8$  ni tashkil etishi kerak. Bunday katta siqish darajasiga erishish ko'plab issiqlik hosil bo'lishiga olib keladi. Bu esa juda xavflidir, chunki birinchidan bu vaqtda kompressor barcha metall qismlari o'z mexanik xususiyatlarini o'zgartiradi, aniqrog'i metall yumshab, kompressor o'z mexanik mustahkamligini keskin kamaytiradi, bu esa uni ayrim holatlarda portlashga olib keladi. Ikkinchidan, bunday yuqori temperaturalarda porshenli kompressorda uning silindrik korpusi bilan porshen orasidagi qarshilikni kamaytirish uchun qo'llanadigan texnik surkovchi moy quyib, qisman uglerod-simon qattiq modda hosil qilib, qarshilikni pasaytirish o'rniga orttirib, natijada ishqalanishni ortishi natijasida qo'shimcha issiqlik hosil qiladi. Bular natijasida silindrni korpusi yorilib ketib, avariya holatini keltirib chiqarishi mumkin. Bu salbiy holatlarni oldini olish maqsadida gazlarni kompressorda siqish darajasi 3—3,5 dan oshmagan holatida bosqichma-bosqich amalga oshiriladi. Bunday siqish darajasini ta'minlash uchun gaz ketma-ket, bosqichma-bosqich siqiladi va shu bilan birga gaz har bir bosqich siqishdan so'ng sovitgichlarda sovitilib, separatorlarda gaz tarkibidagi bug'ni kondensatlanishidan hosil bo'lgan suvni va porshenli kompressorlarda ishlatiladigan moyning tomchilarini ajratib olinadi. Konstruktiv mulohazalarga binoan porshenli kompressorning valining aylanish soni minutiga 300—350 dan oshmaydi, ya'ni bu son nisbatan katta emasdir. Bunday

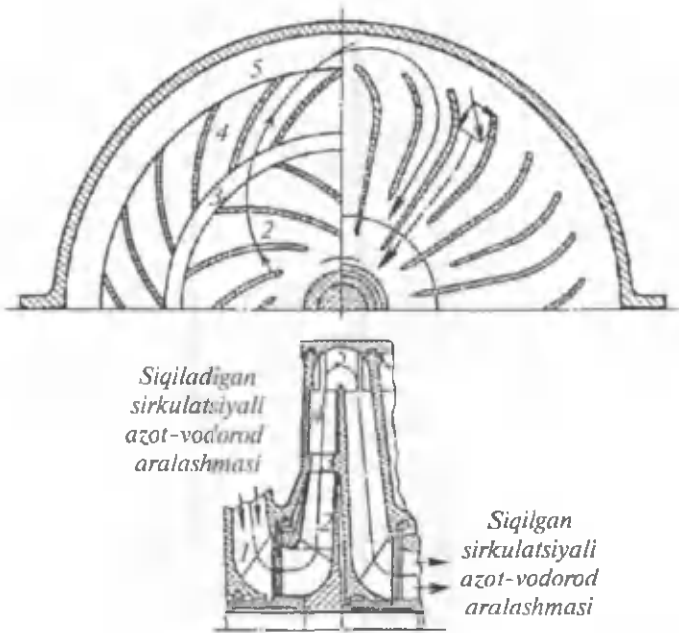
porshenli kompressorlarning unumdorligi soatiga 25000—40000 m<sup>3</sup> gazdan oshmaydi va bu unumdorlik hozirgi zamon yirik tonnalik qurilmalar uchun yetarli emasdir.

Oxirgi yillarda markazdan qochma kompressorlar keng qo'llanmoqda, ularda valning aylanish soni minutiga 20000 ni tashkil etadi. Bu esa o'z navbatida yuqori unumdorlikka ega bo'lgan ixcham kompressorlar yaratishga olib kelmoqda. Bunday mashinalar ishda mustahkam, konstruktiv jihatdan sodda va ular tezyurar elektr dvigatellari yoki turbinalari bilan harakatga keltiriladi. Ishlatish va ta'mirlash uchun markazdan qochma kompressorlar porshenli kompressorlarga qaraganda ancha kam xizmatchi talab etadi. Markazdan qochma kompressorlar ichini moylash talab qilmaydi. Shuning uchun siqiladigan gaz moy bilan ifloslanmaydi.

Rotor va so'ruvchi hamda itaruvchi shtutserlari bilan korpus markazdan qochma kompressorning muhim qismlaridandir. Markazdan qochma kompressorning rotori valga kiygizilgan bir yoki bir qator g'ildiraklardan iborat bo'lishi mumkin; val esa elektr dvigatel yoki (bug'li yoki gazli) turbina orqali harakatga keltiriladi. Markazdan qochma kompressorlarda gazni siqish va uni bosimini orttirish markazdan qochma kuch hisobiga amalga oshiriladi. Ishchi g'ildirak tez aylanganda gaz kiradigan tarafda bo'shliq paydo bo'lib, natijada gaz so'ruvchi quvurdan ishchi g'ildirakning kurakchalariga beto'xtov kelaveradi va bu kurakchalar elektr dvigateldan olgan energiyani siqilayotgan gazga uzatadilar. Gaz ishchi g'ildirakka uning o'qi tomonidan kiradi. Markazdan qochma kuch ta'sirida gaz oqimi ishchi g'ildirakning kurakchalari orasidagi kanallar bo'ylab markazdan doira tevaragi tomon beto'xtov harakat qiladi; bu vaqtda gaz siqiladi, katta tezlikka ega bo'ladi va kompressor korpusi ichiga kiradi. Korpus diffuzor, ya'ni kengayuvchi kanal shaklida bo'lib, unda gazning tezligini kamayishi hisobiga gazning kinetik energiyasi, ya'ni harakati energiyasi, potensial, ya'ni bosim energiyasiga o'tadi va natijada gazning bosimi ortadi.

Bir dona g'ildirakda nisbatan katta bo'lmagan siqish darajasiga erishiladi. Markazdan qochma kompressorda shuning uchun gaz ketma-ket bir qator g'ildiraklardan o'tadi. Gaz birinchi ishchi g'ildiraklardan o'tadi. Gaz birinchi ishchi g'ildirakdan (7.1-rasm) chiqib, teskari yo'naltiruvchi apparat (1) orqali ikkinchi g'ildirakning ishchi kurakchasi (2) tomon harakat qiladi, so'ng diffuzorlar (3) va (4), burilish g'ildiragi (5) va yo'naltiruvchi apparatlar (1) markazdan qochma kompressor ishlagan vaqtda harakatlanmay qoladilar. Gaz oxirgi g'ildirakdan chiqib, diffuzor orqali itaruvchi shtutserga, so'ng sovitgichga keladi. Sovitgichda gazni siqishda hosil bo'lgan issiqlik ajratib tashlanadi.

Markazdan qochma kompressorlar yuqori siqish darajasiga ega bo'lish uchun o'nlab ishchi g'ildirak va bir qator oraliq sovitgichlarga



7.1-rasm. Markazdan qochma kompressorning oraliq bosqich tasviri:

- 1 — teskari yo'naltiruvchi apparat; 2 — ishchi kurakcha;  
3, 4 — diffuzorlar; 5 — burilish g'ildiragi.

ega bo'lishi kerak. Yuqori siqish darajasi bilan ishlaydigan markazdan qochma kompressorlarda gazni ishchi g'ildiraklarga kirishidagi bosimi g'ildirakning tartib soniga qarab kuchli ravishda o'zgaradi; unga qarab mos ravishda siqilayotgan gazning haqiqiy hajmi ham vaqt birligida o'zgaradi. Har bir g'ildirakning, binobarin, butun bir kompressorning yuqori foydali ish koeffitsientiga ega bo'lishini ta'minlash uchun mos ravishda ishchi g'ildiraklar, kurakchalar va yo'naltiruvchi apparatlar o'lchamlari o'zgaradi.

Ishchi g'ildiraklar orasidagi gazning o'tib ketishini oldini olish uchun va atmosferaga kompressor korpusi va vali orasidagi oraliq yo'qolishini kamaytirish uchun labirintli (aylanma yo'nalishli) zichlagichlar o'rnatiladi.

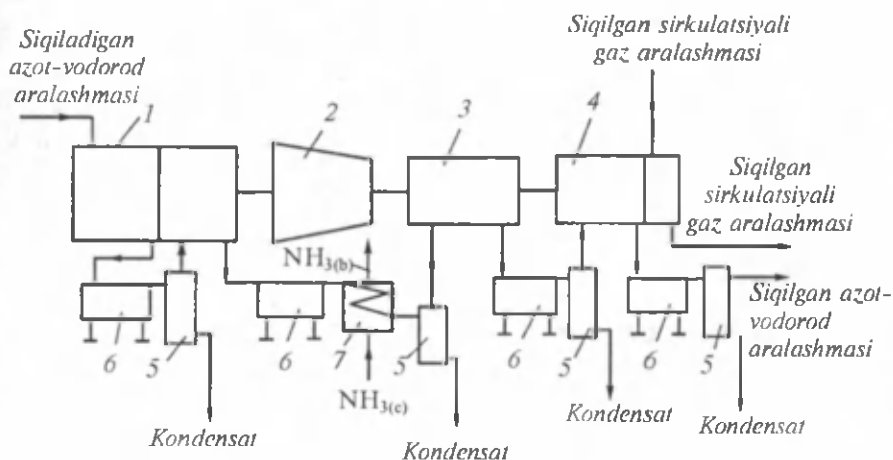
Energotexnologik tizimda ishlaydigan, oxirgi yillarda quvvati yiliga 400000—450000 tonna (kuniga 1360 t) ammiak bo'lgan hamda kelajakda qurilishi mo'ljallangan ammiak ishlab chiqarish bo'yicha bir chiziqli qurilmalarda tabiiy gazni 4,3 MPa gacha, havoni 3,8 MPa gacha, azot-vodorod aralashmasini 32 MPa gacha siqish uchun, qoidadagidek, bug'li turbinalar orqali harakatga keluvchi markazdan qochma kompressorlar o'rnatiladi.



Yuqori bosimli kompressorning vazifasi tozalangan (metanlash-tirishdan so'ng) azot-vodorod aralashmasini 2,4—2,5 MPa dan 32 MPa gacha siqishdan iborat. Ammiak bo'yicha unumdorligi kuniga 1360 t bo'lgan agregatni gaz bilan ta'minlash uchun unumdorligi soatiga 176500 m<sup>3</sup> bo'lgan kompressorlar ishlatiladi. Gazning tarki-bida vodorodning konsentratsiyasi yuqori bo'lgani uchun siqiladi-gan gazning zichligi anchagina kichikdir, shuning uchun ham azot-vodorod aralashmasini kompressorning bitta markazdan qochma g'ildiragida siqish darajasi yuqori emas. Gazni talab etilgan oxirgi bosimgacha siqilishini ta'minlash uchun kompressor aylanish soni minutiga 11000—12000 ni tashkil etuvchi bir qancha o'nlab ishchi g'ildiraklarga ega bo'lmog'i kerak. Siqish natijasida gazni anchagi-na isib ketishi tufayli oraliq sovitishlar ko'zda tutiladi.

Kompressor uch korpusdan iborat: past bosim korpusi (p.b.k.), o'rta bosim korpusi (o'.b.k.) va yuqori bosim korpusi (yu.b.k.). Past bosim korpusi ikki seksiyadan tarkib topgan. Yuqori bosim korpu-sida ammiak sintezi siklida aylanma kompressor vazifasini bajaruvchi aylanma g'ildirak ham joylashgan. Kompressoridagi g'ildiraklarning umumiy soni 28 ga tengdir.

Azot-vodorod gazlari aralashmasi kompressorning past bosimli korpusining 1-seksiyasidan chiqib, havoli sovitgich (6) ning sovitgi-chida sovitilib, nam ajratgich (5) ga yuborilib, u yerdan sovitish natijasida kondensatsiyaga uchragan suvdan ajratiladi (7.2-rasm).



7.2-rasm. Azot-vodorod aralashmasining markazdan qochma kompressorining prinsipial tuzilishi:

- 1 — past bosim korpusi; 2 — bug'li turbina; 3 — o'rta bosim korpusi;  
4 — yuqori bosim korpusi; 5 — nam ajratgich; 6 — havoli sovitish sovitgichi; 7 — ammiakli sovitgich.

Kompressorning rotoridagi gidravlik zarbalarga yo‘l qo‘ymaslik uchun suyuqlikni gaz aralashmasidan ajratmoq zarurdir, aks holda kompressor falokatga uchrashi mumkin. Azot-vodorod aralashmasining bir qismi tabiiy gaz tarkibida bo‘lishi mumkin bo‘lgan oltin-gugurtning organik birikmalarini gidridlash uchun kompressorning past bosimli korpusining 1-seksiyasidan ajratib olinadi. Sovitilgan azot-vodorod aralashmasi keyingi siqish uchun kompressorning past bosimli korpusining 2-seksiyasiga, undan keyin esa kompressorning o‘rta bosim korpusiga va oxirgi kompressorning yuqori bosim korpusiga yuboriladi. Azot-vodorod aralashmasi kompressorning past bosimli korpusini 2-seksiyasidan so‘ng havoli (6) va ammiakli (7) sovitgichlarda, kompressorning o‘rta bosim korpusidan keyin esa faqat havoli sovitgich (6) da sovitiladi.

Azot-vodorod aralashmasi kompressorning yuqori bosimli korpusida ammiak sintezi jarayoni bosimigacha siqiladi. Azot-vodorodli kompressor quvvati 31,4 ming kW bo‘lgan bug‘li turbina orqali harakatga keltiriladi.

Kompressorning har bir korpusidan azot-vodorod aralashmasini chiqib ketishiga yo‘l qo‘ymaslik uchun kompressorning uchala korpusidagi aylanma silindrik o‘q — val har qaysi tomondan (so‘rish va siqish tomonlardan) labirintli zichlagichlarga hamda moyli to‘siq asosida ishlovchi maxsus moyli salnikli zichlagichlarga egadir.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Gazlarni siqishda ajralib chiqadigan issiqlik qanday olib tashlanishini tushuntirib bering.
2. Nima uchun yirik tonnalik ammiak ishlab chiqaruvchi hozirgi zamon qurilmalarida porshenli kompressorlar o‘rniga markazdan qochmali kompressorlar ishlatiladi?
3. Markazdan qochma kompressorning ishlash prinsipini tushuntiring. Nima uchun yuqori bosimli kompressorlar tarkibi o‘nlab ishchi g‘ildiraklari bo‘lgan bir qancha korpuslardan iborat?

## 8-BOB

### AMMIAK SINTEZI

#### 8.1. AMMIAKNING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARI, QO'LLANISHI VA NAVLARI

Ammiakning kimyoviy formulasi  $\text{NH}_3$  bo'lib, uning molekular og'irligi 17,0304 uglerod birligiga teng bo'lib, u normal sharoitda bo'g'uvchi o'tkir hidli rangsiz gaz bo'lib, ko'zning shilliq pardalariga yallig'lanuvchi ta'sir etadi. Suyuq ammiak 239,81 K temperaturada va 0,1 MPa bosimida qaynaydi, 195,25 K da esa u qota boshlaydi. Ammiak suvda yaxshi eriydi. 293 K temperaturada bir hajm suvda 700 hajm gaz holdagi ammiak eriydi va quyidagi kimyoviy reaksiya ketishi hisobiga suvli ammiak (ammiakli suv) hosil qiladi:



Amaliyotda ammiakli suv deb  $\text{NH}_4\text{OH}$  ning 25 (mas.) % lik eritmasi tushuniladi.

Ammiak oddiy temperaturada barqarordir, ammo 1473 K dan yuqori temperaturalarda ammiak azot va vodorodga parchalana boshlaydi. Lekin katalizator ishtirokida ammiakni dissotsiatsiyalanishi 573 K dan oq kuzatiladi. Ammiakning reaksiyaga kirishish qobiliyati juda yuqoridir. Kislotalar bilan tuzlar hosil qiladi. Masalan, sulfat kislotasi bilan ammoniy sulfatini hosil qiladi:



Ammiak uglerod dioksidi bilan karbamidni  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  hosil qiladi, ammo platinali va boshqa bir qancha katalizatorlar ishtirokida esa ammiak azot monooksidi (NO)gacha oksidlanadi.

Kimyo sanoatida ammiak asosan nitrat kislotasi ( $\text{HNO}_3$ ) va bir qator mineral o'g'itlar — ammoniy selitrası  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , karbamid  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , ammoniy sulfati  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , murakkab o'g'itlar va boshqa xildagi mahsulotlar ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. Suyuq ammiakning o'zi yuqori konsentrlangan (ammiak tarkibidagi bog'langan azot miqdori 82,3% dan ko'proqni tashkil etadi) azotli o'g'itdir. Ammiak shu bilan bir qatorda kaprolaktam, sinil kislotasi, soda, portlovchi moddalar, har xil texnik tuzlar ishlab chiqarishda qo'llanadi va sovuqlik hosil qilishda ham ishlatiladi. Ammiak organik sintez mahsulotlarini ishlab chiqarishda ham keng qo'llaniladi. Ma'lum bir sharoitlarda ammiakli havo bilan aralashmasi portlash xususiyatiga ham ega.

Suyuq ammiak GOST 6221-82 talablari bo'yicha quyidagi uch markada ishlab chiqariladi:

«A» markalisi — azotlashtirish uchun, sovitish agenti sifatida qo'llash uchun hamda himoya atmosferalarini hosil qilish uchun.

«Ak» markalisi — eksport uchun va magistral ammiak — o'tkazgichlar bo'yicha tashish uchun.

«B» markalisi — har xil o'g'itlarga qayta ishlash uchun hamda qishloq xo'jaligida to'g'ridan to'g'ri azotli o'g'it sifatida qo'llash uchun.

Iste'molchilar bilan kelishilgan holda suyuq ammiakning yuqorida ko'rsatilgan har qanday markalisi xalq xo'jaligi tarmoqlarida va eksport uchun qo'llashga ruxsat etiladi.

Suyuq ammiak quyidagi (8.1-jadval) normalarga mos kelmog'i kerak.

8.1-jadval

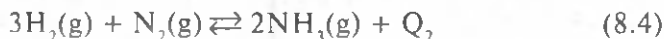
### SUYUQ AMMIAKKA GOST 6221-82 TOMONIDAN QO'YILGAN TALABLAR

Ko'rsatkichlar	Markalar uchun normalar		
	«A»	«Ak»	«B»
1	2	3	4
Miqdorlar:			
ammiak, %, kamida	99,96	99,96	99,96
azot, %, kamida	—	82	82
suv*, %, ko'pi bilan	0,04	0,2	0,4
moylar, mg/dm <sup>3</sup> , ko'pi bilan	2	2	8
temir, mg/dm <sup>3</sup> , ko'pi bilan	1	1	2
umumiy xlor, mg/kg, ko'pi bilan	—	0,5	—
uglerod dioksidi, mg/kg, ko'pi bilan	—	30±10	—

\* Hajmiy usul bilan aniqlanganda (bug'latilgandan so'nggi qoldiq).

### 8.2. JARAYONNING NAZARIY ASOSI

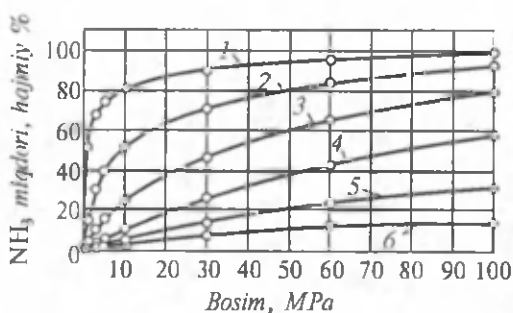
Ammiakni elementar azot va vodoroddan hosil bo'lishi quyidagi reaksiya bo'yicha yuqori bosim va temperaturada kechadi:



Bu reaksiya amaliy qaytar bo'lib, hajmni anchagina torayishi (4 hajm vodorod va azotdan 2 hajm ammiak hosil bo'lyapti) va katta miqdorda issiqlik chiqishi bilan boradi: Le-Shatelye prinsipiga binoan bosimni oshirilganda va temperaturani pasaytirilganda reaksiya muvozanati ammiak hosil bo'lishi tomoniga siljiydi. Temperatura doimiyligida bosimni oshirilishi vodorod va azot aralashmasida ammiakning muvozanat sharoitidagi miqdorini oshishiga olib keladi. Stexiometrik tarkibdagi azot-vodorod aralashmasi uchun ammiak sintezi jarayoni muvozanat doimiysi  $K_{m.d.}$  ning ma'lum miqdorlarida, quyidagi tenglamadan foydalanib, har xil temperaturalar uchun ammiakni muvozanatdagi konsentratsiyalarini aniqlash mumkin:

$$K_{m.d.} = \frac{P_{H_2}^{3/2} \cdot P_{N_2}^{1/2}}{P_{NH_3}} \quad (8.3)$$

Ammiak chiqishini muvozanatdagi gaz aralashmasi temperaturasi va bosimiga bog'liqligi 8.1-rasmda keltirilgan. Ammiak sintezi jarayonida bosimning ortishi, temperaturaning esa pasaytirilishi muvozanat sharoitida ammiak chiqishini ortishiga olib kelishi ushbu rasmdan yaqqol ko'rinib turibdi. Agarda ammiak sinteziga yuborilayotgan azot-vodorod aralashmasining tarkibi stexiometrik tarkibdan o'zgarsa, ammiakni muvozanatdagi konsentratsiyasini keskin kamayishiga olib keladi. Xuddi shuning uchun sanoat sharoitlarida stexiometrik tarkibdagi azot-vodorod aralashmasini hosil qilishi talab etiladi. Ammo sanoat qurilmalarida hosil qilinayotgan azot-vodorod aralashmasi tarkibida inertli aralashmalar deb ataluvchilar — metan, argon va boshqalar ham bordir. Ular reaksiyaga kirishmaydilar, lekin azot-vodorod aralashmasini suyultiradilar va mos ravishda ammiakning muvozanatdagi konsentratsiyasini pasaytiradilar. Buni quyidagi 8.2-jadvaldan ham 29,4 MPa bosim va 773 R temperatura uchun ko'rish mumkin.



8.1-rasm. Ammiak chiqishining muvozanatdagi gaz aralashmasi temperaturasi va bosimiga bog'liqligi:

- 1 — (473 K) da; 2 — (573 K) da;  
 3 — (673 K) da; 4 — (773 K) da;  
 5 — (873 K) da; 6 — (973 K) da.

## AMMIKNING MUVOZANATDAGI KONSENTRATSIYASI

T/r	Ko'rsatkichlar	O'lchov birligi	Miqdorlar			
			4	5	6	7
1.	Inert aralashmalar miqdori	%	0	5	10	20
2.	Ammiakning muvozanatdagi konsentratsiyasi	%	26,4	24,0	21,6	17,7

Ammiak sintezi reaksiyasining issiqlik effekti jarayonning bosimi va haroratiga bog'liqdir. Quyidagi 8.3-jadvalda temperatura 773 K va har xil bosimlar uchun issiqlik effektining miqdorlari keltirilgan.

## AMMIK SINTEZI REAKSIYASINING ISSIQLIK EFFEKTI MIQDORLARI

T/r	Ko'rsatkichlar	O'lchov birligi	Miqdorlar				
			4	5	6	7	8
1.	Bosim	MPa	0,1	10	30	60	100
2.	Issiqlik effekti	kJ/kmol kkal/kmol	49820	52040	55770	60960	68660
			11900	12430	13320	14560	16400

## 8.3. AMMIK SINTEZI JARAYONIDA QO'LLANILADIGAN KATALIZATORLAR

Sanoat sharoitlarida ammiak sintezi jarayoni yuqori bosimlarni va nazariy asoslaridan farqli o'laroq, sintez jarayonining tezligini oshirish maqsadida nisbatan yuqori temperaturalarni qo'llash bilan olib boriladi. Ammo, bunday sharoit ham sintez jarayoni tezligini sezilarli darajada oshirishga olib kelmaydi. Bunga asosiy sabablardan biri ammiak sintezi reaksiyasining faollanish energiyasining kattaligidir. Bunday energiyani pasaytirish va buning natijasida jarayon tezligini oshirishga erishish maqsadida hozirgi zamon ammiak sintezi qurilmalarida bir qator katalizatorlar qo'llaniladi. Ular qatoriga temir, osmiy, ruteniy, molibden va boshqalar kiradi. Bular orasidan sanoat miqyosida eng ko'p qo'llaniladiganlari qatoriga temir katalizatori kiradi, chunki bunday katalizatorlar uzoq vaqt ishlatilishi davrida

o'zining yuqori faolligini saqlay olishligi, arzonligi, oson tayyorlash mumkinligi va azot-vodorod aralashmasidagi kichik konsentratsiyalardagi zaharli moddalarga chidamliligi bilan boshqa katalizatorlardan ajralib turadi. Katalizatorlar tarkibiga unchalik katta bo'lmagan miqdordagi aktivator (promotor) larni qo'shish bilan ular faolligi sezilarli darajada oshadi. Bunday moddalardan biri bo'lmish  $Al_2O_3$  qo'shilsa sintez jarayonidagi yuqori temperaturalarda ham barqaror yuqori rivojlangan yuzaga ega bo'lgan katalizator ishlab chiqarishga olib keladi.  $K_2O$  va  $CaO$  kabi qo'shimchalar esa katalizatorning nisbiy (yuza birligi) faolligini oshiradi. Aluminiy oksidi katalizator yuzasida ammiakni adsorbsiya qilishi mumkin.  $K_2O$  esa, aksincha, hosil bo'layotgan ammiakni katalizator yuzasidan chetlatishga xizmat qiladi.

#### 8.4. KATALIZATORLARNI TAYYORLASH

Katalizatorlarni metall holdagi temirdan yoki tabiiy magnitli rudadan yoxud sun'iy magnezitdan tayyorlanadi. Ishlatiladigan xomashyoning sifati ma'lum talablarni qondirmog'i lozim. Ma'lumki, xomashyo tarkibida 0,02% oltingugurt bo'lsa, katalizatorning aktivligi 15% ga pasayib ketishi mumkin, katalizator sifatiga xomashyodagi fosfor, mis va boshqa aralashmalar ham sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi.

Katalizatorni talab darajasida sifatga ega bo'lgan metall holdagi temirni asetilen-kislorodli alangada 1873 K da 1,5 soat mobaynida aluminiy oksidi va kaliy oksidlaridan iborat aktivatorlarni qo'shib eritib tayyorlanadi. Ilmiy izlanishlar asosida aniqlandiki, katalizator tarkibidagi  $Al_2O_3$  ning miqdori 4% dan oshmasligi kerak ekan. Yana shu ham aniqlandiki, agarda katalizator tarkibida  $CaO$  ning miqdori 2,5—3% dan oshib ketsa katalizatorning termik chidamliligi pasayar ekan.

Temirli katalizatorlarni ular tarkibiga uchta aktivatorlar —  $Al_2O_3$ ,  $K_2O$  va  $CaO$ , yoki to'rtta aktivatorlarni (to'rtlamchi promotirlangan) to'rtinchisi  $SiO_2$  ni qo'shib ishlatiladi. To'rtlamchi promotirlangan katalizatorlar katalitik zaharlarga anchagina chidamli bo'lsalar-da, ammo toza azot-vodorod aralashmasi bilan ishlaganda ularning aktivligi uchlamchi promotirlangan katalizatorlarga qaraganda birmuncha pastroqdir. Kislorod oqimida 30 daqiqa davomida avval  $CaO$ , so'ngra esa  $K_2CO_3$  qo'shib oksidlanadi. Tarkibida  $Fe_3O_4$  va aktivatorlari bo'lgan oksidlangan massani oldin sovitib, so'ng maydalanadi, elab, fraksiyalarga ajratiladi. Ulardan kerakli granulometrik

tarkibdagilari katalizator sifatida ajratib olinadi, mayda fraksiyalari esa qaytadan eritish uchun elektr o'choqqa yuboriladi.

Katalizatorni rudadan tayyorlashda avvalambor uni maydalaydilar, so'ng kukunga aylantiriladi va magnitli separatsiya yordamida magnitlanmaydigan aralashmalardan ( $\text{SiO}_2$  va boshqalardan) ajratib olinadi. Shunday usul bilan boyitilgan rudaning zarrachalari elektrli o'choqda eritiladi, so'ng qotishma oksidlanadi. Hosil qilingan massa, sovitiladi, maydalanadi, fraksiyalar bo'yicha elanadi va mayda fraksiyalar qaytadan eritish uchun qaytarib yuboriladi.

Oxirgi yillarda deyarli sferik (yumaloq) shaklga ega bo'lgan granula (dona-dona) ko'rinishdagi katalizatorlar ham ishlab chiqarilmoqda. Bunday katalizatorlar kichik gidravlik qarshilikka, sintez minorasida past darajada qirilish xususiyatlariga ega bo'lib, natijada azot-vodorod gazi aralashmasi katalizator changi bilan unchalik kuchli darajada ifloslanmaydi. Katalizatorni dona holda olish uchun erib turgan massani tezlik bilan sovitish kerak, buning uchun qotishma yuqorida ko'rsatib o'tilgan aktivatorlari bor bo'lgan suyuqlikka purkab beriladi. Bunday yo'l bilan olingan granula holdagi katalizatorlarda maydalab olingan katalizatorga nisbatan promotolar deyarli bir tekisda tarqatilgan bo'ladi.

Shuni ta'kidlamog kerakki, temir katalizatori xoh maydalangan, xoh granula holatida olinishidan qat'iy nazar, u oksid holda bo'ladi. Ammo, ammiak sintezi uchun esa katalizator qaytarilgan shaklda bo'lmog'i kerak. Qaytarilmagan katalizatorlarning 90% ni  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan biroz ortiqcha bo'lgan  $\text{FeO}$  dan iborat magnetit tashkil etadi. Qaytarish bosqichi juda muhim jarayon bo'lib, katalizator aktivligini asosan hal qiladi.

Katalizatorni qaytarilishi temir oksidlari bilan vodorodning o'zaro ta'sirini ifodalovchi quyidagi reaksiyadan iboratdir:



Yuqoridagi reaksiyada qaytaruvchi sifatida azot-vodorod aralashmasidan foydalaniladi.

Yaqin vaqtlarga qadar katalizatorni qaytarish jarayoni ammiak sintezi minorasida olib borilgan. Buning uchun katalizator 623 K — 673 K gacha, ya'ni uni qaytarishni boshlash temperaturasigacha qurilma bo'ylab aylanib yuruvchi, ammiak sintezi minorasining ichiga o'rnatilgan gazli isitgichda qizdirilgan azot-vodorod aralashmasi bilan qizdirilar edi.

Katalizatorni qizdirish va qaytarish jaryoni 5—10 MPa bosimda va 5000—10000 soat<sup>-1</sup> hajmiy tezlikda olib boriladi.



Qaytarish jarayonida temperaturani ko'tarish juda sekinlik bilan olib boriladi va bir vaqtning o'zida hosil bo'layotgan suv miqdori va ammiak konsentratsiyasi nazorat qilib turiladi. Katalizatorni qizdirish va qaytarish jarayoni 7 kunni tashkil qiladi.

Oxirgi yillarda katalizatorni qaytarish jarayonini ammiak sintezi minorasidan tashqarida o'rnatilgan maxsus qurilmalarda olib borilyapti, bunday qurilmalarda yuqori hajmiy tezlikka ega bo'lgan gazni qo'llash natijasida qaytarish jarayoni muddati 3—4 kungacha qisqartirilishiga erishilgan; so'ngra qaytarilgan katalizator azotlashtirilgan hamda 473 K da passivlashtirilgan va idishlarga joylashtirilgan.

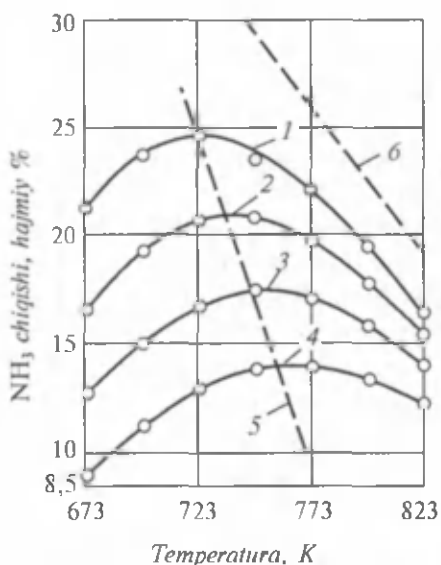
Sobiq SSSR da asosan CA-1 markadagi quyidagi fraksiyalardagi maydalangan holda: 3—5; 5—7; 7—10; 10—15; granula holda: 1—3; 3—5; 5—7; 7—10 mm larda bo'lgan temir katalizatorlari ishlatilgan. Hozirgi vaqtda Respublikamizda bog'langan azot ishlab chiqarish korxonalarida CB-1 markadagi qaytarilgan temir katalizatorlari ishlatiladi.

## 8.5. SANOAT KATALIZATORLARINING ISHLASH SHAROITLARI

Hozirgi vaqtda azot sanoatida ishlatilayotgan katalizatorlar 723 K — 793 K lardagina yuqori aktivlikka ega. Undan past temperaturalarda ammiak sintezi reaksiyasi tezligi kamaya boshlaydi va 623 K dan past temperaturalarda juda ham kamayib ketadi.

Katalizatorning maksimal aktivligiga mos temperaturada ammiakning muvozanatdagi konsentratsiyasini baland miqdori 100 MPa va undan yuqoriroq bosimda erishiladi. Ammo bunday bosimga chidaydigan jihozni tayyorlash juda murakkab bo'lib, u yuqori narxga ega bo'lishi va azot-vodorod aralashmasini 100 MPa gacha siqish uchun sarflanadigan energiyaning kattaligi bilan ajralib turadi. Shu nuqtayi nazardan 30—32 MPa ga ega bo'lgan bosim foydali deb hisoblanadi. Muvozanatga yaqinlashgan sari reaksiyaning tezligi to'satdan pasayib ketadi, shuning uchun sanoat sharoitlarida hosil bo'layotgan ammiakning miqdori muvozanatdagi miqdorning 50% dan ko'p bo'lmaydi. Shu bilan birga sintez gazni ammiak sintezi minorasining katalizatorli qismida bo'lishi sekundlar bilan o'lchanadi.

Katalizatorga berilayotgan yuklama haqida gaz aralashmasining hajmiy tezligi bo'yicha fikr yuritish mumkin: hajmiy tezlik qanchalik yuqori bo'lsa, katalizatorli qismda gaz aralashmasini bo'lish vaqti shunchalik kam bo'ladi va shu sababli doimiy bosim hamda temperaturada ammiakning erishilayotgan konsentratsiyasi ham past bo'la-



8.2-rasm. 30 MPa bosimda ammiak chiqishini hajmiy tezlik ( $W$ ) va temperaturaga bog'liqligi:

1 —  $W = 15000$  soat<sup>-1</sup> da;

2 —  $W = 30000$  soat<sup>-1</sup> da;

3 —  $W = 60000$  soat<sup>-1</sup> da;

4 —  $W = 120000$  soat<sup>-1</sup> da;

5 — optimal temperaturalar egri chizig'i; 6 — muvozanat chizig'i.

dorligi umuman olganda ortadi, chunki bu vaqtda katalizatorning hajm birligi orqali o'tayotgan gazning miqdori ortib boradi. Ammo gaz aralashmasida ammiak konsentratsiyasini kamayishi uni gaz aralashmasidan ajratib olish jarayonini murakkablashtiradi, ya'ni issiqlik almashtirgich va separatorlarning tashqi o'lchamalarini ortishiga olib keladi, suv va gaz aralashmasini sovitish uchun ishlatiladigan bug'lantiriladigan ammiak sarflarini ortishiga va gaz aralashmasini butun qurilma bo'ylab sirkulatsiyasining ham ortishiga olib keladi. Shuning uchun ham qo'llanayotgan bosimga qarab gaz aralashmasining tegishli hajmiy tezligi qo'llanadi. Ammiak sintezi jarayonidagi 30—32 MPa bosim uchun hajmiy tezlik 25—30 ming soat<sup>-1</sup> ga teng. Bundan yuqori bosimlar uchun gaz aralashmasining optimal hajmiy tezligi ham nisbatan yuqoriroq bo'ladi. Yuqori aktivlikdagi katalizatorlar va mukammalroq jihozlar uchun qo'llanadigan optimal hajmiy tezlik miqdori ham ortadi.

di. Doimiy hajmiy tezlikda bosim qanchalik yuqori bo'lsa, hosil bo'layotgan ammiakning konsentratsiyasi ham yuqori bo'ladi.

30 MPa bosimda ammiak chiqishini hajmiy tezligi va temperaturasiga bog'liqligi 8.2-rasmida keltirilgan. Azot-vodorod gazi aralashmasida hosil bo'layotgan ammiakning maksimal konsentratsiyasiga mos keluvchi temperaturani optimal temperatura deb ataladi. Rasmdan ko'rinib turibdiki, har xil hajmiy tezliklar uchun optimal temperatura bir xil emas va u 723 K — 763 K atrofidadir. Katalizatorli qismda bunday temperaturalariga erishish uchun ammiak sintezi minorasi ichida g'ilof yaratishga harakat qilinadi.

Garchand hajmiy tezlik ortishi bilan katalizatoridan keyin ammiak konsentratsiyasi kamaysa ham, katalizatorning unum-

## 8.6. AMMIK SINTEZIDA QO‘LLANADIGAN KATALIZATORLARNING ZAHARLANISHI

Ammiak sintezi uchun ishlatiladigan azot-vodorod tarkibida juda ham kam miqdordagi gazsimon aralashmalar bo‘lishi mumkin, ulardan ayrimlari sintez jarayonida ishlatiladigan katalizatorlarga zaharli modda sifatida ta‘sir etadi va ular katalizatorning zaharlari deb ataladi. Gaz aralashmalarining ayrimlari katalizatorga qaytmas ta‘sir etadi, ya‘ni katalizator toza azot-vodorod aralashmasi bilan ishlashga o‘tkazilganda katalizatorning dastlabki aktivligiga erishib bo‘lmaydi. Bunday katalitik zaharlarga tarkibida oltingugurt, fosfor, mishyak birikmalari bo‘lgan birikmalar kiradilar.

Azot-vodorod aralashmasini tarkibida kislorodi bor bo‘lgan birikmalar — suv bug‘i, uglerod monooksidi va dioksidi, shuningdek, kislorod ham katalizatorni zaharlashiga olib keladi. Ammo, tarkibida bunday moddalar bo‘lmagan toza azot-vodorod aralashmasi qo‘llanganda katalizatorning aktivligi qisman qayta tiklandi. Tarkibida kislorodi bo‘lgan moddalar katalizatorga qanchalik ko‘p vaqt ta‘sir etsa va ularning konsentratsiyasi qanchalik yuqori bo‘lsa, katalizatorning aktivligi shunchalik tez pasayadi. Kichik miqdordagi yuqorida ko‘rsatib o‘tilgan moddalar bilan 773 K — 823 K larda katalizatorni dezaktivatsiyasi (aktivligini pasayishi) nisbatan katta emasdir, ammo bundan pastroq temperaturalarda dezaktivatsiya jarayoni ulg‘ayib ketadi.

Porshenli kompressorlarda yoki porshenli sirkulatsiya nasoslarida siqilayotgan azot-vodorod aralashmasi surkovchi moylar bug‘lari bilan ifloslanadilar. Ular, ayniqsa past temperaturalarda katalizatorni zaharlaydi. Amaliyotda sintez minorasiga kirayotgan 1 m<sup>3</sup> azot-vodorod aralashmasidagi zaharlar miqdori odatda 10—20 sm<sup>3</sup> (CO + CO<sub>2</sub>) dan oshmaydi.

## 8.7. SIRKULATSIYA GAZLARI ARALASHMASIDAN AMMIKNI AJRATIB OLISH

Sanoat sharoitida katalizator orqali o‘tayotgan azot-vodorod aralashmasining faqat bir qismigina ammiakka aylanadi. Shuni ta‘kidlab o‘tish kerakki, hosil bo‘layotgan ammiak azot-vodorod aralashmasidek gaz holatida bo‘lib, ammiakni gaz aralashmasidan ajratib olishni murakkablashtiradi. Amaliyotda gaz aralashmasidan ammiakni ajratib olish uchun tarkibida ammiak gazi bo‘lgan aralashmani ammiakni suyuqlanish temperaturasi gacha sovutiladi. Ammiakni gaz aralashmasidan to‘liq kondensatsiyalashga erishish nazariy jihatdan mumkin

bo'lsa-da, amaliyotda bunga yo'l qo'yib bo'lmaydi, chunki bu jarayon iqtisodiy jihatdan anchagina qimmatga tushishi mumkin. Shuning uchun ham hosil bo'lgan ammiakning bir qismi gaz aralashmasida gaz holatida qolib ketadi. Quyidagi 8.4-jadvalda tarkibida inert gazlari bo'lgan azot-vodorod aralashmasidagi to'yinish holatidagi ammiakning konsentratsiyasi 30 MPa bosim va har xil temperaturalar uchun berilgan.

8.4-jadval

**TO'YINISHI HOLATIDAGI AMMIAKNING AZOT-VODOROD ARALASHMASIDAGI KONSENTRATSIYASINI TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGI**

T/r	Ko'rsatkichlar	O'lchov birligi	Miqdorlar							
			253	263	273	278	283	288	293	298
1.	Temperatura	K	253	263	273	278	283	288	293	298
2.	Ammiak konsentratsiyasi	(h) %	1,5	2,15	3,2	4,0	4,75	5,5	6,2	7,3

Bu jadvaldan ko'rinib turibdiki, ammiak sintezi 30 MPa bosimda amalga oshirilganda gaz aralashmasini 268 K — 273 K gacha sovitish samaraliroq ekan. Buning uchun azot-vodorod aralashmasini suvli yoki havoli sovitishdan tashqari 263 K — 258 K temperaturalarda qaynaydigan ammiak bilan ham sovitiladi. Kattaroq (60—100 MPa) bosimlarda ishlaydigan ammiak sintezi qurilmalarida hosil bo'lgan ammiakni azot-vodorod aralashmasidan ajratib olish uchun havoli yoki suvli sovitishlarni qo'llashning o'zi yetarlidir. Reaksiyaga kirisha olmay qolgan azot-vodorod aralashmasi tarkibdagi ajratib olinmay qolingan nisbatan kichik miqdordagi ammiak qoldig'i bilan yana qaytadan ammiak sinteziga qaytariladi, aks holda, ya'ni bu azot-vodorod va ammiak aralashmasini atmosfera havosiga tashlab yuborish iqtisodiy va ekologik jihatdan mumkin emasdir, chunki bu azot-vodorod aralashmasi tannarxi nisbatan qimmat va katta miqdorda bo'lib, uni tashlab yuborish esa atmosfera havosini nafaqat azot, balki vodorod va ammiak bilan ma'lum darajada ifloslanishiga, bu esa portlovchi aralashmalar hosil qilishga, ammiak esa o'simlik va hayvonot dunyosini zaharlanishiga olib kelishi mumkin.

**8.8. AMMIAK SINTEZI QURILMALARINING TEXNOLOGIK TIZIMLARI**

Elementar azot va vodoroddan ammiak sintezi jarayoni amaliy qaytar bo'lib, hajm torayishi bilan kechadi. Shu munosabat bilan

reaksiya muvozanatini o'ng tomonga, ya'ni ammiak hosil bo'lishi tomonga siljitish uchun bosim qo'llash tavsiya etiladi. Hozirgi vaqtda, amaliyotda ammiakni sintez qilish agregatlari qo'llanadigan bosimga qarab shartli ravishda uch guruhga bo'linadi: past bosimda (10—20 MPa), o'rta (25—36 MPa) va yuqori (45—100 MPa) bosimda ishlaydigan agregatlar.

MDH davlatlari kimyo sanoati korxonalarida ammiak sintezi, asosan, o'rta bosimda ishlaydigan agregatlarda amalga oshiriladi. Shular bilan birga bir qancha yuqori bosimda ishlaydigan agregatlar ham qo'llanadi. Dunyo miqyosida ham asosan, o'rta bosimda ishlaydigan qurilmalar keng tarqalgan. Qo'llanadigan bosim miqdori-dan qat'iy nazar har bir agregat tarkibiga quyidagi jihozlar kiradi: sintez minorasi, issiqlik almashtirgichlar, kondensatsion minora, azot-vodorod aralashmasidan suyuq ammiakni ajratib olish uchun separatorlar va reaksiyaga kirishmay qolgan azot-vodorod aralash-masini yana qaytadan ammiak sintezi minorasiga qaytarib berish uchun xizmat qiladigan sirkulatsiya kompressori yoki injektorlar.

Ammiak sintezi agregatining asosiy apparatlaridan biri — bu ammiak sintezi minorasidir. Bu apparat ikki qismdan iborat:

- 1) katalizator joylashtiriladigan katalizatorli quticha;
- 2) katalizator orqali o'tgan azot-vodorod va katalizatorli qutichada hosil bo'lgan ammiakdan iborat gaz aralashmasi olib ketayotgan ammiak sintezi reaksiyasi issiqligi hisobiga sirkulatsiya gaz aralash-masini ammiak sintezi boradigan temperaturagacha qizdirib beruv-chi issiqlik almashtirgichdan iborat.

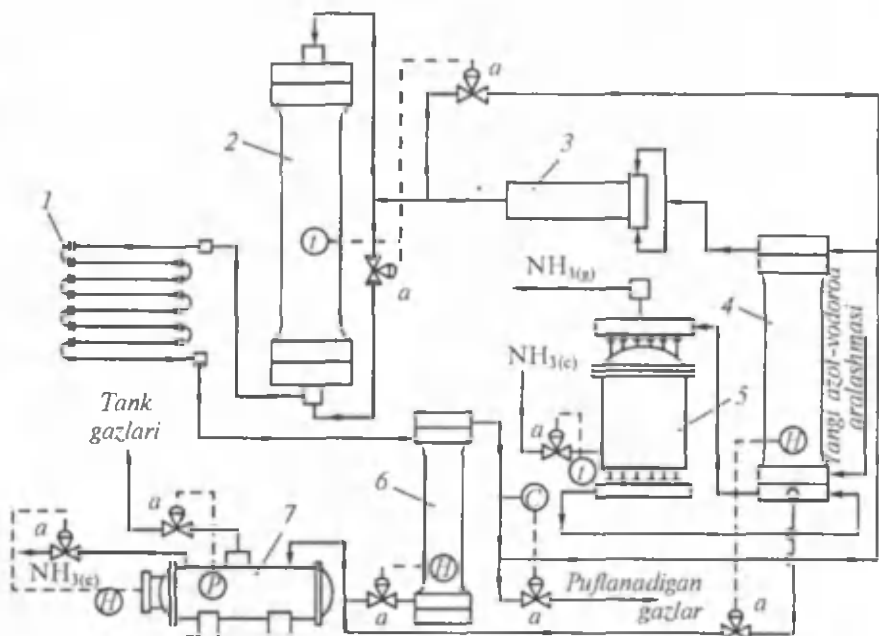
Katalizator qutisining ko'pgina konstruksiyalarida katalizator qat-lamida issiqlik almashtiruvchi quvurchalar joylashtirilgan. Bu quvur-chalar yordamida ammiak sintezi jarayoni issiqligi qutidan shu miqdorda olib chiqib ketiladiki, qutidagi katalizator optimal tempera-turaga yaqin sharoitlarda ishlasin. Kerakli miqdorda issiqlik almash-tirgich yuzaning bo'lishi ammiak sintezi minorasini tashqaridan issiqlik olib kelmay ishlashini ta'minlamoqda. Bu apparatlarda reak-sion issiqlik rekuperatsiya qilinadi. Ammiak sintez minoralarining eng yangi konstruksiyalarida reaksiya issiqligini nafaqat sirkulatsiya gazini nisbatan kerakli temperaturagacha qizdirishga, balki yuqori energetik o'lchamlarga ega bo'lgan suv bug'i yoki suv bug'i ishlab chiqarish uchun ishlatiladigan suvni isitib berishga ham sarflanishi ta'minlanadi. Ammiak sintezi ketishi uchun avvalambor azot-vodorod (sirkulatsiya) gazini qizdirishdan tashqari, katalizatorni ham kerakli temperaturagacha qizdirish kerak. Buning uchun ammiak sintezi minorasining ichiga o'rnatilgan elektr isitgich yoki tashqi gazli isit-gichdan foydalaniladi.

Azot-vodorod aralashmasidan hosil bo'lgan ammiakni ajratib olish uchun, yuqorida aytib o'tilganidek, katalizator qutisidan chiqayotgan azot-vodorod aralashmasini sovitish kerak. Buning uchun ammiak sintezi eski qurilmalarida aylanma suv va suyuq ammiak qo'llanar edi. Hozirgi zamon yangi qurilmalarida esa bu maqsadlar uchun atmosfera havosi va suyuq ammiak ishlatiladi.

Reaksiyaga kirisha olmay qolgan azot-vodorod aralashmasini unumdordligi kuniga 1360 t ammiak ishlab chiqaradigan agregatlarda agregatning asosiy apparati — sintez minorasiga qaytarishni, ya'ni azot-vodorod aralashmasini butun agregat bo'ylab sirkulatsiya qildirishni azot-vodorod aralashmasining markazdan qochma kompressor korpusi ichiga o'rnatilgan sirkulatsiya g'ildiragi amalga oshiradi. Bu g'ildirak bosimni 3 MPa ga oshirish uchun xizmat qiladi. Eng kichik ammiak sintezi qurilmalarida esa bu maqsadlar uchun dastlabki vaqtlarda ishlatilgan porshenli kompressorlar o'rniga markazdan qochma sirkulatsiya kompressorlari o'rnatilgan. Porshenli kompressorlar gaz aralashmasini porshen bilan silindr orasiga surkaluvchi moy bug'lari bilan ifloslantirishga olib keladi. Ulardan gazni tozalash va porshenli kompressorlarni ekspluatatsiya qilish va ta'mirlash nisbatan katta sondagi mutaxassislarni talab etadi.

### 8.9. MARKAZDAN QOCHMA SIRKULATSIYA KOMPRESSORLI AMMIK SINTEZI AGREGATI

Tarkibida 86% azot va vodorod, 3,5—4,0% ammiak va 10—10,5% metan hamda argondan iborat sirkulatsiya gazlari aralashmasi 32 MPa bosimda ammiak sintezi minorasi (2) ga (8.3-rasm) yuboriladi. U apparatda 20000—25000 soat<sup>-1</sup> hajmiy tezlikda va 723 K — 793 K temperaturada ammiak hosil bo'ladi. Tarkibida 73,5—74% azot va vodorod, 15—15,5% ammiak va 11—11,5% metan va argondan iborat sirkulatsiya gazlari aralashmasi sintez minorasidan 433 K — 443 K da chiqadi va suvli kondensator (1) ga 298 K — 308 K gacha sovitish uchun yuboriladi. Gaz aralashmasi kondensator (1) ning quvurlaridan o'tkazilib, u yerda sintez minorasi (2) da hosil bo'lgan ammiakning asosiy qismi kondensatlanib, separator (6) ga yuboriladi. U apparatda kondensatlangan (ya'ni, suyuqlikka o'tgan) ammiak gaz aralashmasidan ajratiladi va bu ammiak 1,6 MPa gacha drossellanib, suyuq ammiak to'plagichi (7) ga quyiladi, u yerdan esa «tank» deb ataladigan idishlardan iborat ammiak omborxonasiga yuboriladi. Suyuq ammiakni drossellamasdan avval yuqori bosimda fizik erigan bir qism gazlar:



8.3-rasm. Markazdan qochma sirkulatsiya kompressorli ammiak sintezi agregatining texnologik tasviri.

1 — suvli kondensator; 2 — sintez minorasi; 3 — markazdan qochma sirkulatsiya kompressori; 4 — kondensatsion minorasi; 5 — bug'latgich; 6 — separator; 7 — suyuq ammiak to'plangichi; *a* — boshqaruvchi klapanlar; *t* — temperatura o'lchagichlar; *N* — past-balandlik darajasini o'lchagichlar; *R* — bosim o'lchagichlar; *c* — tartib boshqaruvchi.

Azot, vodorod, metan, argon, ammiakning bir qismi hamda yangi azot-vodorod aralashmasi bilan ammiak sintezi qurilmasiga kirib qolgan uglerod monooksidi va dioksidlarining qoldiqlari ajralib chiqadi. Sirkulatsiyadagi gaz aralashmasi separator (6) dan keyin sovitishni davom ettirish va gaz aralashmasida qolgan ammiakning yana bir qismini kondensatsiyalanishga erishish maqsadida kondensatsion minorasi (4) ga yuboriladi. Uning yuqorigi qismida issiqlik almash-tirgich joylashtirilgan bo'lib, uning pastki qismi esa separator vazifa-sini o'taydi. Kondensatsion minoraning issiqlik almash-tirgichi so'ngra esa bug'latgich (5) orqali o'tayotgan sirkulatsiyali gaz aralashmasi bug'latgich (5) ning quvurlararo fazosida qaynayotgan suyuq ammiak sovug'i hisobiga 268 K — 263 K gacha sovutiladi va bu vaqtda gaz aralashmasidagi ammiakning yana bir qismi kondensatlanadi. Gaz aralashmasi kondensatlantirilgan ammiak bilan birga kondensatsion minorasi (4) ning separator qismiga yuboriladi. U yerda kondensatlan-

gan ammiak gaz aralashmasidan ajratiladi. Bu ajratilgan suyuq ammiak 1,6 MPa gacha drossellanib, suyuq ammiak yig'gichi (7) ga quyiladi, u yerdan esa omborxonaga yuboriladi.

Kondensatsion minora (4) ning separator qismida to'plangan suyuq ammiak qatlamiga bosimi 32 MPa ga teng bo'lgan yangi azot-vodorod gazi aralashmasi berildi. Bu gaz aralashmasi tarkibida azot va vodoroddan tashqari, 1% ga yaqin metan va argon, suv bug'i, uglerod monooksidi va dioksidlari bordir. Yangi gaz aralashmasi suyuq ammiak orasidan barbotajlab o'tayotganida gaz tarkibidagi suv bug'i va uglerod dioksidi sovib kristallanadi va bu katalitik zaharlar suyuq ammiakda ushlab qolinadi, so'ngra bu yangi gaz aralashmasi bug'latgich (5) dan chiqayotgan sirkulatsiya gazi aralashmasi bilan qo'shilishib, kondensatsiya minorasining issiqlik almash-tirgichga yuboriladi; u yerda o'z sovug'ini sirkulatsiya gazi aralash-masiga berib, o'zi 293 K — 296 K gacha isib, markazdan qochma tipidagi sirkulatsiya kompressori (3) ga beriladi.

Shunday qilib, kondensatsion minoraning issiqlik almashtirgichi alohida ahamiyatga egadir, chunki u sirkulatsiya gazidagi sovuqlikni rekuperatsiya qilishga xizmat qiladi; bu esa sirkulatsiya gazi tarkibi-dagi ammiakni bug'latgich (5) da sovitib kondensatlab, ushlab qolish uchun kerak bo'ladigan suyuq ammiak sarfini kamaytirishga olib keladi. Markazdan qochma sirkulatsiya kompressorining asosiy vazifasi gazlarning bosimini 32 MPa gacha siqib, uni ammiak sintezi minorasiga yetkazib berishdir. 32 MPa bosimdagi gaz aralashmasi har xil apparatlar va kommunikatsiyalardan o'tishi hamda hajm torayishi bilan ketadigan ammiak sintezi reaksiyasi hisobiga uning bosimi 2,5—3 MPa ga pasayadi; bu esa ammiak sintezi uchun salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun markazdan qochma sirkulatsion kompressor yordamida gaz bosimining bu yo'qolishiga chek qo'yiladi.

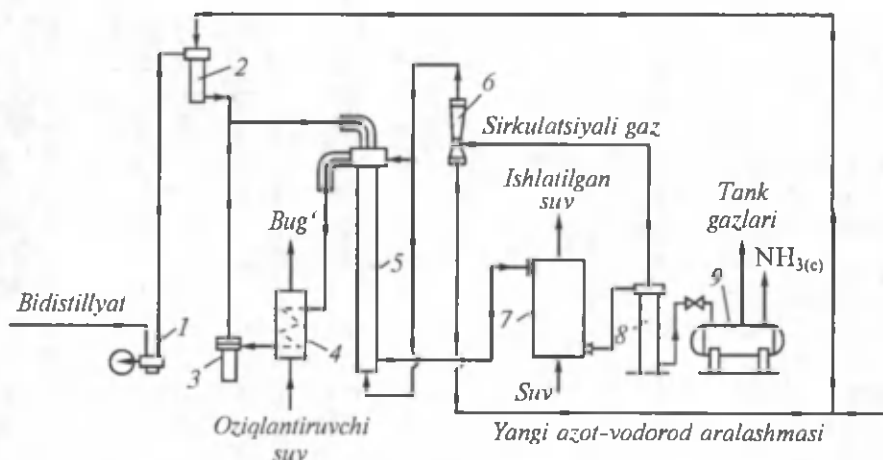
Markazdan qochma sirkulatsiya kompressori doimiy aylanma soniga ega bo'lgan elektr dvigatel orqali harakatga keltiriladi va u o'zgarmas unumdorlikka ega. Katalizatorni eskirishi va uni aktivligini pasayishi sababli ammiak sintezi minorasiga bo'lgan gazli yuklama ham o'zgaradi; shu tufayli sintez minorasiga beriladigan gaz oqimini boshqarib turish ko'zda tutilgan. Buning uchun markazdan qochma sirkulatsiya kompressoriga beriladigan gazning ortiqcha qismi baypas orqali kondensatsiya minorasining issiqlik almashtirgichini quvurlar-aro fazasiga berilib, bug'latgich va kondensatsiya minorasining quvurli fazosi orqali o'tib, va yana yangitdan markazdan qochma sirkulatsiya kompressori orqali o'tadi. Azot-vodorod aralashmasi sirkulatsiyalani-shi natijasida uning bir qismi katalizatorida ammiakka aylanadi, ammo gazdagi argon va metan inert gaz sifatida ammiak sintezi siklida asta-sekin to'planib boraveradi. Bu inert gazlarni ko'payib ketishini



oldini olish maqsadida sirkulatsiya gazlari aralashmasini kichik bir qismi puflanuvchi gaz sifatida tarkibidagi taxminan 11% gacha argon va metan, bir qismi ammiak, asosiy qismi azot va vodorod bilan to'xtovsiz ravishda ammiak sintezi siklidani separator (6) dan so'ng, ammiakni suv bilan ushlab qolish qurilmasiga yuborilib, ammiak ammiakli suv hosil qilib ushlanib, yutilmay qolgan vodorod, azot, metan va argon kabi gazlar yonilg'i gazlari sifatida foydalanish uchun maxsus qozonxonalarga yuboriladilar.

### 8.10. AMMIAKNI SINTEZ QILISH YUQORI BOSIMLI INJEKTORLI AGREGATI

Ammiakni sintez qilish yuqori bosimli agregatlariga injektorli agregatlar ham kiradi. Bunday agregatlar 44 MPa bosimda ishlab, quvvati yiliga 75000 tonna ammiakni tashkil etadi (8.4-rasm). Ammiakni sintez qilishning bunday tizimida katalitik zaharlardan suyuq azotda yuvish yo'li bilan tozalangan yangi azot-vodorod gazi qo'llanadi. Bunday gazlar tarkibida shuning uchun suv bug'lari va uglerod dioksidi umuman bo'lmaydi. Gaz aralashmasida metan va boshqa inert gazlar miqdori juda ham kam bo'ladi va shuning uchun, aylanma gaz aralashmasidan bir qismini puflovchi gaz sifatida atmosferaga tashlab yuborishga zarurat bo'lmaydi. Bunday yangi gaz — azot-



8.4-rasm. Ammiakni sintez qilish yuqori bosimli injektorli agregatining texnologik tasviri:

1 — bidistillyat nasosi; 2 — tenglashtiruvchi idish; 3 — suvli sirkulatsiya nasosi; 4 — bug' qozoni; 5 — sintez minorasi; 6 — injektor; 7 — suvli kondensator; 8 — separator; 9 — suyuq ammiak yig'gichi.

vodorod aralashmasi kompressiya bo'limidagi 49 MPa bosimda gaz oqimli sirkulatsiya kompressori, ya'ni injektor (6) ga beriladi.

Injektorli ammiak sintezi agregatlari bir qator *ijobiy* va *salbiy* xususiyatlarga egadirlar.

*Ijobiy xususiyatlari:*

1) sintez minorasida o'rta bosimdagi agregatlarga nisbatan yuqori konsentratsiyali ammiakni hosil bo'lishi, chunki sistemada 32 MPa o'rniga 49 MPa gacha bo'lgan yuqori bosim qo'llanadi;

2) yuqoridagi sabablari bilan texnologik tizimni soddalashishi, chunki bunday qurilmalarda deyarli hamma ammiak suvli kondensatlangani uchun ammiakli sovitgich ishlatilmaydi;

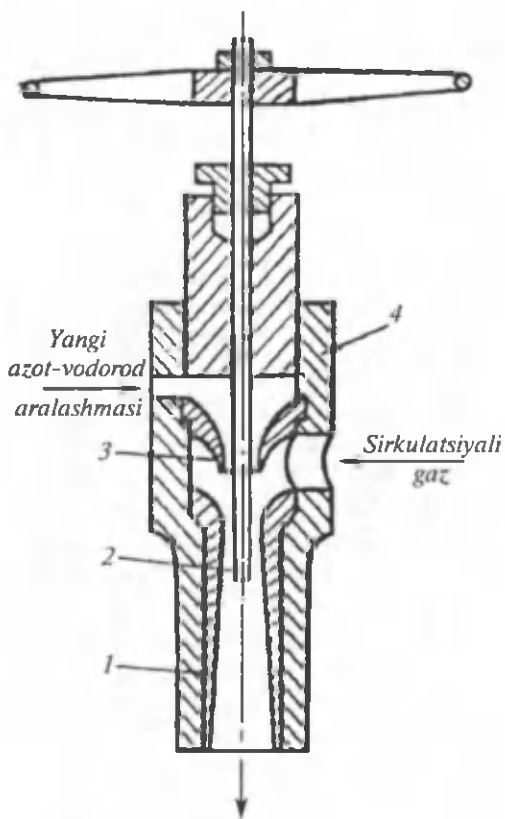
3) to'yingan suv bug'i (0,85 tonna 1 tonna ammiak hisobiga, 2300 Mj issiqlik olishga ekvivalent bo'lib) ammiak sintezi issiqligidan foydalanish;

4) gazning sirkulatsiyasi uchun injektorni qo'llanishi sistemani soddalashtirishga olib kelsa-da, uning foydali ish koeffitsiyenti mar-kazdan qochma kompressornikiga qaraganda pastdir.

Injektorli agregatlarning *salbiy* tomonlariga quyidagilarni kiritish mumkin. Gazlarni 49 MPa gacha siqib beruvchi kompressorlar 32 MPa gacha siqadiganlariga qaraganda ancha murakkab bo'lib, ularda metall sarfi va azot-vodorod aralashmasini siqish uchun elektr energiya sarfi nisbatan yuqoridir.

8.5-rasmdan ko'rinib turibdiki, yangi gaz injektor soplosi (3) ga shunday kiradiki, injektorning yondan ko'rinishi va qirqimi shunday tanlanadiki, soplodan yangi gaz aralashmasi juda katta tezlik bilan chiqsin. Sirkulatsiya gazi 43 MPa bosim bilan soplo (3) dan keyin joylashgan injektorning aralashtiruvchi kamerasiga kiradi. Soplo (3) dan chiqayotgan yangi gaz oqimining kinetik energiyasi hisobiga sirkulatsiya gazi yangi gaz oqimi bilan so'riladi va kengayuvchi dif-fuzor (1) ga kiradi, u yerda esa gaz oqimining kinetik energiyasi 44 MPa bosimga aylanadi. So'ngra gaz aralashmasi sintez minorasi (5) ga (8.4-rasmga qarang) beriladi, uni issiqlik almashtirigichidan o'tib, u yerda 713 K — 723 K gacha isib, sintez minorasi (5) ni katalizator qutisiga kiradi. Bu qutining to'rtta tokchasida katalizatorning to'rtta qatlami joylashtirilgan. Yuqoridagi uchta qatlamning har biridan keyin yuqori bosimli bidistillyat (ikki marotaba distillangan suv) ki-rib aylanib yuruvchi ilonsimon issiqlik almashtirgich o'rnatilgan. Azot-vodorod aralashmasini sovitish hisobiga bidistillyat 723 K — 733 K gacha isiydi va katalizatorning har bir qatlamidan ammiak hosil bo'lish reaksiyasi issiqligi chiqib ketadi.

Birinchi, ikkinchi va uchinchi katalizator qatlamlaridan o'tgan, ma'lum miqdorda ammiak hosil qilgan azot-vodorod aralashmasi katalizator qutisining to'rtinchi qatlamiga, so'ngra esa sintez mi-



8.5-rasm. Injektor (gaz oqimli sirkulatsiya kompressori):  
 1 — diffuzor; 2 — boshqariladigan igna; 3 — soplo; 4 — qobiq.

norasi (5) ni issiqlik almashtirgichiga kirib, 783 K — 793 K dan 373 K — 393 K gacha sovib, sintez minorasi (5) ga kirayotgan gaz aralashmasini isitadi. Sintezga uchragan tarkibida 20—22% ammiak bo'lgan gaz aralashmasi sintez minorasi (5) ni issiqlik almashtirgichidan chiqib vertikal cho'ktirilgan suvli kondensator (7) da 298 K — 308 K gacha sovutiladi. Gaz aralashmasini sovishi hisobiga uning tarkibidagi bir qism ammiak kondensatlanib, suyuqlikka o'tadi. Bu suyuq ammiak separator (8) da gaz fazasidan ajratiladi. Separator (8) dan keyin suyuq ammiak drossellanadi va bosimi 1,8 MPa gacha pasaytirilib, oraliq yig'gich (9) ga, undan esa iste'molchiga yuklash uchun omborxonaga yuboriladi. Tarkibida 6—8% ammiak bo'lgan sirkulatsion gaz aralashmasi separator (8) dan injektor (6) ga yuboriladi va unga esa kerakli miqdorda yangi azot-vodorod aralashmasi qo'shilib, ammiak sintezi sikli shu bilan qaytadan davom ettiriladi.

Ammiak sintezi minorasi (5) ning ilonsimon issiqlik-almashtirgichlarida isigan bidistillyat bug' qozoni (4) ning quvurlarida 533 K ga sovitiladi. Bu vaqtda bug' qozoni (4) ning quvurlararo fazosiga berilayotgan oziqlantiruvchi bidistillyat suvi bug'lanib, soatiga 7,75 tonna bosimi 3,2 MPa, temperaturasi 510 K bo'lgan to'yingan suv bug'i hosil qiladi. Demak, 1 tonna ammiak hisobiga 0,85 tonna to'yingan bug' olinadi.

Bug' qozonidan chiqayotgan bidistillyat unumdorligi 40 m<sup>3</sup>/soat bo'lgan yuqori bosimli suvli sirkulatsion nasos (3) bilan so'rib olinib, yana qayta ammiak sintezi minorasi (5) ning ilonsimon issiqlik-almashtirgichlariga beriladi. Aylanib yurgan bidistillyatni yo'qolishini to'ldirib turish uchun unumdorligi soatiga 80 litr bo'lgan yuqori bosimli bidistillyat nasosi (1) o'rnatilgan.

Aylanib yuruvchi bidistillyatni bosimini ma'lum darajada ushlab turish uchun va qurilmadagi butun suv sistemasini oziqlantirib turish uchun tenglashtiruvchi idish (2) o'rnatilib, uning yuqori qismiga 49 MPa dagi yangi azot-vodorod gazi aralashmasi berib turiladi.

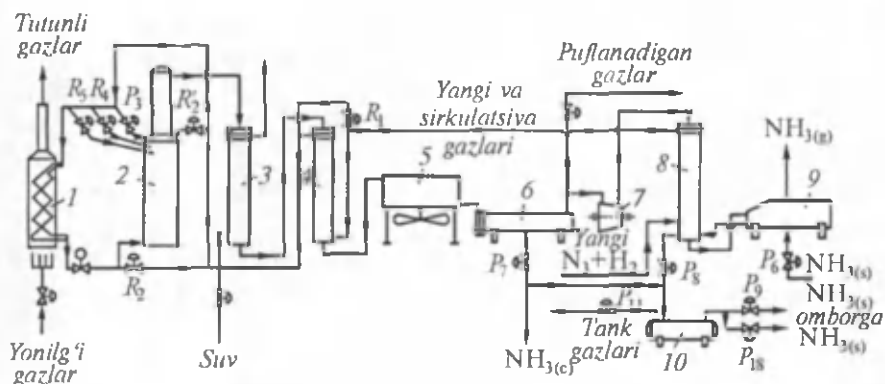
Bidistillyatning sifatiga undagi tuzlar miqdoriga qattiq talablar qo'yiladi (nazorat bidistillyatning qarshiligini o'lchash yo'li bilan amalga oshiriladi). Bu nazorat ilonsimon issiqlik almashtirgich va bug'li qozon (4) ning issiqlik uzatadigan yuzalarini har xil tuzlar bilan to'lib qolmasliklari uchun zarurdir.

Shu munosabatlarga binoan injektorli ammiak sintezi agregatlari amaliyotda unumdorligi anchagina katta — kuniga 1360 tonna ammiak ishlab chiqaruvchi agregatlarga qaraganda juda chegaralangan miqdorda qo'llangandir.

## **8.11. KATTA BIRLAMCHI QUVVATGA EGA BO'LGAN AMMIK ISHLAB CHIQUARUVCHI ENERGOTEXNOLOGIK AGREGATLAR**

Hozirgi vaqtda O'zbekiston kimyo sanoatida quvvati anchagina yirik va kuchli avtomatik boshqaruvga ega bo'lgan va kuniga 1360 tonna sintetik ammiak ishlab chiqaruvchi energotexnologik agregatlar ishlatilmoqda. Bunday agregatning texnologik tizimi 8.6-rasmda keltirilgan.

Sirkulatsiya gazi ammiak sintezi minorasi 2 ning ichki issiqlik almashtirgichiga kirib, ammiak sintezi reaksiyasi boshlanadigan temperatura, ya'ni 723 K — 733 K gacha isib, katalizator qatlamiga kiradi, u yerda ammiak sintezi reaksiyasi ketib, natijada sirkulatsiya gazi tarkibidagi ammiak konsentratsiyasi ortib, 15—17% gacha boradi. So'ngra bu sirkulatsiya gazi ammiak sintezi minorasi (2) ning ichki



8.6-rasm. Kuniga 1360 tonna ammiakni sintez qiluvchi agregatning texnologik tasviri:

- 1 — gazli isitgich; 2 — ammiak sintezi minorasi; 3 — suv isitgich;  
 4 — issiqlik almashtirgich; 5 — havoli sovitgich; 6 — separator;  
 7 — kompressorning sirkulatsiya g'ildiragi; 8 — kondensatsion minora;  
 9 — bug'latgich; 10 — suyuq ammiak yig'ichi.

qismidagi issiqlik almashtirgichda 603 K gacha, u yerdan chiqib suv isitgich (3) ga kirib, u yerda 488 K gacha sovitiladi.

Suv isitgich (3) da sirkulatsiya gazining asosiy issiqligi yuqori bosimdagi suvning temperaturasini 375 K dan 583 K gacha isitishga sarf bo'ladi. Bu qizdirilgan suv metan va uglerod monooksidi qozon foydalangichlarida bosimi 10,5 MPa gacha bo'lgan suv bug'iga aylantiriladi. So'ngra sirkulatsiya gazi tashqi issiqlik almashtirgich (4) da 338 K — 348 K gacha, havoli sovitgich (5) da esa 303 K — 313 K gacha sovitiladi. Sovitish natijasida kondensatlanib hosil bo'lgan suyuq ammiak sirkulatsiya gazlaridan separator (6) da ajratiladi va undan chiqqan sirkulatsiya gazi azot-vodorod aralashmasi kompressorining sirkulatsiya g'ildiragi (7) da 28,5 MPa dan 31,5 MPa gacha siqiladi va shunday qilib, ammiak sintezi reaksiyasi ketishi munosabati bilan hajmning torayishi hisobiga bosimning pasayishi tufayli salbiy ta'sirning oldi olinadi.

Sirkulatsiya gazi keyinchalik kondensatsion minora (8) ning issiqlik almashtirgichiga va bug'latgich (9) ga yuboriladi. Bug'latgich (9) da sirkulatsiya gazi minus 269 K gacha suyuq ammiakning qaynab bug'lanishi hisobiga soviydi. Natijada sirkulatsiya gazi tarkibidagi gaz holatidagi ammiak kondensatlanib, suyuqlikka o'tadi va u suyuq ammiak kondensatsion minora (8) ning separator qismida sirkulatsiya gazining qolgan gazli komponentlaridan ajratiladi. Kondensatsion minora (8) ning separator qismiga yangi azot-vodorod gazi ara-

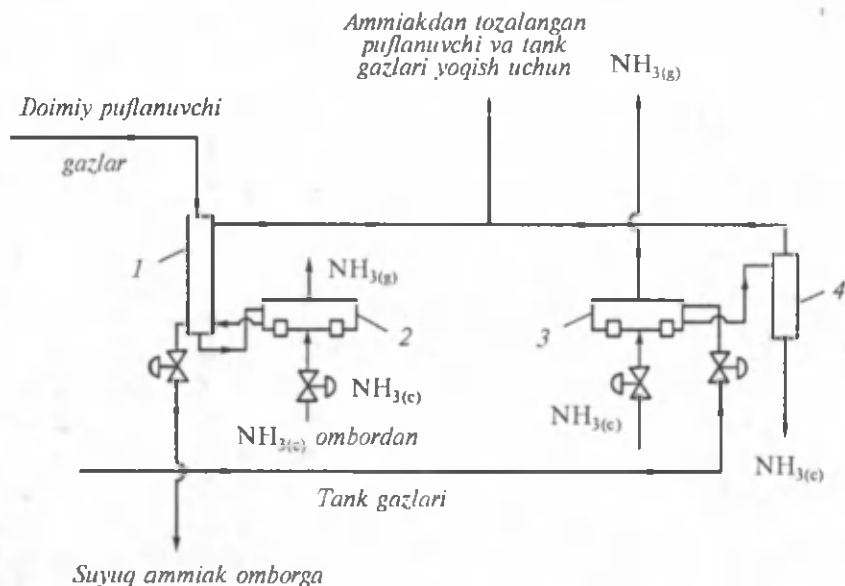
lashmasi ham beriladi; bu gaz separator orqali uchrashganda, gazdagi suv bug'lari va uglerod dioksidi qoldiqlari ushlanib qolinadi. Sirkulatsiya gazi kondensatsion minora (8) ning issiqlik almashtirgichidan chiqib, tashqi issiqlik almashtirgich (4) ning quvurlararo fazosiga boradi. U yerda bu gaz 453 K — 463 K gacha issiqlik almashtirgich (4) ning quvurli fazosidan o'tayotgan yuqori temperatura-dagi sirkulatsiya gazi issiqligi hisobiga isiydi. Shundan so'ng, isitilgan sirkulatsiya gazi ammiak sintezi minorasi (2) ga yuboriladi va shu bilan ammiakni sintez qilish sikli tugaydi va keyingi sikllar xuddi shunday davom etaveradi.

Katalizatorni ammiak sintezi minorasi (2) ning ichida qizdirish va qaytarish uchun alohida gazli isitgich (1) o'rnatilgan. Gazli isitgich (1) ning ilonsimon quvurlaridan o'tayotgan sirkulatsiya gazlari yoqilg'i gazlarni havodagi kislorod bilan yoqish hisobiga hosil bo'layotgan tutunli gazlar issiqligi bilan kerakli temperaturagacha qizdiriladi.

Separator (6) va kondensatsion minora (8) dan chiqayotgan suyuq ammiak suyuq ammiak filtrlariga yuboriladi (bu filtrlar texnologik tasvirda ko'rsatilgan emas) va ularda suyuq ammiak ammiak sintezi minorasi (8) ning katalizator qatlamlaridan sirkulatsiya gazlari bilan olib ketilgan katalizator changlaridan tozalanadi. Shundan keyin suyuq ammiak yuboriladi, undan esa omborxonaga yuboriladi. Separator (6) dan keyin sirkulatsiya gazlarining bir qismi, tarkibida 8—9% ammiak bo'lgan puflanuvchi gaz sifatida ammiakni ajratish qurilmasi (8.7-rasm) ga yuboriladi. Yig'gich (10) dan ajralib chiqayotgan tank gazlari tarkibida ham ammiakning miqdori nisbatan balanddir va 20% ga yaqindir. Shu bilan birga puflanuvchi va tank gazlarining umumiy miqdori anchagina kattadir, shuning uchun ham bu tashlandiq gazlar ammiak sintezi agregati tarkibidagi ammiakni ajratish qurilmasiga yuboriladi.

Tank gazlari bug'latgich (3) ga yuborilib, u yerda suyuq ammiakni bug'lanishi hisobiga 253 K gacha sovitiladi va bu jarayon natijasida tank gazlari tarkibidagi gaz holatidagi ammiak separator (4) ga yuborilib, qolgan tank gazlaridan ajratiladi va omborxonaga jo'natiladi; tarkibida ozod ammiak deyarli qolmagan tank gazlari yoqilg'i gaz sifatida ishlatiladi.

Puflanuvchi gazlar puflanuvchi gazlarning kondensatsion minorasi (1) ning quvurlararo fazosiga yuborilib, sovitiladi va keyinchalik bug'latgich (2) ga yuborilib, uning quvurlararo fazosida suyuq ammiakning 243 K da qaynab, bug'lanishi natijasida hosil bo'layotgan qo'shimcha sovuqlik hisobiga 246 K gacha sovitiladi. Sovitilgan puflanuvchi gaz yana qaytadan kondensatlangan ammiakni ajratib olish



8.7-rasm. Puflanuvchi gazlardan ammiakni ajratish qurilmasining texnologik tasviri: 1 — kondensatsion minora; 2, 3 — bug‘latgichlar; 4 — separator.

va kondensatsiya minorasi (1) ning issiqlik almashtirgichiga berilayotgan puflovchi gazlarni sovitish uchun kondensatsion minora (1) ga yuboriladi.

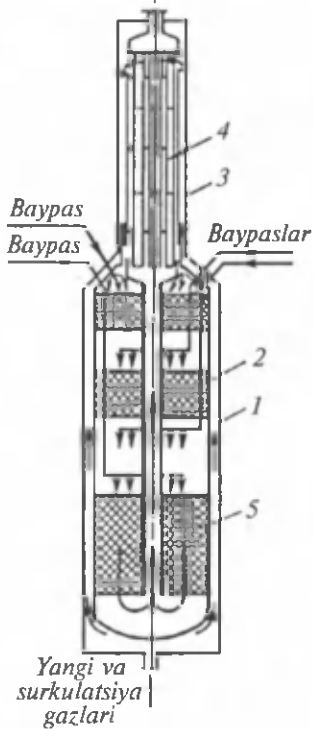
Ammiakni ushlab qurilmasidan so‘ng puflanuvchi gazlar tarkibidagi 1% gacha ammiak qoladi; puflanuvchi gazlar so‘ngra 28,5 MPa bosimdan 1 MPa gacha drossellanib, tank gazlari bilan birgalikda quvurli o‘choqning gorelkasi — yondirgichiga berilib, yondirilib, gazli yoqilg‘i sifatida foydalaniladi.

## 8.12. YILIGA 450 MING TONNA SINTETIK AMMIK ISHLAB CHIQARUVCHI ENERGOTEXNOLOGIK AGREGATNING ASOSIY JIHOZLARI

Bunday yirik quvvatli agregatlarning o‘rtacha kunlik unumdorligi 1360 tonna sintetik ammiakni tashkil etib, agregatning asosiy jihozlariga ammiak sintezi minorasi, kondensatsiya minorasi, sirkulatsion markazdan qochma kompressor (SMQK) va boshqalar kiradi.

Ammiakni sintez qilish minorasi (8.8-rasm) birining ustiga biri o‘rnatilgan yuqori bosimda ishlaydigan ikki idishdan iborat: pastki idishning ichki diametri 2,4 m, devorining qalinligi 250 mm va balandligi 22,15 m; yuqorigi idishning ichki diametri 1 m, devori-

*Ammiak va sirkulatsiya  
gazlari*



8.8-rasm. Ammiakni sintez qilish minorasi:  
1 — korpus; 2 — katalizator qutisi qobig'i;  
3 — issiqlik almashtirgich qobig'i; 4 — issiqlik  
almashtirgich; 5 — katalizator qatlami.

ning qalinligi 110 mm va balandligi 6585 mm ni tashkil etadi. Ikkala idish ham past legirlangan uglerodli po'latdan yasalgan.

Pastki idishda katalizator qutichasi, yuqori qutichada esa o'rta diametr bo'yicha yuzasi 475 m<sup>2</sup> bo'lgan issiqlik almashtirgich joylashgan. Katalizatorli qutida o'txona panjarasi vazifasini bajaruvchi ikki yon tomonlari teshikli burchaksimon birlashgan, ya'ni perforatlangan taxtalarda katalizatorning to'rt qatlami, boshqa qatlamlarni chetlab o'tuvchi baypasli quvurlar va devorchalar joylashtirilgan.

Sirkulatsiya gazining asosiy qismi pastdan yuqoriga qarab ammiak sintezi minorasining korpusi — asosiy devori bilan katalizator qutisi g'ilofi va ammiak sintezi minorasining korpusi bilan issiqlik almashtirgich oralaridagi aylanma bo'shliq orqali o'tib, minora korpusini 473 K dan yuqori bo'lmagan o'ta qizishdan saqlaydi, natijada

korpusni mexanik mustahkamligi saqlanib qoladi. Shundan so'ng sirkulatsiya gazi ammiak sintezi minorasining yuqori qismida joylashgan issiqlik almashtirgichning quvurlararo fazosiga kirib, u yerda 693 K — 713 K gacha isiydi. Bu temperaturani boshqarib turish uchun baypasdan foydalaniladi, ya'ni ma'lum bir qism sirkulatsiya aralashmasi ammiak sintezi minorasini pastki qismiga berilmay, isitilmagan holatda to'g'ridan to'g'ri tegishli katalizator qatlamiga beriladi va qatlamlardagi temperaturani kerakli darajada pasaytirishga erishiladi.

Ammiak sintezi minorasining issiqlik almashtirgichidan 693 K — 713 K gacha isigan gaz chiqib, katalizator qutisiga kiradi va u yerda yuqoridan pastga harakat qilib, katalizatorning barcha qatlamlarida azot va vodorod o'zaro kimyoviy reaksiyaga kirishib, sintetik ammiak hosil qiladi. Bu jarayonda katta reaksiyon issiqlik ajralib chiqadi va buning natijasida sirkulatsiya gazi temperaturasi ortib ketadi. Qizib ketgan bu gaz aralashmasi katalizator qutisidan chiqqach, bu quti-



ning markazida joylashgan markaziy quvur orqali pastdan yuqoriga qarab yo'naltirilib, katalizator qutisining ustiga joylashtirilgan issiqlik almashtirgichning quvuri qismiga yuboriladi va u yerda 603 K gacha sovitiladi.

Ammiak sintezi minorasining katalizator qutisini bunday konstruksiyasida katalizator qatlamlari ichiga issiqlik almashinish jarayoni uchun xizmat qiluvchi quvurlar joylashtirilgan emas. Ular o'rniga birinchi, ikkinchi, uchinchi (rasmda ko'rsatilgan emas) va to'rtinchi qatlamlarga borayotgan qizdirilgan sirkulatsiya gazlariga sovuq, ya'ni qizdirilmagan sirkulatsiya gazlari — baypasli gaz kerakli miqdorda alohida-alohida qo'shiladi va natijada har bir qatlamga kirayotgan sirkulatsiya gazining temperaturasini 793 K — 808 K dan (birinchi qatlam bundan mustasno bo'lib, unga kirishdagi temperatura 713 K atrofida bo'ladi) 743 K — 753 K gacha sovitishga erishiladi.

Katalizator qutisining g'ilofi xrom-nikel-molibdenli 1X18N12M2T markali, issiqlik almashtirgich esa 1X18N10T markali po'latdan yasalgan.

Ammiak sintezi minorasining unumdorligi  $Q$  (kg/soat da) quyidagi formuladan topiladi:

$$Q = 0,771 \cdot W \cdot V \cdot \frac{K_2 - K_1}{100 + 1,03 \cdot K_2}, \quad (8.5)$$

bu yerda:  $W$  — hajmiy tezlik, soat<sup>-1</sup> (sintez minorasi oldidagi gaz aralashmasining soatbay sarfiga nisbatan hisoblanganda, m<sup>3</sup>/soat);

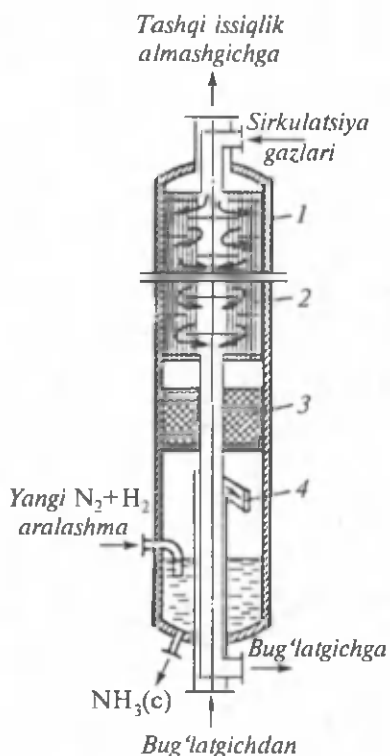
$V$  — katalizator hajmi, m<sup>3</sup>;

$K_1, K_2$  — ammiak sintezi minorasiga kirishdagi va undan chiqishdagi gaz aralashmasidagi ammiakning miqdori, % larda;

0,771 — gaz holatidagi ammiakning normal sharoitidagi zichligi, kg/m<sup>3</sup>.

Ammiak sintezi minorasi qatlamlaridagi katalizator hajmi, m<sup>3</sup> da: 1 — 7,0; 2 — 8,4; 3 — 12,8; 4 — 14,7; Jami — 42,9 m<sup>3</sup>

Ammiak sintezi agregatining asosiy jihozlaridan yana biri — bu kondensatsion minora bo'lib, u vertikal silindrik shaklga ega bo'lib, ichki diametri 2 m va balandligi 18,99 m dir (8.9-rasm) va u ikki qismdan: issiqlik almashtirgich (2) va uning tagiga o'rnatilgan separatsiya qurilmasi (4) dan iboratdir. Issiqlik almashtirgich quvurlarining diametri 14 mm, qalinligi 2 mm, balandligi 7,21 m, soni 7808 dona va issiqlik almashinish yuzasi 2120 m<sup>2</sup> (o'rta diametr bo'yicha) ga tengdir. Quvurlararo fazoga to'siqlar o'rnatilgan bo'lib,



8.9-rasm. Kondensatsion minora tasviri:  
1 — korpus; 2 — issiqlik almashtirgich;  
3 — qaytargich; 4 — separatsiya  
qurilmasi.

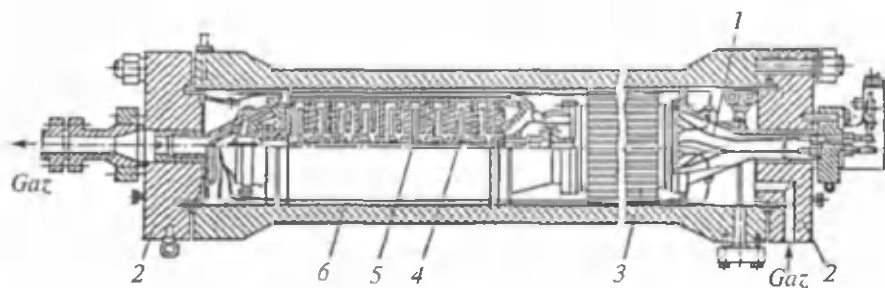
ular bu fazo bo'yicha harakatlana-yotgan gazni to'g'ri chiziq bo'ylab emas, quvurlarga nisbatan perpendikular harakatlanishiga olib keladi. Bu esa issiqlik uzatish koeffitsientini oshirish uchun xizmat qiladi. Sovitilishi kerak bo'lgan gaz quvurlararo fazodan yurgiziladi, isitilishi kerak bo'lgan gaz, ya'ni suyuq ammiak separatsiyasidan chiqayotgan gaz esa quvurlar ichidagi fazoga yuboriladi. Bug'latgich (2) (8.6-rasmga qarang) da sovitilgan gaz, u yerdan gaz va kodensatlangan ammiak holida chiqib, kondensatsion minoraning pastki shtutseriga yuboriladi. Bu qurilmada aylanma harakat hosil qilib, suyuq ammiak gaz aralashmasidan ajratiladi va bu suyuq ammiak kondensatsion minoraning pastki qismiga to'planib, u yerdan to'xtovsiz ravishda chiqazib turiladi. Suyuq ammiakdan ajratilgan gaz yuqoriga ko'tarilib, pastda Rashig halqalari bilan to'ldirilgan tomchi ushlagich (3) ga (8.9-rasm) yuboriladi, u yerda gaz suyuq ammiak qoldiqlaridan tozalanib, kondensatsion minoraning issiqlik almashtirgichi quvurlari orqali o'tib, o'z sovug'ini quvurlararo fazodagi o'tib kelayotgan nisbatan issiq bo'lgan sirkulatsiya gaziga beradi. Yangi azot-vodorod gazi aralashmasi kondensatsion minoraning pastki qismidagi maxsus shtutser (ikkinchi qismi kondensatsion minorasining pastki qismidagi suyuq ammiakka tushirib qo'yilgan egilgan quvurcha) orqali beriladi va uglerod dioksididan tozalanadi.

*Sirkulatsion markazdan qochma kompressor (SMQK)* ham o'rta bosimda ishlaydigan yirik quvvatli ammiak sintezi agregatining zaruriy jihozlaridan biridir. Azot-vodorod aralashmasining bir qismi hajm torayishi (2 marotaba) bilan sintetik ammiak hosil qilganligi, u ammiakni suyuqlikka aylantirib, agregatdan chiqazib tashlanishi va bir qism sirkulatsiya gazlarini doimiy ravishda puflovchi gaz sifatida (inert gazlar miqdori ko'payishini oldini olish maqsadida atmosfera

havosiga tashlanib yuborilishi natijasida sirkulatsiya gazining bosimi 32 MPa dan 28 MPa gacha pasayadi; bunga esa yo‘l qo‘yib bo‘lmaydi, chunki bosimning pasayishi ammiak chiqishining pasayishiga olib keladi. Shu munosabat bilan sirkulatsiya gazlarining umumiy bosimini ularni ammiak sintezi minorasiga kirishdan avval 32 MPa ga ko‘tar-moq kerak.

Bunday vazifani bajarish uchun oxirgi yillari yirik quvvatli ammiak sintezi qurilmalarida sirkulatsion markazdan qochma kompressorlar (SMQK) qo‘llana boshlandi. Ularning (8.10-rasm) yuqori bosimlik korpusi (6) da kompressor bilan birga elektr dvigatel (3) ham o‘rnatilgan. Kompressor 14 bosqichli seksiyali mashinadan iboratdir. Kompressorning siqish bosimi 32 MPa ga teng bo‘lgandagi unumdorligi 450 m<sup>3</sup>/soat bo‘lib, elektr energiyasi bo‘yicha iste‘mol quvvati 5100 kW, val (5) ning aylanish tezligi 2970 aylanish/minut.

Ammiakni sintez qilish agregatlarida 44,2—49,0 MPa bosim va toza azot-vodorod aralashmasidan (konvertirlangan gaz uglerod monooksididan suyuq azotda yuvish usuli bilan tozalangan bo‘lsa) foydalanilgan bo‘lganda azot va vodorodni ammiakka aylantirish darajasini anchagina yuqoriga ko‘tarishga erishiladi, chunki bu holatda sirkulatsiya gazlarida inert gazlar miqdori juda ham kam bo‘lishiga erishilgan bo‘ladi. Bunday sharoitlarda sistemadagi gaz aralashmasini sirkulatsiya qilish uchun SMQK o‘rniga injektor qo‘llash yo‘llari ochiladi. Shuni eslatib o‘tish kerakki, bunday vaqtda bosim 5,8—7,8 MPa ga SMQK qo‘llagandagiga qaraganda past bo‘ladi, ammo bunday holatlarda ammiak sintezi qurilmasidan murakkab tuzilgan, ko‘p energiya talab qiluvchi va anchagina qimmat bo‘lgan SMQK olib tashlanadi. Lekin tarkibida inert gazlari bo‘lgan azot-vodorodli gazlar ammiak sintezi uchun qo‘llanilgan bo‘lsa, injektorlarni qo‘llash juda ham maqsadga muvofiq emas, chunki gaz bosimini ikkilamchi



8.10-rasm. Sirkulatsiyali markazdan qochma kompressor:

- 1 — elektro‘tkazgichlar; 2 — qopqoq; 3 — elektr dvigatel; 4 — ishchi g‘ildirak; 5 — kompressorning vali; 6 — yuqori bosim korpusi.

pasayishi (siklda inert gazlarni ko'proq to'planishi va injeksiya usulida gaz bosimi unchalik yuqori ko'tarilmasligi) natijasida azot-vodorod aralashmasini ammiakka aylanish darajasining kamayishiga olib keladi.

### 8.13. AMMIAK SINTEZI QURILMALARINING TEXNIK-IQTISODIY KO'RSATKICHLARI

Quyidagi 8.5-jadvalda o'rta bosimda ishlaydigan Respublikamiz azot sanoati korxonalarida ishlatilayotgan AM-76 rusumli va Amerika Qo'shma Shtatlari «Kemiko» firmasi tomonidan yaratilgan ammiak sintezi agregatlarining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari keltirilgan:

8.5-jadval

#### AMMIAK SINTEZI AGREGATLARINING KO'RSATKICHLARINI TAQQOSLASH

T/r	Ko'rsatkichlar	O'lchov birligi	AM-76 agregati	AQSH «Kemiko» firmasi agregati
1	2	3	4	5
1.	Agregat unumdorligi	t/kun	1420	1360
2.	Markazdan qochma g'ildirakning itarishdagi bosimi	MPa	32,0	33,578
3.	Sintez minorasi ostidagi sirkulatsion gaz miqdori	nm <sup>3</sup> /soat	770000	663000
4.	Sintez minorasidagi katalizator hajmi	m <sup>3</sup>	43	45,4
5.	Hajmiy tezlik	soat <sup>-1</sup>	17900	14600
6.	Minora korpusining ichki diametri	mm	2400	2490
7.	Minora korpusi balandligi (ichki issiqlik almashtirgichsiz)	m	22,15	17,00
8.	Sintez minorasidan chiqishdagi gazning temperaturasi	K	606	753—769
9.	Ammiak miqdori:	%(h)		
9.1.	Kirishdagi		3,80	2,90
9.2.	Chiqishdagi		15,40	16,00

1	2	3	4	5
10.	Sintez minorasi oldida sirkulatsiya gazi tarkibidagi inert gazlar ( $\text{CH}_4 + \text{Ar}$ ) miqdori	(h) %	14,50	14,25
11.	1 kunda $1 \text{ m}^3$ katalizatordan olinadigan ammiak miqdori	$\frac{\text{m}}{\text{m}^3 \cdot \text{kun}}$	33	30
12.	Ammiak sintezi minorasining xili	—	Bo'g'izi siqilgan tokchali (4 tokchali), kichik issiqlik almash-tirgichli katali-zator qutisi ustiga joylashti-rilgan, tashqi katta issiqlik almashtirgichli	Bo'g'izi siqil-gan tokchali (3 tokchali), ikkita tashqi issiqlik al-mashtirgichli

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, O'zbekiston Respublikasida ishlatiladigan AM-76 rusumli ammiakni sintez qilish agregati ilg'or — AQSH «Kemiko» firmasini kidan anchagina yuqori ko'rsatkichlarga egadir.

8.6-jadval

### HAR XIL BOSIMDA ISHLAYDIGAN AMMIK SINTEZI QURILMALARINING TEXNIK-IQTISODIY KO'RSATKICHLARI

T/r	Ko'rsatkichlar	Qurilmadagi ishchi bosim, MPa			
		32		49	
		Inert aralashmalar-siz gaz	Inert aralash-mali gaz	Inert aralashma-larsiz gaz	Inert aralashmali gaz
1	2	3	4	5	6
1.	Inert aralashmalar miqdori, (h) %:				
1.1.	Yangi gazda	—	1.0	—	1.0
1.2.	Sirkulatsiya gazida	—	10.0	—	10,0
2.	1 t ammiak uchun yangi gaz sarfi	2700	2850	2720	2750

1	2	3	4	5	6
3.	Hajmiy tezlik, soat <sup>-1</sup>	30000	25000	40000	50000
4.	Ammiakni kondensatsiyalash temperaturasi, K	268	268	308	308
5.	Unumdorlik, t NH <sub>3</sub> /m <sup>3</sup> katalizator	55	43	90	80
6.	Bug' ishlab chiqarish t/t NH <sub>3</sub>	0,30	0,70	0,80	0,75
7.	Suyuq ammiak chiqishi, % mahsuliy ammiak	60	40	100	100

Yuqoridagi 8.6-jadvalda 32 va 49 MPa da hamda optimal sharoitlarda ishlayotgan ammiak sintezi qurilmalarining texnik ko'rsatkichlari keltirilgan. Taqqoslash tarkibida inert gazlar bo'lmagan (suyuq azotda yuvilgandan so'ng olingan azot-vodorod aralashma) va 1 (h) % gacha inert gazlari bo'lgan (mis-ammiakli tozalashdan so'ng hosil qilingan azot-vodorod aralashma) gazlar bilan ishlaydigan qurilmalar uchun bajarilgan.

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, bosimi 49 MPa bo'lgan va tarkibida 10 (h) % inert gazlar bor bo'lgan sirkulatsiya gazlari bilan ishlanganda katalizatorning unumdorligi bosimi 32 MPa bo'lgan va sirkulatsiya gazi tarkibida xuddi shunday miqdorda inert gazlari bo'lgan sirkulatsiya gazlari bilan ishlaydigan qurilmaga qaraganda 1,85 marta yuqori va bunda 1 t ammiak ishlab chiqarish uchun azot-vodorod sarfi, aksincha, 100 m<sup>3</sup> ga qisqargan bo'lar ekan.

#### 8.14. SINTETIK AMMIK ISHLAB CHIQRISH JARAYONINI BOSHQARISH VA AVTOMATLASHTIRISH

Sintetik ammiak ishlab chiqarish jarayonining samaradorligi avvalambor qo'llanayotgan katalizatorning aktivligi va sintez minorasi-ning katalizatorli qismidagi temperatura rejimiga bog'liq. Shu bilan birga katalizatorli qismidagi bu jarayonga bosim, sirkulatsiya gazining tarkibi va hajmiy tezligi kabi omillar ta'sir etadi. Shuning uchun ham sintetik ammiak ishlab chiqarishni quvvati ammiak bo'yicha kuniga 1360 tonnani tashkil etuvchi, energotexnologik tizim bo'yicha ishlaydigan, eng yuqori darajada avtomatlashtirilgan hozirgi zamon qurilmalarida amalga oshirish maqsadga muvofiq.

Hozirgi davrda yaratilgan, ishlab chiqarishni avtomatik boshqarish tizimi (ICHABT) ga muvofiq ishlab chiqarishning barcha bosqichlarini, shu jumladan, ammiak sintezi bosqichini ham, boshqarish markaziy punkti — BMP orqali boshqariladi. Agregatni ishga tushirish, uning ishini boshqarish va to'xtatish BMP orqali amalga oshiriladi. BMP da jarayonni eng zaruriy parametrlarini qayd qiladigan asboblari o'rnatilgan. Bir qator texnologik ko'rsatkichlar M-6000 rusumli boshqaruvchi hisoblash mashinasi yordamida davriy tarzda qayd etiladi. Texnologik jarayonga ta'sir etuvchi barcha moddiy oqimlarda sarflar, temperaturalar, bosimlar, yuza sathlari va hokazolarni berilgan miqdorda ushlab turishni ta'minlovchi avtomatik regulatorlar o'rnatilgan. BMP dagi operator ma'lum bir masofadan turib boshqariladigan har qanday parametrni o'zgartirishi mumkin. Esda saqlab qoluvchi tizim va yorug'lik tablo yordamida parametrlarni berilgan topshiriqlardan o'zgarishlari ko'rsatiladi; bu esa operatorga tegishli qarorlar qabul qilishga imkon beradi.

Ammiak sintezi agregatini mutahkamligini ta'minlash uchun bir qancha blokirovka va falokatdan saqlanish tizimlari bor. Masalan, elektr energiya o'chib qolgan taqdirda berkituvchi — boshqaruvchi klapanlar buning oldini olishga qaratilgan holatga avtomatik tarzda o'tkaziladi.

Ammiakni sintez jarayonini avtomatik tarzda boshqarishning muhim uzellari 8.6-rasmda ko'rsatilgan. Ammiak sintezi jarayonida alohida ahamiyatga ega bo'lgan texnologik omillardan biri — bu bosimdir. Dastlab, ya'ni sintez jarayonida qo'llanilayotgan katalizator yuqori aktivlikka ega bo'lganda azot-vodorodli aralashma loyihada ko'rsatilgan bosimdan past bosimda ammiakka qayta ishlanaadi. Katalizatorning aktivligi pasaygan sari jarayonning bosimi loyihada ko'rsatilgan miqdorga qadar oshiriladi va keyinchalik ammiak sintezi minorasining unumdorligi shu bosimda kamayib boraveradi.

Yangi azot-vodorod gazining tarkibi va uning 1 tonna ammiak ishlab chiqarish uchun kerak bo'lgan miqdori ammiak sintezi agregatidan oldindagi agregatlar — tabiiy gaz tarkibidagi metan va uglevodorodlar hamda uglerod monooksidini suv bug'i bilan konversiyalash; hosil bo'lgan konvertirlangan gazni har xil aralashmalardan tozalash agregatlarining ishlashlariga bog'liqdir.

Boshqarilishi lozim bo'lgan asosiy omillardan yana biri bu — sintez minorasining katalizatorli qutisida eng qulay temperaturani ushlab turishdir. Buning uchun sirkulatsiyali azot-vodorod aralashmasining baypasli oqimiga o'rnatilgan  $R_1$  regulatori — sozlagichi orqali azot-vodorod aralashmasining ammiak sintezi minorasiga kirishdagi temperaturasi 458 K — 463 K atrofida barqarorlashtiriladi.

$R_2$ ,  $R_1^1$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  va  $R_5$  sozlagichlari sintez minorasi katalizatorli qutidagi katalizatorni to'rtta qatlamining har biriga alohida-alohida kirishdagi temperaturani eng qulay darajada ushlab turadilar.

Ammiak sintezi agregatining (8.6-rasm) separatori (6), kondensatsion minorasi (8) va bug'lagich (9) ning quvurlararo fazosidagi suyuq ammiakning sathi  $R_6$  regulatori orqali avtomatik tarzda berilgan sathda ushlab turiladi. Bu yerda regulator  $R_6$  bug'latgich (9) ga beriladigan suyuq ammiakning quvuriga o'rnatilgan va bu regulator bug'latgich (9) dan chiqayotgan sirkulatsion gaz temperaturasiga qarab, separator 6 hamda kondensatsion minora (8) dan chiqayotgan suyuq ammiak quvuriga o'rnatilgan  $R_8$  va  $R_7$  regulatorlari yordamida bir-biriga bog'liq ravishda boshqariladi. Separator (6) va kondensatsion minora (8) ning sirkulatsion gazni suyuq ammiakdan ajratadigan qismi bo'shatilgan holda yuqori bosimdagi sirkulatsion gaz suyuq ammiak yig'gichi (10) ga va bu yuqori bosimga mo'ljallanmagan ammiakli quvurli aloqa yo'llariga o'tib ketib qolishi mumkin, shuning uchun suyuq ammiak sathining minimumdan avvalgi va minimum holatlariga erishilganda mos ravishda oddiy va falokatli holatni belgilovchi signalizatsiya ko'zda tutilgan. Shu bilan birga bu apparatlarda suyuq ammiak sathi minimumga yetganda ishlab ketadigan muhofaza blokirovkasi ham bor bo'lib, u suyuq ammiakni apparatlardan chiqish quvurlarida o'rnatilgan to'siqlarni yurgizib yuboradi.

Separator (6) yoki kondensatsion minora (8) da suyuq ammiakni sathi maksimumga yetganda yuqori bosimli gaz quvuriga suyuq ammiakni o'tib ketishi natijasida hosil bo'luvchi gidravlik zarbani yo'qotish uchun suyuq ammiakni ehtiyot quvuri orqali tushirib yuborish ko'zda tutilgan; buning uchun esa bu quvurdagi to'siqlar ochib yuboriladi. Bu uzellarni boshqarishda katta mustahkamlikka erishish uchun ikkitadan ma'lumot uzatgich va ikkitadan boshqaradigan va to'sib qo'yadigan qopqoqlar o'rnatiladi.

Azot-vodorodli kompressorga suyuq ammiak tushib qolgan taqdirda kompressorning sirkulatsion g'ildiragi (7) ni bo'lishi mumkin bo'lgan gidravlik zarbadan saqlash uchun himoya blokirovkasi o'rnatilgan va u separator (6) ammiakka to'lib ketganda harakatga kelib, kompressor (7) to'xtatiladi.

Suyuq ammiak yig'gichidan omborxonaga ammiakni berib turishni o'zgartirib turadigan  $R_9$  regulatori yordamida suyuq ammiak sathi boshqariladi, regulator  $R_{11}$  bilan esa ammiakni ushlab qoluvchi apparatlarga yuborilayotgan tank gazlari quvuridagi bosim boshqariladi. Yig'gich (10) ni suyuq ammiak bilan toshib ketishini oldini olish uchun yig'gichdagi suyuq ammiak sathi maksimal sathga



yetgach  $R_{10}$  regulatori suyuq ammiakni omborning falokatli holatlarga mo'ljallangan saqlagichiga yuboradi.

Pufflanuvchi (8.7-rasm) va tank gazlaridan ammiakni ajratib olishda kondensatsion minora (1), separator (4) va bug'latgichlar (2), (3) larda suyuq ammiak sathini boshqarish hamda himoya blokirovkalar va signalizatsiya asosiy agregat (8.6-rasm) yuqorida bayon qilinganga o'xshashdir.

Sirkulatsion gaz tarkibida inert gazlar aralashmasini istalgan konsentratsiyada ushlab turish uchun kondensatsion minoradan so'ng puflovchi gazlar quvurida gaz sarfini boshqaradigan regulator  $R_{12}$  o'rnatilgan.

Yangi azot-vodorod gazi tarkibidagi vodorod, uglerod monooksidi va uglerod dioksidi beto'xtov gazoanalizatorlar yordamida nazorat qilib boriladi. Ammiak sintezi minorasi (2) (8.6-rasm) oldidan sirkulatsion gaz tarkibidagi vodorod, ammiak, metan va argon sintez minorasi (2) dan keyingi sirkulatsion gaz tarkibida esa, faqat ammiak nazorat etib turiladi. Xuddi shunday beto'xtov tarzda sintez minorasi (2) va suv isitgich (3) lardagi bosimni pasayishi nazorat qilinadi. Agarda bosim 1,9 MPa ga tushib qolsa, garchand bu bosim ruxsat etilgan minimal bosimdan bir oz yuqori bo'lsa ham, darhol bu haqda signal beriladi va kompressor (7) to'xtatiladi.

Tahliliy nazorat yo'li bilan bug'latgich (9) dan keyingi gaz holdagi ammiak tarkibidagi vodorod va suv isitgich (3) dan keyingi suvdagi ammiakning yo'qligi aniqlanadi. Bu esa bug'latgich (9) va suv isitgich (3) lardagi yuqori bosimli sirkulatsion gaz quvurlarida teshik yo'qligini tasdiqlaydi.

Ishga tushiruvchi gazli isitgich (1) dagi yondirgichda alanga o'chib qolsa yoki isitgich ichidagi ilonsimon quvurlar devori temperaturasi ruxsat etilgandan oshib ketsa, tegishli signal beriladi. Agarda ammiak sintezi minorasi (2) ning tashqi qobig'i temperaturasi ruxsat etilganidan ortib ketgan taqdirda ham tegishli signal beriladi.

### **8.15. AZOT VA VODORODDAN SINTETIK AMMIK ISHLAB CHIQRISHDAGI TEXNIKA XAVFSIZLIGI**

Mamlakatimiz azot sanoati korxonalarida ammiak ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan vodorod tabiiy gaz tarkibidagi metan va uni gomologlarini suv bug'i bilan konversiyalab hosil bo'lgan konvertirlangan gazni uglerod dioksididan monoetanolamin eritmaları orqali, uglerod monooksididan esa metanlashtirish usuli bilan tozalab olinadi. Azot esa vodorod olish jarayonida atmosfera havosini qo'llash

bilan konvertirlangan gaz tarkibiga kiritiladi. Hosil bo'lgan toza azot-vodorod aralashmasi 32—33 MPa gacha siqilib, 723 K — 773 K da maxsus katalizatorlar qo'llab sintetik ammiak ishlab chiqariladi.

Ma'lumki, ammiak ishlab chiqarishda bir qator yonuvchi va zaharli moddalar hamda yuqori bosim va temperaturalar qo'llanadi. Yonuvchi moddalar kislorod va tarkibida kislorod bor bo'lgani uchun havo bilan ham portlash xavfi bo'lgan aralashmalar hosil qiladi, shuning uchun ham ammiak ishlab chiqarish agregatlari yong'in va portlash xavfi bor bo'lgan turkumga kiradi.

Quyida ammiak ishlab chiqarishda qo'llanadigan bir qator gazlarning ayrim xossalari va insonni ulardan muhofaza qiluvchi, yuzga kiyiluvchi, gazga qarshi niqoblar haqida ma'lumotlar keltirilgan.

**Metan**, kimyoviy formulasi  $\text{CH}_4$ , molekular massasi 16,0426, uglerod birligiga teng. Normal sharoitda (0,1 MPa bosim, 273 K temperatura) rangsiz, hidsiz yonuvchi va portlovchi gazsimon modda, havo bilan portlash chegaralari — 4,9—15,4 (h) %, kislorod bilan — 5,1—61,0 (h) %, o'z-o'zidan alangalanish temperaturasi 810 K. Katta konsentratsiyalarda metan narkotik ta'sir qiladi. Amaliyotda metanli muhitdan xolis qiluvchi yuzga kiyiluvchi gazga qarshi niqob ishlatiladi.

**Vodorod** — kimyoviy formulasi  $\text{H}_2$ , molekular massasi 2,0158 uglerod birligiga teng, normal sharoitda rangsiz, hidsiz, yonuvchi gaz. Havo bilan ham kislorod bilan ham portlovchi aralashma hosil qiladi. Portlash chegaralari: havo bilan 4—75 (h) % vodorod, kislorod bilan 4—94 (h) % vodorod. O'z-o'zidan alangalanish temperaturasi 783 K. Vodorod bilan kislorodni 2:1 nisbatdagi aralashmasi «shaldiroq gaz» deb ataladi. Inson organizmiga vodorod deyarli zaharli ta'sir qilmaydi.

Tarkibida katta miqdorda vodorod bor bo'lgan (bunda kislorod konsentratsiyasi 16% dan ko'p bo'lmagan) muhitda ish olib borilganda, vodorodli muhitdan xolis qiluvchi, yuzga kiyiluvchi gazga qarshi (kislorodli yoki gaz va suyuqlik o'tkazmaydigan shlangli) niqob ishlatiladi.

**Kislorod**, kimyoviy formulasi  $\text{O}_2$ , molekular massasi 31,9988 uglerod birligiga teng, normal sharoitda rangsiz, hidsiz gaz, o'zi yonmaydi, ammo boshqa bir qator moddalarni yondirishda faol. Yonuvchi gazlar, yonuvchi suyuqliklar bug'lari bilan portlash xavfi bor bo'lgan aralashmalar hosil qiladi. Gaz holdagi kislorod bilan to'yingan kiyim olovning har qanday manbayidan alangalanib ketadi, yog' tushgan kiyim esa kislorodli muhitda o'z-o'zidan alangalanib ketadi. Suyuq kislorod o'ta xavflidir, chunki u organik moddalar bilan uchrashganda portlash xavfi bor bo'lgan aralashma hosil qiladi.

**Uglerod-monooksidi**, kimyoviy formulasi CO, molekular massasi 28,0104 uglerod birligiga teng; normal sharoitda rangsiz, hidsiz, yonuvchi gaz; qondagi gemogloblin bilan barqaror birikma hosil qiladi; bu vaqtda qon kislorodni yutish qobiliyatini yo'qotadi; natijada kislorodli ochlik, so'ngra esa bo'g'ilish paydo bo'ladi. Portlash chegaralari: havo bilan 12,5—75,0 (h) % CO; kislorod bilan 15,5—94,0 (h) % CO; o'z-o'zidan alangalanish temperaturasi 887 K. Tarkibida uglerod monooksidi bor bo'lgan atmosferada ishlash vaqtida «CO» markadagi filtrlovchi yuzga kiyiluvchi gazga qarshi niqob ishlatiladi.

**Ammiak**, kimyoviy formulasi NH<sub>3</sub>, molekular massasi 17,0304 uglerod birligiga teng; normal sharoitda rangsiz, yonuvchi gaz, o'tkir hidli, zaharli modda; o'tkir yallig'lanish va ko'zning shilliq pardasini oqib tushishiga, bo'g'ilishiga olib keladi. Suyuq ammiak teriga tushsa uni kuydiradi. Portlash chegaralari: havo bilan 15—28 (h) % NH<sub>3</sub>; kislorod bilan 15—79 (h) % NH<sub>3</sub>. O'z-o'zidan alangalanish temperaturasi 923 K. «KD» yoki «M» markadagi filtrlovchi yuzga kiyiluvchi gazga qarshi niqob ishlatiladi.

Monoetanolamin rangsiz, moysimon yonuvchi, ammiak hidli suyuqlikdir. Monoetanolaminning bug'lari havo va kislorod bilan portlash xavfi bor bo'lgan aralashma hosil qiladi; monoetanolamin teriga tushsa yallig'lanish paydo qiladi, ko'zga tushsa xavflidir. Monoetanolamin bilan ishlaganda rezinadan qilingan qo'lqop, etik va ko'zoynaklardan foydalanish zarur.

Elementar azot va vodoroddan sintetik ammiak ishlab chiqarishda yuqori bosim va temperaturalarni qo'llanishi jihozlar hamda har xil gazlar va suyuqliklar va ular ulangan joylar orqali teshiklar hosil bo'lish va reaksiyon gazlarni ishlab chiqarish xonalariga o'tib ketish ehtimolini oshiradi. Ammiak ishlab chiqarishning ko'pgina bino va inshootlari yong'indan xavflilik darajasi bo'yicha «A» kategoriyaga, imorat va tashqi qurilmalarni portlashdan xavflilik sinflashi bo'yicha «V-1a» va «V-1g» sinfga kiradi.

Ammiak ishlab chiqarishda ishlash uchun ishchi yo'riqnomasi va texnika xavfsizligi, sanoat sanitariyasi, hamda yong'in xavfsizligi, sanoat sanitariyasi hamda yong'inga qarshi tadbirlar yo'riqnomasi bo'yicha bilimlarni sinab ko'rilgandan so'ng maxsus tayyorlangan shaxslarga ruxsat etiladi. Bunday shaxslar zaharlangan va elektr toki bilan jarohatlanganlarga birlamchi yordam ko'rsatishni bilishlari kerak. Signalizatsiya va blokirovka sistemalari, barcha ehtiyotlovchi jihozlar, to'g'ri boshqariladigan nazorat o'lchov asboblari va avtomatlashgan sistemalari bilan ta'min etilgan to'g'ri harakatlanuvchi qurilmalarda ishlashga ruxsat etiladi.

Mashina va uzatuvchi mexanizmlarni ular ishlab turganda ta'mirlashga hamda harakatlanuvchi qismlarni artish va moylashga bu jarayonlarni xavfsizligini ta'minlamay ruxsat etilmaydi. Qurilmalarni barcha harakatlanuvchi va aylanuvchi qismlari to'siqlarga ega bo'lishlari kerak. Statik elektr quvvati to'planishi mumkin bo'lgan elektrodvigatellar, mashinalar, apparatlar va kommunikatsiyalar yer bilan tutashtirilgan bo'lishlari kerak. Yengil yonib ketuvchi moddalar — moylar, artishda ishlatilgan materiallar va boshqalar maxsus ajratilgan joylarda alohida idishlarda va belgilangan miqdorlardan oshmagan holda saqlanishlari kerak.

Havoni ajratish qurilmalari ishlaganda asetilenning havodagi miqdori diqqat bilan tahlil qilinadi va uning konsentratsiyasi ruxsat etilgandan yuqoriroq bo'lsa, ularning ishlari to'xtatiladi. Koks gazini ajratish agregatlari ishlaganda koks gazi tarkibidagi azot monooksidining miqdori ruxsat etilgandan ko'p bo'lishiga ruxsat etilmaydi.

Qurilmalarda ishlayotganlarning barchasi filtrlovchi gazga qarshi yuzga kiyiluvchi niqoblarga ega bo'lmoqlari kerak. Suyuq ammiakli kommunikatsiyalarni ta'mirlash hamda temiryo'l va avtomobil sistemalarini suyuq ammiak va suvli ammiak bilan to'ldirish saqlovchi kastumlar, rezinali etiklar, qo'lqoplar kiygan va gazga qarshi yuzga kiyiluvchi niqoblardagi shaxslar tomonidan bajarilishi lozim.

## NAZORAT SAVOLLARI

1. Ammiak sintezi jarayonining tenglamasini yozing, bu jarayonda bosim va temperaturaning rolini tushuntiring.
2. Ammiak sintezi katalizatorlarining vazifasi qanday? Sanoatda qanday katalizatorlar qo'llaniladi? Ammiak sintezi katalizatorlarining tarkibiga qanday promotor (aktivator)lar kiradi va ularning vazifasi?
3. Katalitik zaharlar nima, azot-vodorod aralashmasidagi ularning ruxsat etilgan konsentratsiyalari qanday? Inert gazlar (metan va argon) ning roli qanday?
4. Ammiak sintezi agregatining tasvirini tushuntiring. Katalizator zonasidagi temperaturani ayting. Sintez minorasidan keyin gazdagi ammiakning konsentratsiyasi qanday?
5. Sintez minorasini tuzilishini ta'riflang. Issiqlik almashtirgichning roli qanday, katalizator zonasidan reaksiya issiqligi qanday va nima uchun chiqarib tashlanadi?
6. Agregatda qaysi maqsadlarda sirkulatsion kompressor yoki injektor o'rnatiladi?
7. Agregatning nazorati va avtomatlashtirish prinsipini tushuntiring?
8. Ammiak ishlab chiqarishda texnika xavfsizligi asosiy qoidalari nimalardan iborat?

## 9-BOB

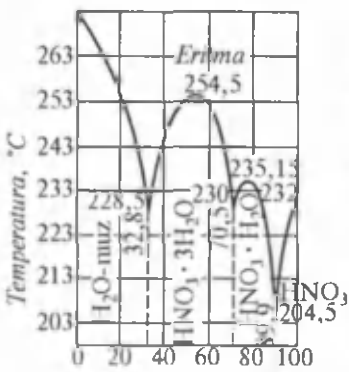
### AZOT KISLOTASI ISHLAB CHIQUARISH

#### 9.1. AZOT KISLOTASINING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARI

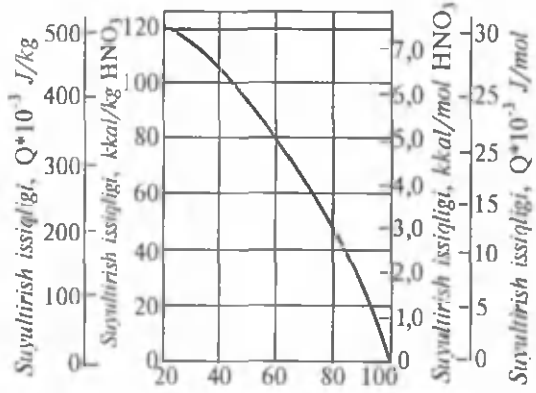
Azot kislotasini amaliyotda nitrat kislotasi deb yuritilib, uning kimyoviy formulasi  $\text{HNO}_3$ , struktura formulasi  $\text{H}-\text{O}-\text{N} \begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{matrix}$  bo'lib, molekular massasi 63,0128 uglerod birligiga tengdir.

Oddiy sharoitda kimyoviy toza azot kislotasi rangsiz, kuchli o'yuvchi hidli suyuqlikdir. Azot kislotasi suv bilan  $\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  kabi gidratli birikmalar hosil qiladi (9.1-rasm). Konsentrlangan azot kislotasi havoda tutaydi va u suv bilan har qanday nisbatda issiqlik chiqarish bilan aralashadi (9.2-rasm).

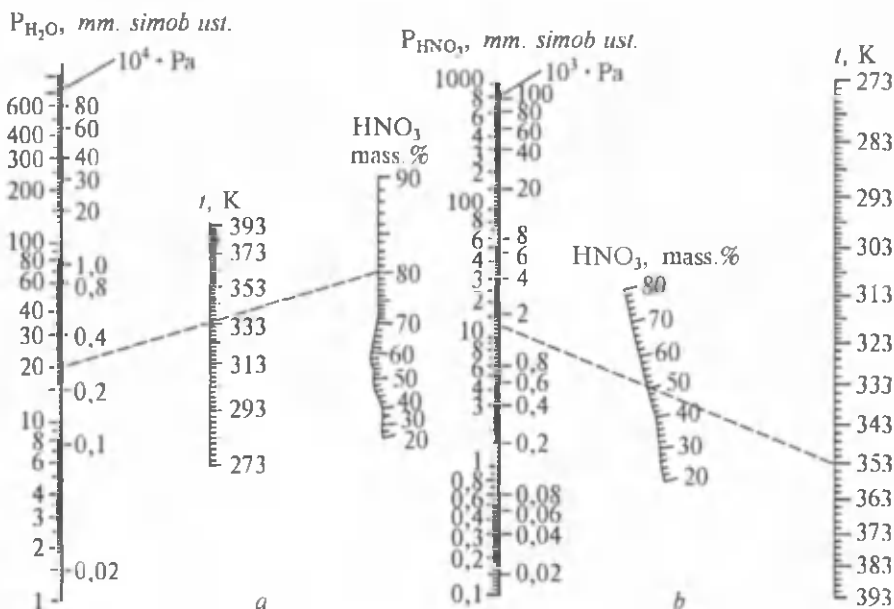
Azot kislotasining suvdagi eritmasining konsentratsiyasini orttirish bilan uning qaynash temperaturasi ko'tarilib borib, azot kislotasining konsentratsiyasi 68,4% ga yetganda qaynash temperaturasi maksimumga erishadi, undan keyin esa kamaya boshlaydi. Tarkibi 68,4%  $\text{HNO}_3$  va 31,6%  $\text{H}_2\text{O}$  dan iborat azot kislotasi eritmasi azeotrop aralashmani tashkil etadi va bunday tarkibdagi kislotada suyuqlik hamda bug' fazalari bir xil tarkibga ega bo'ladi. Bunday tarkibdagi



9.1-rasm.  $\text{HNO}_3-\text{H}_2\text{O}$  holat diagrammasi.



9.2-rasm. Azot kislotasining suyultirish issiqligi diagrammasi.

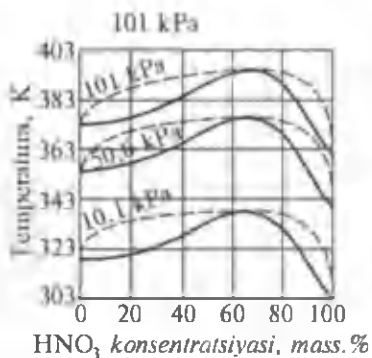


9.3-rasm. Suv bug'larining azot kislotasi eritmalari (a) va azot kislotasi-suvning azot kislotasi bilan eritmalari (b) ustidagi ulushli bosimlari.

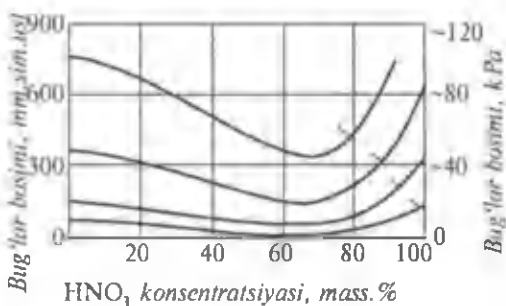
kislotaning konsentratsiyasini oddiy qizdirish yo'li bilan oshirib bo'lmaydi, chunki bug' fazasiga 68,4% HNO<sub>3</sub> (bug') + 31,6% H<sub>2</sub>O (bug') dan iborat o'zgarmas tarkibdagi bug'li aralashma ajralib chiqaveradi, buning hisobiga esa xuddi shu tarkibdagi eritma miqdori toki batamom tugagunga qadar kamayib ketaveradi.

Azot kislotasi eritmasi ustidagi azot kislotasi va suvning bug'larini ulushli bosimlarini 273 K dan 393 K gacha temperaturalarda miqdorlarini 9.3-rasmda keltirilgan diagramma orqali aniqlash mumkin. Bu rasmdan ko'rinib turibdiki, temperaturaning ko'payishi, eritmadagi azot kislotasining konsentratsiyasini kamayishi bilan suv bug'ining ulushli bosimi ortib boradi; azot kislotasi bug'larining ulushli bosimi esa temperatura va eritmadagi azot kislotasi konsentratsiyasini ortishi bilan ko'payib boradi. 9.4-rasmda azot kislotasi va suvdan iborat aralashmani qaynash temperaturasi diagrammasi keltirilgan bo'lib, unda azot kislotasining konsentratsiyasi 68,4% gacha oshguncha eritmaning qaynash temperaturasi ko'tarilib, so'ngra esa pasayishi ko'rsatilgan.

9.5-rasmda esa azot kislotasining suvli eritmasi ustidagi bug'larning umumiy bosimi 313 K dan 373 K gacha temperaturalar uchun ko'rsatilgan bo'lib, unda bug'larning umumiy bosimi kislotaning konsentratsiyasi 68,4% HNO<sub>3</sub> gacha oshguncha kamayib, so'ng esa ko'payishi ko'rinib turibdi. 9.6-rasmda azot kislotasi zichligining erit-

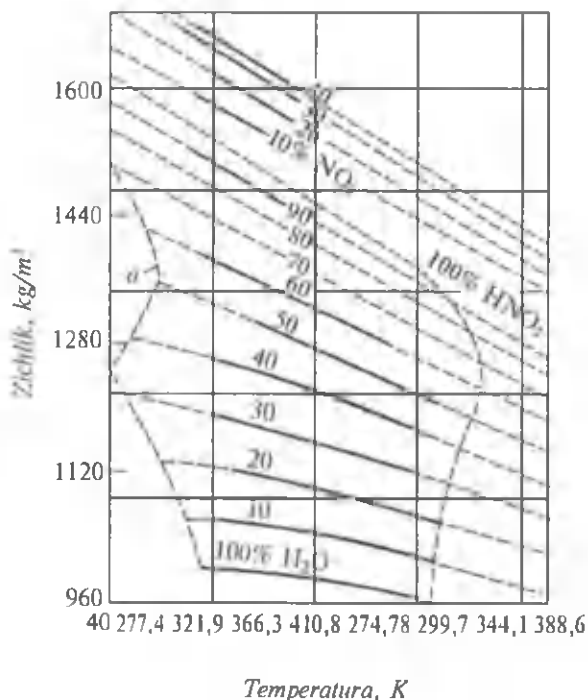


9.4-rasm.  $\text{HNO}_3\text{—H}_2\text{O}$  sistemasi qaynash temperaturalarini bosimga bog'liqligi.

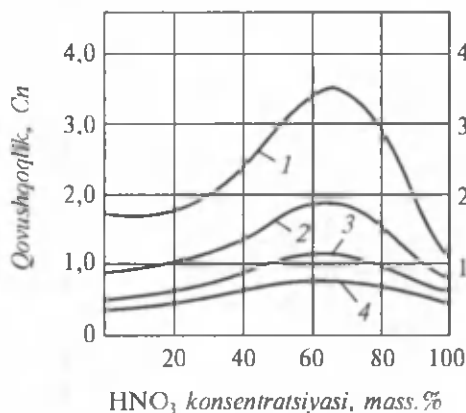


9.5-rasm. Azot kislotasining suvli eritmalarida ustidagi bug'larning umumiy bosimi:

- 1 — 313 K da; 2 — 333 K da;  
3 — 353 K da; 4 — 373 K da.

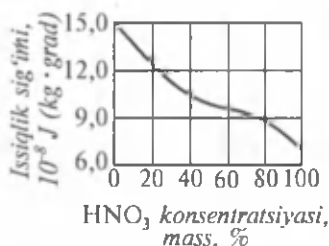


9.6-rasm. Azot kislotasining suvli eritmalarining zichligi: a) muzlash temperaturalarini egri chizig'i; b) qaynash temperaturalarini egri chizig'i.



9.7-rasm. Azot kislotasining suvli eritmalarining har xil temperaturalardagi qovushqoqligi:

1 — 273 K da; 2 — 298 K da;  
3 — 323 K da; 4 — 348 K da.

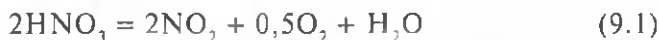


9.8-rasm. Azot kislotasining suvli eritmalarining issiqlik sig'imi.

ma konsentratsiyasini ortishi bilan ko'payishi, temperatura ortishi bilan esa kamayishi ko'rsatilgan.

Temperaturani 348 K dan 273 K gacha kamayishi va kislotaning konsentratsiyasi 68,4% HNO<sub>3</sub> gacha ortishi natijasida azot kislotasi eritmalarini qovushqoqligi ortishi, undan keyingi konsentratsiyalarda esa qovushqoqlikni kamayishi 9.7-rasmda ko'rsatilgan.

Azot kislotasi eritmalarining issiqlik sig'imlari kislotaning konsentratsiyasini ortishi bilan kamayishi 9.8-rasmda, issiqlik o'tkazuvchanligi esa temperatura ortishi va aksincha, azot kislotasining konsentratsiyasining kamayishi bilan ortayotgani 9.9-rasmda ko'rsatilgan. 9.10-rasmda azot kislotasi eritmalarini elektr o'tkazuvchanligi temperatura 273 K dan 303 K gacha orttirilganda azot kislotasi konsentratsiyasi esa 30% gacha ortganda ko'payib, keyingi konsentratsiyalarda esa kamayib ketishi ko'rsatilgandir. Toza azot kislotasi kam turg'un bo'lib, quyidagi tenglama bo'yicha parchalanadi:

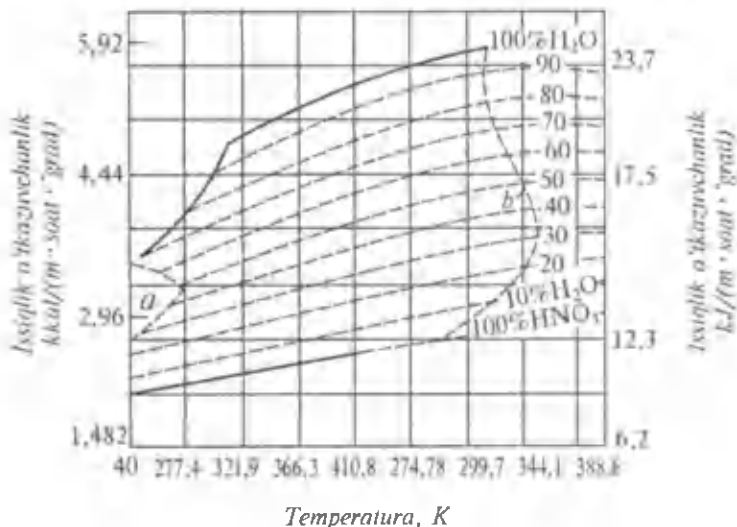


Azot kislotasi qizdirilganda parchalanish quyidagi tenglama bo'yicha ketishi mumkin:



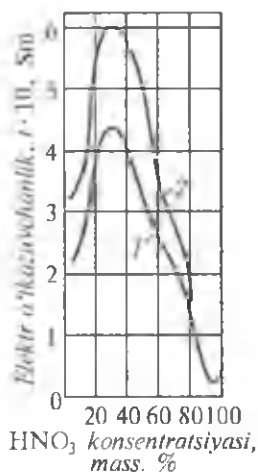
va 533 K ga yaqin temperaturada parchalanish reaksiyasi to'liq ketib, tugallanadi.



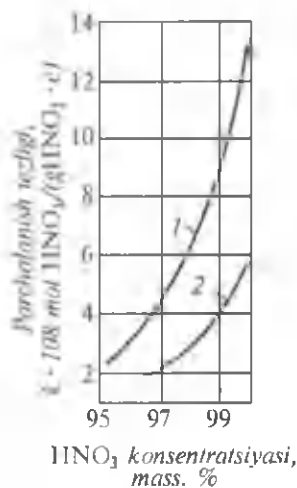


9.9-rasm. Azot kislotasining suvli eritmalarining issiqlik o'tkazuvchanligi  
 a) muzlash temperaturalari egri chizig'i; b) qaynash temperaturalari egri chizig'i.

Azot kislotasini parchalanish tezligi uning konsentratsiyasini ortishi bilan oshadi. Azot kislotasini parchalanishiga temperatura katta ta'sir ko'rsatadi. Buning isboti sifatida 9.11-rasmda ko'rsatilgani-



9.10-rasm. Azot kislotasining suvli eritmalarining elektr o'tkazuvchanligi:  
 1 — 273 K da; 2 — 303 K da.



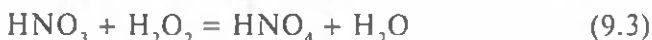
9.11-rasm. Azot kislotasining parchalanish tezligi:  
 1 — 338 K da; 2 — 343 K da.

dek, 99% li azot kislotasi temperaturasida 278 K ga oshirilganda uning parchalanish tezligi ikki marotabadan ko'p ortadi.

Azot kislotasi kuchli oksidlovchidir, u ko'pgina organik birikmalarni parchalab yuboradi; ularning ayrimlari konsentrlangan azot kislotasi ta'sirida alangalanib ketishi ham mumkin.

Azot kislotasi tilla, platina, titan, tantal, rodiiy va iridiydan tashqari barcha metallarni o'zida eritib yuboradi.

Konsentrlangan azot kislotasi 100% li vodorod peroksid bilan past temperaturada qayta ishlanganda portlash bilan parchalanadigan azotusti kislotasi hosil bo'ladi:



Azot kislotasi azot dioksidini yutganda formulasi  $\text{HNO}_3 \cdot \text{NO}_2$  dan iborat nitrooleum hosil bo'ladi. U modda sariqroq rangli tutovchi suyuqlik bo'lib, kuchli oksidlovchidir. Azot kislotasi  $1 \cdot 10^5$  Pa bosimda tarkibida 30%  $\text{NO}_2$  bo'lganda 311 K da, tarkibida 40%  $\text{NO}_2$  bo'lganda esa 302 K da qaynaydi. Bunday holatda bug' fazasida 96,5% azot oksidlarini va 3,5% azot kislotasi bug'lari bo'ladi.

## 9.2. AZOT KISLOTASINING XALQ XO'JALIGIDAGI AHAMIYATI

Azot kislotasi xalq xo'jaligida katta ahamiyatga ega.

Azot kislotasi kuchli oksidlovchidir. Temir kuchsiz azot kislotasida yaxshi eriydi, ammo kuchli azot kislotasi temir yuzasi ustida yupqa, ammo zich qatlam hosil qilib, u kuchli azot kislotasida erimaydigan oksiddan iborat bo'lib, metallni keyinchalik korroziya natijasida yemirilishidan saqlaydi. Po'latni azot kislotasi ishlab chiqarilishida konstruksion material sifatida foydalanilish xuddi shunga asoslangandir.

Azot kislotasi sanoat va qishloq xo'jaligida qo'llanadigan ko'plab mahsulotlar ishlab chiqarilishida keng ishlatiladi.

Kuchli azot kislotasi aromatik birikmalar bilan nitrobirikmalar, spirtlar bilan esa efirlar hosil qiladi. Nitrobirikmalar asosida pikrin kislotasi, nitrobenzol, nitrotoluol, ular asosida esa organik bo'yoqlar va boshqa mahsulotlar ishlab chiqariladi. Bu moddalarning ko'pchiligi portlovchi moddalar, fotoximikatlar, plastmassalar, kinoplyonkalar, nitrolaklar hamda farmatsevtik sanoatda keng qo'llanadi.

Kuchsiz azot kislotasi asosan azotli mineral o'g'itlar, xususan ammoniy selitrasi ishlab chiqarish uchun ishlatiladi.

Azot kislotasi eritmasi ammiak bilan neytrallanish reaksiyasi sodir etib,



tarkibida 34,98% gacha bog'langan azoti bor bo'lgan ammoniy nitratini hosil qiladi.

Ammoniy selitrasi hozirgi kunda nisbatan arzon, ammo yuqori konsentrlangan mineral o'g'itlardan bo'lgani uchun qishloq xo'jaligida eng ko'p qo'llanadigan azotli birikmalardan biri bo'lib hisoblanadi.

### **9.3. AZOT KISLOTA ISHLAB CHIQRISH XOMASHYOLARI**

Azot kislotasi ishlab chiqarish xomashyolari bir qator omillarga bog'liq. Ulardan eng asosiysi azot kislotasi qaysi usul bilan ishlab chiqarilishiga bog'liq bo'lib, agarda azot kislotasi sintetik ammiakdan ishlab chiqarilishi ko'zda tutilgan bo'lsa, u vaqtda asosiy xomashyo bo'lib quyidagilar ishlatilishi mumkin: ammiak, atmosfera havosi va suv.

Shuni ta'kidlash lozimki, bu xomashyolar ham ularni ishlatishdan avval juda puxta tozalanishi shart.

Ammiak sintezi sexidan kelayotgan ammiak ammiak sintezi minorasidan chiqayotgan gaz bilan ilashib qolgan katalitik temir zangidan va mashina yog'idan (agarda ammiak qurilmasi bo'ylab gaz aralashmasini sirkulatsiya qilish uchun porshenli kompressorlar qo'llangan bo'lsa) tozalanadi. Bunday aralashmalar azot kislotasi ishlab chiqarishda ammiakni azot oksidlarigacha oksidlash jarayonida qo'llanadigan katalizatorlar uchun zahar bo'lib hisoblanadi.

Atmosfera havosi har xil changlar, qush patlari, daraxt barglari va boshqalardan tozalangan bo'lmog'i kerak.

Azot oksidlarini absorbsiyalab azot kislotasini olish uchun absorpsion minorasiga berilayotgan suv har xil aralashma va cho'kmalardan tozalanib, tuzsizlantirilishi kerak.

### **9.4. AZOT KISLOTASINI ISHLAB CHIQRISH USULLARI HAQIDA QISQACHA MA'LUMOT**

Bu usullar, asosan, azot oksidlarining qanday olinishiga qarab quyidagilardan iborat:

1. Yoy usuli — bu usulda atmosfera havosidagi elementar azot va kislorodni yuqori temperaturalarda oksidlab, azot monooksidi, so'ngra azot dioksidi va uch oksidlarini olib, ularni suv bilan absorbsiyalab, azot kislotaga olinadi.

2. Nitratti tuzlarga sulfat kislotaga ta'sir ettirib, azot kislotasi olish usuli.

3. Ammiakni atmosfera havosidagi kislorod bilan oksidlab, hosil bo'lgan azot monooksidini keyinchalik azot dioksidi va uch oksidlarigacha oksidlab, ularni suv bilan absorbsiyalab azot kislotasi olish usuli.

Bu usullarda qo'llanayotgan xomashyo zaxiralarini ko'p-ozligi, ishlab chiqarishning texnologik qulayligi, talab etiladigan energiyaning nisbiy minimal miqdori va hokazo omillarni solishtirish natijalariga ko'ra hozirgi vaqtda eng ko'p qo'llanadigan usul — bu uchinchi usuldur, ya'ni sintetik ammiakdan azot kislotasi olish usulidir.

### 9.5. AZOT KISLOTASI NAVLARI VA ULARGA STANDARTLARNING TALABLARI

Kimyo sanoati hozirgi vaqtda ikki xildagi azot kislotasini ishlab chiqarmoqda: birinchisi — bu kuchsiz, ya'ni konsentrlanmagan azot kislotasini ishlab chiqarmoqda. Bunday kislotasi 50—60%  $\text{HNO}_3$  dan iboratdir. Ikkinchisi — bu konsentrlangan azot kislotasi bo'lib, u 96—99%  $\text{HNO}_3$  dan iborat. Laboratoriya sharoitida zichligi  $1,4 \text{ g/sm}^3$  bo'lgan azot kislotasi ishlatiladi.

Kuchsiz azot kislotasi o'zining tozaligiga qarab, texnik va reaktiv turlarga bo'linadi. Texnik kuchsiz azot kislotasi o'zidagi aralashmalarning ko'payib borishiga qarab, quyidagi navlardan tashkil topgandir: oliy, birinchi va ikkinchi navlar.

Kuchiz azot kislotasining bunday navlari sifatlariga OST 6-03-270-76 standartining talablari quyidagi 9.1-jadvalda keltirilgandir:

9.1-jadval

#### KONSENTRLANMAGAN AZOT KISLOTASINING SIFATIGA OST 6-03-270-76 BO'YICHA BO'LGAN TALABLAR

Tarkib, %	Oliy nav	1-nav	2-nav
Azot kislotasi, kami bilan	57,0	56,0	46,0
Azot oksidlari ( $\text{N}_2\text{O}_4$ bo'yicha hisoblanganda), ko'pi bilan	0,07	0,1	0,2
Kuydirilgandan keyingi qoldiq, ko'pi bilan	0,004	0,02	0,05

Kuchsiz azot kislotasining reaktiv turi o'zidagi aralashmalarning ko'payib borishiga qarab, kimyoviy toza (k.t.), tahlil uchun toza (t.u.t.) va toza (t.) navlariga bo'linib, bunday azot kislotasining sifatiga bo'lgan talablar GOST 4461-67 standarti talablari bilan belgilangandir va ular quyidagi 9.2-jadvalda keltirilgan.

**REAKTIV AZOT KISLOTASINING SIFATIGA GOST 4461-67  
BO'YICHA BO'LGAN TALABLAR**

T/r	Tarkib	O'lchov birligi, % (ko'pi bilan)	K.t.	T.u.t.	T.
1.	Azot kislotasi		61-68; 54-60	61-68; 54-60	61-68; 54-60
2.	Azot oksidlari		0,1	0,1	0,1
3.	Kuydirilgandan keyingi qoldiq, ko'pi bilan		0,001	0,003	0,005
4.	Sulfatlar ( $SO_4^{2-}$ )		0,0002	0,0005	0,002
5.	Fosfatlar ( $PO_4^{3-}$ )		0,00002	0,0002	0,002
6.	Xloridlar (Cl)		0,00005	0,0001	0,0005
7.	Temir (Fe)		0,00002	0,0001	0,0003
8.	Kalsiy (Ca)		0,0005	0,001	0,002
9.	Mishyak (As)		0,000002	0,000003	0,00001
10.	Og'ir metallar (Pb)		0,00002	0,0005	0,0005

Konsentrlangan azot kislotasi GOST 51187-72 ning quyidagi talablariga javob bermog'i kerak. Ular quyidagi 9.3-jadvalda keltirilgandir.

**KONSENTRLANGAN AZOT KISLOTA SIFATIGA GOST 51187-72  
BO'YICHA BO'LGAN TALABLAR**

T/r	Tarkib	O'lchov birligi, %	Miqdor
1.	Azot kislotasi ( $HNO_3$ )		98,9
2.	Azot oksidlari	$N_2O_4$ bo'yicha hisoblaganda	0,2
3.	Sulfat kislotasi ( $H_2SO_4$ )		0,04
4.	Kuydirilgandan keyingi qoldiq		0,006

**9.6. AZOT KISLOTASINI SAQLASH VA TASHISH**

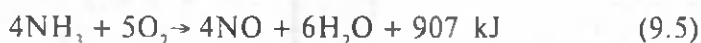
Kuchsiz azot kislotasi zanglamaydigan po'latdan yasalgan saqlagichlarda saqlanadi. Odatda bunday kislotasi asosan shu azot kislotasini ishlab chiqargan korxonaning o'zida ishlatiladi.

Kuchli azot kislotasini saqlash uchun esa aluminiydan yasalgan yoki qoplangan idishlarda saqlanadi va aluminiyli sisternalarda tashiladi. Ammo, ko'pincha kuchli azot kislotasini melanj ko'rinishida tashiladi. Melanj quyidagi tarkibdagi: 89%  $\text{HNO}_3$ , 7,5%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (92% li sulfat kislotadan) va 3,5%  $\text{H}_2\text{O}$  dan iborat aralashmadir.

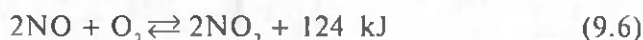
### 9.7. AZOT KISLOTASINI AMMIAKDAN ISHLAB CHIQRISH VA UNING ASOSIY BOSQICHLARI

Kuchsiz azot kislotasi yuqorida bayon qilinganidek, hozirgi vaqtda asosan ammiakdan ishlab chiqarilmoqda va u quyidagi uch bosqichdan iboratdir.

1. Ammakni azot monooksidi olgunga qadar oksidlash:



Azot monooksidini azot dioksidiga qadar oksidlash:



1. Azot dioksidini suv bilan absorbsiyalab, kuchsiz azot kislotasi olish:



Bu uchinchi bosqichda ajralib chiqayotgan azot monooksidi ikkinchi bosqich bo'yicha yana qaytadan azot dioksidiga qadar oksidlanib, uchinchi bosqich bo'yicha yana qaytadan suv bilan absorbsiyalanib, qo'shimcha azot kislotasi olinadi. Bu qo'shimcha jarayon kerakli marotabagacha qaytariladi.

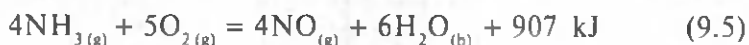
Azot kislotasi hosil bo'lishining umumiy reaksiyasi shartli ravishda quyidagicha ifodalanishi mumkin:



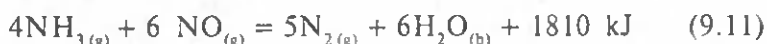
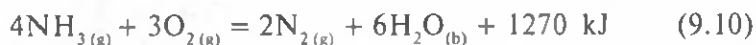
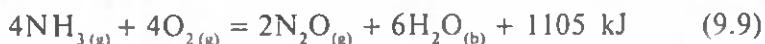
Ammo, amaliyotda azot kislotasini (9.8) reaksiya bo'yicha hozirgi davrgacha ishlab chiqarilgan emas.

### 9.8. AMMIAKNI KONTAKTLI OKSIDLASHNING FIZIK-KIMYOVIY ASOSLARI

Azot kislotasini sintetik ammiakdan ishlab chiqarishning uchta bosqichidan birinchisida yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, asosan, quyidagi reaksiya ketadi:



Bu reaksiya gomogen, ekzotermik, amaliy qaytmasdir. Ammiakni kislorod bilan oksidlanish reaksiyasi jarayoni anchagina murakkab bo'lib, unda bir vaqtning o'zida quyidagi parallel reaksiyalar ham ketishi mumkin:



Bu (9.9)—(9.11) reaksiyalar ham gomogen, ekzotermik va amaliy qaytmasdir. Ishlab chiqarish sharoitida nafaqat (9.5) reaksiyani, balki (9.9)—(9.11) reaksiyalarning muvozanatlari ham to'liq o'ng tomonga siljigandir. Bu esa yaxshi emas, chunki ammiakni (9.9)—(9.11) reaksiyalar bo'yicha oksidlanishi qimmatbaho ammiakni behuda sarf bo'lishiga olib keladi. Bu esa ishlab chiqarilayotgan azot kislotasi tannarxining oshib ketishiga olib keladi, bunga asosiy sabab shuki, (9.9)—(9.11) reaksiyalar ketishi natijasida elementar azot yoki  $\text{N}_2\text{O}$  hosil bo'lib, azot kislotasi hosil qilish uchun zarur bo'lgan azot monooksidi  $\text{NO}$  hosil bo'lmaydi.

Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, (9.5), (9.9)—(9.11) reaksiyalarining barchasi amaliy qaytmas va ular muvozanati nazariy jihatdan o'ngga siljigan bo'lishi munosabati bilan, jarayonning amaliyotdagi umumiy yo'nalishi yuqoridagi reaksiyalar tezliklari nisbati bilan aniqlanadi. Ishlab chiqarish sharoitida u yoki bu reaksiyani tezligini o'zgartirishga erishish uchun tanlov xususiyatiga ega bo'lgan katalizatorlardan bironyasi qo'llanadi.

Shuni ham ta'kidlash kerakki, hech qanday katalizator qo'llanilmaganda ammiakni atmosfera havosidagi kislorod bilan reaksiyasi o'z-o'zicha (9.10) reaksiya bo'yicha elementar azot hosil qilish bilan ketadi; bunga esa, yuqorida aytilganidek, umuman yo'l qo'yib bo'lmaydi. Ammo, (9.5), (9.9)—(9.11) kimyoviy reaksiyalar ketishi natijasida ajralib chiqayotgan issiqliklar ammiakni atmosfera havosidagi kislorod bilan boradigan oksidlash jarayonini avtotermik tarzda olib borish uchun batamom yetarlidir.

(9.5), (9.9)—(9.10) reaksiyalarni amalga oshirish uchun kislorod kerak; toza kislorod hozirgi vaqtda ham nisbatan qimmat ekanligi tufayli, yuqoridagi reaksiyalarni amalga oshirish uchun amaliyotda atmosfera havosi ishlatiladi. Modomiki shunday ekan, ammiak-havo aralashmasidagi ammiak miqdori kislorodning havodagi miqdoriga bog'liq. Agarda azot kislotasi quyidagi jamlovchi shartli ravishdagi reaksiya:



natijasida olinadi deb hisoblasak, u vaqtda tarkibida 21 (h) % kislorod bo'lgan atmosfera havosi va ammiakdan iborat bo'lgan aralashmada ammiakning optimal hajmiy miqdori:

$$C_{\text{NH}_3} = \frac{\frac{21}{2}}{\left(100 + \frac{21}{2}\right)} \cdot 100(x)\% = 9,5(x)\% \quad (9.12)$$

9,5% (h) ni tashkil etar ekan.

Bu miqdorni texnologik nuqtayi nazardan tahlil qilish quyidagi holatlarni vujudga keltirishi mumkin. Birinchidan, bu miqdor azot kislotasi unumdorligi nuqtayi nazaridan nisbatan kichik miqdor bo'lib, yuqoriroq unumdorlikka ega bo'lish uchun ammiak-havo aralashmasida ammiakning miqdorini oshirmoq kerak. Ammo bunda ammiak-havo aralashmasida ammiakning miqdori 15,8 (h) % — 25,6 (h) % oralig'idan tashqarida bo'lmog'i kerak, aks holda va juda kichik o'lchamda uchqun ro'y berganda, nafaqat azot kislotasi sexi, balki bu sexlar atrofida o'rnatilgan sexlar ham portlab ketishi mumkin.

Bularni e'tiborga olgan holatda ishlab chiqarish sharoitlarida ammiak-havo aralashmasida  $\text{O}_2 : \text{NH}_3 = 1,7\text{--}2,0$  bo'lganda ammiakning amaliy miqdori 9,5 — 11,5 (h) % dan oshib ketishiga yo'l qo'yilmaydi.

### 9.9. AMMIAKNI SELEKTIV OKSIDLASH KATALIZATORLARI, ULARNING ZAHARLANISHI VA TIKLANISHI

Ammiakni atmosfera havosi tarkibidagi kislorod bilan yuqori temperaturalarda hech qanday katalizator qo'llamay olib borilganda, oksidlash jarayoni (9.10) va (9.11) reaksiyalar bo'yicha faqat elementar azot hosil qilish bilan boradi.

Tabiiyki, azot kislotasi ishlab chiqarishda ammiakni oksidlash jarayonini tanlash, ya'ni selektivlik xususiyatiga ega bo'lgan katalizatorlar ishtirokida olib borish maqsadga muvofiq. Bunda shunday katalizatorlar qo'llash kerakki, ular ammiakni oksidlash yuqoridagi reaksiyalaridan, asosan, NO hosil qilish bilan boradigan (9.5) reaksiyasining tezligini boshqa reaksiyalar tezligiga qaraganda to'satdan oshirishga olib kelsin. Bu boradagi ilmiy izlanishlar shuni ko'rsatdiki, katalizatorlar sifatida quyidagi metall yoki ular oksidlari ishlatilishi mumkin ekan: Pt,  $\text{Co}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ , NiO, CuO.



Shunday qilib, bu katalizatorlar ichidan azot kislotasi ishlab chiqarish uchun eng zarur bo'lgan komponentlardan biri — azot monooksidi NO ni yuqori tezlik bilan hosil bo'lishini ta'minlaydigan katalizator bu — platina katalizatoridir.

Platina — qimmat katalizator, ammo u ko'p vaqt mobaynida o'zining nisbatan yuqori aktivligini saqlaydi, yetarli darajada chidamli, ma'lum mexanik mustahkamlikka ega, nisbatan yengil tiklanadi, tez qiziydi va lag'cha cho'g' holatiga keladi va eng asosiysi — mahsulot birligidagi sarfi anchagina kichikdir.

Ammo, amaliyotda katalizator sifatida hozirgi davrda toza platina emas, balki uning palladiy, rodiy va boshqa metallar bilan hosil qilgan qotishmasi ishlatiladi. Natijada katalizatorning mexanik mustahkamligi ortadi, bu esa katalizatorni yo'qolishini kamaytiradi. Bundan tashqari bunday qotishmalar ishlatilganda NO ning chiqishi toza platina qo'llanganidagiga qaraganda, 2,5—3,0% ga ortishi isbotlangan. Shuning uchun ham hozirgi vaqtda GOST 3193-59 ga binoan GIAP-1 markali platina + 4 (massali) % Pd + 3,5 (massali) % Rh dan iborat katalizator atmosfera bosimda va platina + 7,5 (massali) % Rh dan iborat katalizator yuqori bosimda ishlaydigan azot kislotasi qurilmasida ishlatilmoqda. Platina katalizatorlari yo'g'onligi 0,09 mm dan iborat 1 sm<sup>2</sup> yuzada 1024 ta juda mayda katakchalar hosil qiluvchi ingichka simdan to'qilgan to'r shaklida ishlab chiqariladi.

Yangi to'rlar tekis, yaltiroq va elastik simli ipchalardan to'qilgan bo'lib, bu katalizatorlar ishlab chiqarish jarayonida ko'p ishlatilishi natijasida xiralashib, g'adir-budur holatga o'tib, simlar tashqi ko'rinishi nisbatan yo'g'onlashib ularni tashqi va ichki yuzalari juda tarqatqiy topgan bo'ladi. Buning natijasida NO ning chiqishi biroz ortadi, ammo katalizatorning mexanik mustahkamligi pasayadi va u sekin-asta yemirila boshlaydi. O'zining dastlabki massasini 12% dan ko'p bo'lmagan miqdorini yo'qotgan katalizator qayta eritishga jo'natiladi.

Qimmatbaho platinali katalizatorni azot kislotani olishdagi nisbiy sarfini kamaytirishga erishish maqsadida oxirgi yillari ammiakni atmosfera havosidagi kislorod bilan oksidlash jarayonida ikki bosqichli katalizator qo'llash maqsadga muvofiq deb topildi. Bu vaqtda umumiy katalizator qatlami ikki qatlamdan, ya'ni platinali to'rdan iborat ustki qatlam hamda qalinligi 50—60 mm bo'lgan platinasiz pastki qatlamdan iboratdir. Bunday katalizatorni qo'llash platinani bir vaqtning o'zidagi sarfini uch marotaba kamaytirishga olib kelar ekan. Amaliyotda platina katalizatorini mexanik tarzda yo'qolishi ham mavjud. Ma'lumki, ammiakni selektiv katalizatorlar qo'llab oksidlab, azot

monooksidini hosil qilish jarayoni 1123 K -- 1193 K larda olib boriladi. Bunday yuqori temperaturalarda uchuvchan platina dioksidi hosil bo'lishidek va bundan tashqari, ammiak-havo aralashmasining katta chiziqli tezliklari natijasida platina katalizatorini bir qism zarrachalari to'g'ridan to'g'ri yo'qoladi degan taxminlar ham mavjud.

Platina katalizatorining yo'qolishini kamaytirish uchun bizning fikrimizcha, uch yo'li bor. Birinchisi — bu bir qism platinali katalizatorni nisbatan arzonroq va topilishi osonroq bo'lgan katalizatorlar yoki ular qotishmalari bilan almashtirish; ikkinchisi — platina zarrachalarini ushlab olish va ularni qaytadan katalizator tayyorlashda qo'llash; uchinchisi — zaharlangan katalizatorlarni regeneratsiyalab tozalash va qayta ishlatish.

Platinaning mayda zarrachalarini ushlab qolish uchun gaz oqimi bo'yicha katalizator to'rlaridan keyin joylashtirilgan o'tga chidamli metall oksidlari qatlamini ishlatish mumkinligi adabiyotlarda ko'rsatib o'tilgan. Hozirgi vaqtda kalsiy oksidi asosida platinaning umumiy yo'qolishini 70—80% ini ushlab qolishini ta'minlaydigan massalar ishlab chiqilgan va ular sinovdan o'tgan.

Platinani ushlab qoluvchi massani kalsiy oksidi kislorod ishtirokida platina bilan quyidagicha reaksiyaga kirishishi mumkin:



Kalsiy oksidi asosida tayyorlangan massadan ushlab qolingan platinani regeneratsiya qilib ajratish boshqa massalarni regeneratsiya qilishdan osonroq.

Ammiakni bir tekisda, o'zgarmay oksidlanishini ta'minlash uchun ammiak-havo aralashmasi mexanik aralashmalardan, ayniqsa, ammiak sintezi jarayonida qo'llanadigan temir katalizatorlari changidan juda chuqur tozalangan bo'lmog'i kerak. Chang va temir oksidlari platina katalizatori to'rlariga kirib, ularni ifloslaydi, natijada ammiak-havo aralashmasining katalizator sirti bilan uchrashish yuzasini kamayishi sodir bo'ladi, bu esa oxir-oqibat ammiakni oksidlanish darajasini ham pasayishiga olib keladi. Bundan tashqari, bu changlar katalizatorni ushlab qoluvchi massa oralariga ham kirib, ular yuzasini o'rab olib, platinani ushlab qolish darajasini ham kamayishiga olib keladi.

Platinali katalizatorlar atmosfera havosi va ammiakdagi har qanday iflosgarchilikka juda ham sezgirdirlar.

Sintetik ammiak, yuqorida eslatib o'tilganidek, temir yoki boshqa qattiq moddalar changlaridan tashqari, o'z tarkibida har xil moylar hamda ammiak kontaktli oksidlash bo'limiga yetib kelguncha bir

qator apparatlar va quvurlardan o'tayotganida to'planib qoladigan har xil aralashmalar bo'lishi mumkin. Havoning tarkibida esa azot kislotasi ishlab chiqaradigan sex yoki zavod atrofidagi havoda bo'lishi mumkin bo'lgan qattiq va gazli aralashmalar — temir oksidlari, qumlar, fosfatli tuzlar, bu sexdan yoki qo'shni sexlardan ajralib chiquvchi asetilen, xlor, uglerod monooksidi, vodorod xloridi, oltin-gugurt dioksidi, metan va boshqa gazlar bo'lishi mumkin.

Havo va ammiakni chang va aralashmalaridan tozalash uchun atmosfera bosimida ishlaydigan azot kislotasi qurilmalarida ammiak movutli mato orqali filtrlanadi, bosim ostida ishlaydigan qurilmalarda esa asbestli mato yoki gazlamali karton orqali filtrlanadi. Gazlarni tozalash uchun g'ovak sopoldan yasalgan quvurchalar ham ishlatilishi mumkin. Dastlabki ammiak-havo aralashmasini temir oksidlaridan iborat changlar bilan ifloslanishiga yo'l qo'ymaslik uchun azot kislotasi qurilmasi bo'ylab yuqoridagi gaz aralashmasi yuradigan kontakt apparatigacha bo'lgan barcha apparatlar va quvurlarni zanglamaydigan po'latdan yasashga harakat qilinadi.

Ammo, ko'rilayotgan barcha choralarga qaramay, katalizator vaqt o'tishi bilan asta-sekin zaharlanib boradi va natijada azot monooksidini chiqishi pasayib qoladi.

Platinali katalizatorlarning maksimal ishlash vaqti ularda oksidlangan ammiakning miqdori bilan o'lchanadi. 1103 K — 1123 K temperaturalarda uch qatlamli katalizator to'rining ishlash vaqti 1 gramm to'rda 1500-1600 kg azot kislotasi ishlab chiqarishga, 1173 K — 1203 K temperaturalarda esa ko'p qatlamli katalizator to'rlarining ishlash muddati 1 gramm to'rda 1300—1400 kg azot kislotasi ishlab chiqarish uchun ketgan vaqtga tengdir.

Atmosfera bosimida ishlaydigan qurilmalarda ammiakni oksidlaydigan platinali katalizatorning ishlash muddati katalizator to'rlari almashtirilmagan holda 12—14 oyni, 7—8 atmosfera bosimida ishlaydigan qurilmalarda esa 8—9 oyni tashkil etadi. Platinasiz katalizatorlarning ishlash muddati 3—5 yilga tengdir.

Har xil katalitik zaharlar va iflosliklardan tozalash uchun platinali katalizatorlar vaqti-vaqti bilan vodorod xlorid kislotasining 10—15% li eritmasida 333 K — 343 K temperaturada 2—3 soat muddatda farforli yoki kvarsli kattakon cho'zinchoq idishda regeneratsiya qilinadi. So'ng platinali to'rlar distillangan suv bilan yuviladi, toki yuvishdan keyin hosil bo'layotgan suvda xlor ioni yo'q bo'lgunga qadar; so'ngra bu to'rlar quritiladi va vodorod gazi alangasida kuydiriladi. Regeneratsiyadan so'ng katalizator to'rlarining faolligi yana qayta tiklanadi va deyarli dastlabki miqdoriga yetadi.

## 9.10. AMMIAKNI AZOT MONOOKSIDIGA OKSIDLANISH MEXANIZMI

Ammiakni havodagi kislorod bilan NO hosil qilishi orqali bora-digan (9.5) reaksiyasi gaz fazasida boruvchi gomogen reaksiyani tashkil etsa-da, ammo bu jarayonni tezlatish uchun qattiq katalizatorning qo'llanishi umumiy jarayonni geterogen katalitik jarayon deb atalishiga olib keladi.

Ammiakni NO gacha oksidlanishi mexanizmini tushuntirishda bir nechta nazariyalar mavjud. Ulardan biri adsorbsion-kimyoviy nazariya bo'lib, bu nazariyaga binoan gaz fazasida kislorodning miqdori stexiometriyaga nisbatan ko'p bo'lgan sharoitda ammiakni oksidlanish jarayoni quyidagi bosqichlardan tashkil topgan:

1. Reaksiyaga kirishuvchi moddalarni umumiy gaz massasidan ajralib chiqib, katalizatorning tashqi yuzasiga kelishi;
2. Bu moddalarni katalizatorning ichki yuzasiga diffuziyasi;
3. Adsorbsiyalangan molekullarni katalizator yuzasi bilan o'zaro ta'siri;
4. Reaksiyaga kirishgan moddalarni katalizatorni g'ovaklaridan uning sirtqi yuzasiga diffuziyasi;
5. Reaksiya mahsulotlarini katalizatorning tashqi yuzasidan umumiy gaz oqimiga o'tishi.

Bu bosqichlardan qaysi birining tezligi eng kichik bo'lsa, xuddi shu bosqich tezligi oksidlanish jarayonining umumiy tezligini belgilaydi. Ilimiy izlanishlar shuni ko'rsatyaptiki, ammiakni oksidlanish reaksiyasi tezligi avvalambor kislorod va ammiakni katalizator yuzasiga diffuziyasi tezligiga bog'liq ekan. Keyingi tekshirishlar yana shuni ko'rsatdiki, platinali katalizator yuzasiga ammiakni diffuziyasi tezligi kislorod diffuziyasi tezligidan kichik ekan. Shunday qilib, ammiakni platinali katalizator ishtirokida NO gacha oksidlanish jarayoni tezligi ammiakni katalizator yuzasiga diffuziyasi tezligi bilan belgilanar ekan. Agarda gaz fazasida kislorodni miqdori stexiometrik nisbat  $O_2:NH_3 = 5:4$  ga teng bo'lsa, ammiakni oksidlanish umumiy tezligi kislorodni platinali katalizator yuzasiga diffuziyasi tezligi bilan belgilanishi aniqlangan.

Ammiakni platinali katalizator ishtirokida NO gacha oksidlanishi jarayoni mexanizmi bir qator oraliq reaksiyalar orqali ketishi tegishli adabiyotlardan ma'lum.

NO ning ammiakni oksidlash natijasida hosil bo'lishi bir qator texnologik omillarga bog'liq: ammiak-havo aralashmasini katalizator bilan uchrashish vaqti, oksidlanish jarayonida qo'llanayotgan bosim, dastlabki gaz aralashmasining tozaligi va hokazolar.

## 9.11. AMMIK-HAVO ARALASHMASINI PLATINA KATALIZATORI BILAN UCHRASHISH VAQTI

Azot kislotasi ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan asosiy komponentlardan biri bo'lgan NO ni hosil qilish uchun ammiak-havo aralashmasi albatta platina katalizatori qatlamidan o'tmog'i kerak. Ammiakni berilgan darajada oksidlanishiga erishmoq uchun ammiak-havo aralashmasini katalizator bilan uchrashish vaqti qat'iy aniq bo'lmog'i kerak. Bu vaqt katalizatorning hajmi va dastlabki gaz aralashmasining ammiakni oksidlash sharoitidagi vaqt birligidagi hajmiy sarfiga bog'liq bo'lib, quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanishi mumkin:

$$\tau = V_{\text{kat.}}/V_{\text{gaz}}, \quad (9.14)$$

bu yerda:  $\tau$  — gaz aralashmasining katalizator zonasida bo'lish vaqti, sek;

$V_{\text{kat}}$  — katalizatorning ozod hajmi,  $\text{m}^3$ ,

$V_{\text{gaz}}$  — oksidlash sharoitidagi gaz aralashmasining vaqt birligidagi hajmiy sarfi,  $\text{m}^3/\text{sek}$ .

Ammiak-havo aralashmasini katalizator zonasida bo'lish eng qulay vaqti 0,00001 sekund bilan 0,0001 sekund oralig'ida bo'lishi amaliyotdan topilgan. Gaz oqimi chiziqli tezligini kamaytirilishi dastlabki gaz aralashmasining katalizator zonasida bo'lish vaqtini oshirilishiga va bu esa NO o'rniga elementar azot hosil bo'lishiga olib keladi. Aksincha, gaz oqimining chiziqli tezligi qulay miqdoridan oshirib yuborilsa, gaz aralashmasini katalizator zonasida bo'lish vaqtini kamaytiradi. Bu esa hosil bo'layotgan nitroza gazlari oqimiga dastlabki ammiak-havo aralashmasi, aniqrog'i ammiakni o'tib ketishiga olib keladi. Bu o'tib ketgan ammiak nitroza gazi tarkibidagi NO bilan reaksiyaga kirishib, elementar azot hosil qiladi:



Bu ammiakning bir qismi nitroza gazlari tarkibidagi,  $\text{NO}_2$  bilan reaksiyaga kirishib, ammoniy nitriti va ammoniy nitrati hosil qiladi. Yuqori temperaturalarda  $\text{NH}_3$  o'zi ham parchalanib, elementar  $\text{N}_2$  hosil qilishi mumkin:



Ammoniy nitriti va ammoniy nitrati ham yuqori temperaturalarda parchalanishi natijasida elementar azot va  $\text{N}_2\text{O}$  hosil bo'lishi mumkin.

Yuqoridagi reaksiyalar natijada qimmatbaho ammiakning ma'lum bir qismi yo'qoladi. Bu esa o'z navbatida ishlab chiqarilayotgan azot kislotasi tannarxining oshib ketishiga olib keladi. Bundan tashqari, katalizatorning to'rlari orqali oksidlanmay o'tib ketayotgan ammiakning bir qismi temperaturasi pastroq bo'lgan zonalargacha yetib borib, ammoniy nitriti va ammoniy nitratlarini hosil qilishi mumkin, ular esa bir-biriga ishqalanib turuvchi yuzalarga tushib qolib, portlashni keltirib chiqarishi mumkin.

## 9.12. AZOT MONOOKSIDINI HOSIL BO'LISHIGA BOSIMNING TA'SIRI

Ammiakni havodagi kislorod bilan oksidlab, azot monooksidi — NO ni hosil qilish (9.5) reaksiyasi gomogen, hajm torayishi bilan ketgani va amaliy qaytmas bo'lgani uchun nazariy jihatdan NO ning chiqishiga bosim deyarli ta'sir ko'rsatmasligi kerak. Ammo, amaliyotda (9.5) reaksiya uchun bosimni oshirish ammiakni azot monooksidigacha oksidlash darajasini kamayishiga olib keladi. Bunday salbiy ta'sirni bir oz bo'lsa-da kamaytrishga erishish uchun temperatura va to'rlar soni ham mos ravishda oshiriladi. Buni quyidagi jadvalda ko'rish mumkin.

9.4-jadval

### AZOT MONOOKSIDINI CHIQISHIGA TEXNOLOGIK OMILLAR TA'SIRI

Bosim, Pa	Temperatura, K	Platinali to'rlar soni	Azot monooksidi chiqishi, %
$1 \cdot 10^5$	1093	2	97—98
$4 \cdot 10^5$	1153—1173	12	95—96
$8—9 \cdot 10^5$	1173—1193	16—20	94—95

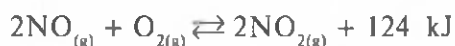
Bu jadvaldan yaqqol ko'rinib turibdiki, ammiakni oksidlash jarayonida bosimni oshirilishi NO ning chiqishini kamayishiga, ya'ni bosim 1 atmosferadan 8—9 atmosferagacha oshirilganda azot monooksidi chiqishi 3% gacha kamaymoqda. Bu esa nisbatan salbiy holat bo'lib, ishlab chiqarilayotgan azot kislotasi tannarxining oshib ketishiga olib kelishi mumkin.

Lekin ikkinchi tomondan (9.5) reaksiya bo'yicha ammiakni oksidlash jarayonida bosimning oshirilishi azot kislotasi qurilmasining unumdorligini oshirib, undagi apparatlar o'lchamlarini kichraytirishga

olib keladi, garchand bu vaqtda apparatlar tashqi devorlari qalinligi bir oz oshsa-da, boshqa tomondan, bosim va temperaturaning ortishi bilan, afsuski, qimmatbaho platinali katalizatorlarning yo'qolishi ham ortar ekan. Atmosfera bosimida ishlaydigan qurilmada platinali katalizatorning yo'qolishi bir tonna ishlab chiqarilayotgan azot kislotaga nisbatan hisoblanganda 0,045—0,050 grammni tashkil etsa, 7,3 atmosfera bosimida ishlaydigan qurilmada bu miqdor 0,350—0,400 grammni tashkil etib, bu yo'qolish 8—9 marotabadan ko'proq ortib ketishini ko'rsatyapti. Bu omil ham albatta ishlab chiqarilayotgan azot kislotasi tannarxining ortishiga olib keladi. Ammo, bunday no-maqbul holat ta'sirini kamaytirish maqsadida kuniga 350—500 tonna azot kislotasi ishlab chiqaruvchi o'rta unumdorlikdagi qurilmalar faoliyatini tahlil qilish asosida azot kislotasi qurilmasini nafaqat ammiakni oksidlash bo'limida, balki uning absorbsiyalash bo'limida ham bosimni qo'llash maqsadga muvofiqligi ko'rsatilgan. Unumdorligi azot kislotaga bo'yicha kuniga 1000 tonna va undan ortiq bo'lgan qurilmalarda umuman olganda, yuqori bosimni qo'llash kapital mablag'lar sarfini va pirovard natijada azot kislotaga tannarxini kamayishiga olib kelishi isbotlangan.

### 9.13. AZOT MONOOKSIDINI OKSIDLASH JARAYONINING NAZARIY ASOSLARI

Sintetik ammiakni atmosfera havosidagi kislorod bilan oksidlash natijasida tarkibida azot monooksidi, elementar azot, kislorod va suv bug'laridan iborat bo'lgan nitroza gazlari hosil bo'ladi. Bu nitroza gazlaridan azot kislotasi ishlab chiqarish uchun azot monooksidini azot dioksidigacha oksidlash kerak. U jarayon quyidagi reaksiya orqali amalga oshiriladi:



Bu reaksiya gomogen, ekzotermik bo'lib, hajm torayishi (3 hajmdan 2 hajmga) bilan boradi va amaliy qaytardir. Shunday qilib, Le-Shatelye prinsipiga muvofiq, jarayon boradigan temperaturaning pasaytirilishi va bosimning orttirilishi (9.6) reaksiya muvozanatini o'ng tomonga burishga, ya'ni azot dioksidini hosil bo'lish tomonga burishga olib keladi.

Azot monooksidini azot dioksidiga oksidlanish (9.6) reaksiyasining muvozanat doimiysini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$K_{m.d.} = P_{\text{NO}_2}^2 / (P_{\text{NO}}^2 \cdot P_{\text{O}_2}); \quad (9.16)$$

bu yerda:  $P_{NO_2}, P_{NO}, P_{O_2}$  — mos ravishda azot dioksidi, azot mono-oksidi, kislorodning muvozanatdagi ulushli bosimlari,  $P_a$   $K_{m.d.}$  — reaksiya muvozanat doimiysi,  $Pa^{-1}$ .

Muvozanat doimiysini har xil temperaturalardagi miqdorlari quyidagi jadvalda keltirilgandir.

9.5-jadval

**AZOT MONOOKSIDINI AZOT DIOKSIDIGACHA  
OKSIDLANISH MUVOZANAT DOIMIYSINING  
TEMPERATURAGA BOG‘LIQLIGI**

Temperatura, K	293	373	473	573
Muvozanat doimiysi, $Pa^{-1}$	$1,24 \cdot 10^{13}$	$1,82 \cdot 10^7$	$7,41 \cdot 10^3$	45,5
Temperatura, K	773	973	1173	—
Muvozanat doimiysi, $Pa^{-1}$	$8,50 \cdot 10^{-2}$	$2,12 \cdot 10^{-3}$	$1,51 \cdot 10^{-4}$	—

Bu jadvaldan ko‘rinib turibdiki, 373 K gacha (9.6) reaksiyaning muvozanati amaliy jihatdan to‘liq azot dioksidi hosil bo‘lish, ya‘ni o‘ng tomonga burilgan. Aksincha, nisbatan yuqoriroq temperaturalarda reaksiya muvozanati chap tomonga burilgan bo‘lib, 973 K va undan yuqori temperaturalarda azot dioksidi amaliy jihatdan umuman hosil bo‘lmaydi. Shu tufayli ammiakni oksidlash kontakt apparatidan chiqayotgan yuqori temperaturalardagi nitroza gazlari tarkibida  $NO_2$  umuman yo‘q bo‘lib, uni hosil qilish uchun bu nitroza gazlarini 373 K dan pastroq temperaturalargacha sovitish kerak.

Shuni ta‘kidlash kerakki, azot monooksidini azot dioksidigacha oksidlash azot kislotasi ishlab chiqarish jarayonining eng sekin amalga oshuvchi bosqichi bo‘lganligi uchun ham (9.6) reaksiya bo‘yicha oksidlanish reaksiyasi tezligi azot kislotasi olish butun jarayonining tezligi bo‘lib hisoblanadi.

$NO$  va  $NO_2$  oksidlarini jarayoni tezligi nitroza gazlari tarkibidagi  $O_2$  ning konsentratsiyasiga hamda  $NO$  ning konsentratsiyasi kvadratiga to‘g‘ri proporsional. Umuman olganda, bu tezlikni oshirish uchun  $O_2$  va  $NO$  lar konsentratsiyasi va bosimini ko‘tarib, temperaturani esa, dunyodagi deyarli barcha reaksiyalardan farqli o‘laroq, pasaytirish kerak. Buni tushuntirish bo‘yicha birmuncha ilmiy gipotezalar mavjud bo‘lsa-da, ulardan ko‘pchilik tomonidan tan olinganlaridan biri — bu oraliq mahsulot — azot monooksidi dimerining hosil bo‘lish va uni oksidlash jarayoni sharoitlari bilan bog‘liqdir.



Azot monooksidini azot dioksidiga oksidlash jarayoni juda sekin amalga oshadigan bosqich hisoblanib, uni tezlatish esa NO ni NO<sub>2</sub> ga oksidlash jarayoni vaqtga bog'liq, bu omil esa NO va NO<sub>2</sub> ning dastlabki gaz aralashmasidagi konsentratsiyalari va umumiy bosimning ortishi, temperaturani esa pasayishi bilan kechishi 9.6-jadvalda keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdi. Bu jadvaldan yana shu ham ko'rinadiki, amaliyotda azot monooksidini to'liq oksidlashga erishib bo'lmaydi.

9.6-jadval

**AZOT MONOOKSIDINI OKSIDLANISH VAQTINI NITROZA  
GAZLARIDAGI NO VA NO<sub>2</sub> NING KONSENTRATSIYASI,  
UMUMIY BOSIM, TEMPERATURA HAMDA NO NING  
OKSIDLANISH DARAJASIGA BOG'LIQLIGI**

Konsentratsiya, (h) %		Bosim, 10 <sup>5</sup> Pa	Temperatura, K	Oksidlanish vaqti, sekund			
NO	NO <sub>2</sub>			Oksidlanish darajasi, %			
1	2	3	4	20	50	90	98
1	2	3	4	5	6	7	8
9,92	5,68	1	303	3,150	12,100	248	2930
		1	363	6,430	25,300	508	5760
		1	473	15,500	61,200	1230	11450
		8	303	0,049	0,194	3,880	36,400
		8	363	0,101	0,394	7,860	74,400
		8	473	0,242	0,954	19,200	179,000
0,82	1,20	1	303	172	532	5750	33900
		1	363	352	1084	11740	69200
		1	473	848	2610	28300	167000
		8	303	2,700	8,300	89,800	530
		8	363	5,600	16,900	183,000	1080
		8	473	13,200	40,800	442,000	2610

Azot monooksidini azot dioksidiga oksidlash jarayonida nafaqat azot dioksidi NO<sub>2</sub> hosil bo'ladi, balki shu bilan birga NO<sub>2</sub> ning bir qismi, ayniqsa, temperatura 283 K — 323 K qiymatlarga teng bo'lganda polimerlanib, quyidagi reaksiya bo'yicha N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ni ham hosil qilishi mumkin:



Azot dioksidini polimerlanish darajasini temperaturaga bog'liqligi 9.7-jadvalda keltirilgan.

9.7-jadval

### AZOT DIOKSIDINING POLIMERLANISH DARAJASINI TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGI

Temperatura, K	253	273	303	343	373	473
Polimerlanish darajasi, %	92	89	77,8	38	2,5	0,7

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, temperatura ortishi bilan  $\text{NO}_2$  ni  $\text{N}_2\text{O}_4$  ga oksidlanish darajasi keskin kamaymoqda va 323 K da 60% ga yaqinni tashkil etadi. Shuni ham aytish kerakki, (9.17) reaksiya hajm torayishi bilan borishi tufayli, bosimni ortishi Le-Shatelye prinsipiga muvofiq,  $\text{N}_2\text{O}_4$  ni chiqishini ortishiga olib keladi.

Azot monooksidini azot dioksidiga oksidlash jarayonida hosil bo'layotgan  $\text{NO}_2$  ning bir qismi  $\text{NO}$  bilan quyidagi reaksiya bo'yicha  $\text{N}_2\text{O}_3$  — azot uch oksidini ham hosil qilishi mumkin:



Bu reaksiya gomogen, amaliy qaytar, ekzotermik va hajm torayishi bilan ketishi tufayli Le-Shatelye prinsipiga muvofiq, bosimni ortishi va temperaturani pasayishi  $\text{N}_2\text{O}_3$  chiqishini ortishiga olib keladi.

Shunday qilib, azot dioksidini absorbsiya bo'limiga ketayotgan nitroza gazlari asosan quyidagi gazlar aralashmasidan iboratdir:  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{O}_2$  va suv bug'lari.

#### 9.14. AZOT OKSIDLARI ABSORBISIYASI JARAYONINING FIZIK-KIMYOVIY ASOSLARI

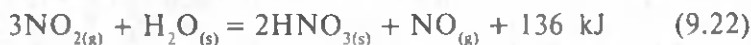
Azot kislotasi ishlab chiqarish uchun nitroza gazlari tarkibidagi azot oksidlari suv bilan absorbsiyalanadi, ya'ni suv bilan yuttiriladi. Bu yerda shuni alohida aytib o'tmoq kerakki, nitroza gazlari tarkibiga kiruvchi azot monooksidi suv bilan ham, kislotaga bilan ham reaksiyaga kirishmaydi. Konsentrlanmagan azot kislotasi hosil qilishda, asosan,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$  ishtirok etadilar va bunda nitrat kislotasi  $\text{HNO}_3$  va  $\text{HNO}_2$  nitrit kislotasi quyidagi reaksiyalar bo'yicha hosil bo'ladilar:



Hosil bo'lgan nitrit kislotasi  $\text{HNO}_2$  beqaror bo'lib, quyidagi reaksiya bo'yicha parchalanadi:



Azot kislotasi ishlab chiqarish sharoitida nitroza gazlari tarkibidagi asosiy azot oksidlaridan biri — bu azot dioksidi bo'lib, uning suv bilan jamlovchi reaksiyasi quyidagicha ifodalanishi mumkin:



Bu (9.22) reaksiya geterogen (chunki gaz va suyuqlik holatidagi moddalar reaksiyaga kirishyapti), hajm torayishi (3 mol  $\text{NO}_2$  gazidan 1 mol  $\text{NO}$  gazi hosil bo'lmoqda), ekzotermik (reaksiya issiqlik chiqishi bilan bormoqda) va amaliy qaytardir. Le-Shatelye prinsipiga muvofiq, (9.22) reaksiyaning muvozanatini o'ng tomonga, ya'ni  $\text{HNO}_3$  hosil bo'lishi tomoniga burish uchun bosimni oshirib, temperaturani pasaytirish kerak. (9.22) reaksiyadan ko'rinib turibdiki, dastlabki  $\text{NO}_2$  gazining 33.3 foizi suvda yutilmaydigan  $\text{NO}$  gaziga o'tib ketmoqda. Bu  $\text{NO}$  gazini atmosfera havosiga tashlab yuborish aslo mumkin emas, chunki bu vaqtda atrof muhit zaharlanadi va eng asosiysi ishlab chiqarilayotgan azot kislotasining tannarxi ancha qimmatlashib ketadi. Shuning uchun ham amaliyotda bu hosil bo'lgan  $\text{NO}$  nitroza gazlari tarkibidagi  $\text{O}_3$  bilan  $\text{NO}_2$  ni absorbsiya qilish minorasi ichida yana qayta oksidlanadi:



Hosil bo'lgan bu  $\text{NO}_2$  (9.22) reaksiya bo'yicha suv bilan yana absorbsiyalanadi. Natijada bu 1 mol  $\text{NO}_2$  ning 33.3 foizi yana  $\text{NO}$  gaziga aylanadi va hokazo. Bu jarayonda  $\text{NO}$  matematik jihatdan geometrik progressiya bo'yicha hosil bo'laveradi va

$$V = 1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} + \dots = 1,5 \text{ hajm} \quad (9.23)$$

ular yig'indisi 1,5 ga teng bo'ladi. Bu yerdan ma'lum bo'ladiki, 1 hajm  $\text{NO}$  ni  $\text{NO}_2$  ga oksidlab,  $\text{HNO}_3$  olish uchun 1,5 hajm ozod hajm kerak bo'ladi.

Bu yerdan kelib chiqadiki, azot oksidlarini suv bilan absorbsiyalab nitrat kislotasiga to'liq qayta ishlash nazariy jihatdan mumkin emas ekan. Bu degan so'z, amaliy jihatdan ham absorbsion minoradan tashlab yuborilayotgan gazlar tarkibida doimo ma'lum miqdorda absorbsiyalanmay qolgan azot oksidlari bo'lishi mumkin. Bu azot oksidlarining miqdori bir qator texnologik omillarga bog'liqdir:

absorbsiya jarayonidagi temperatura, bosim, kislotaning konsentratsiyasi va hokazolalar.

Bosimning ortishi, temperaturaning va kislotaning konsentratsiyasining pasayishida azot dioksidini azot kislotasiga aylantirish darajasi ortishiga erishiladi.

Shuni ta'kidlash kerakki, NO ni NO<sub>2</sub> ga oksidlanish darajasini orttirish — boshqa omillar qatori absorpsion minora ichidagi ozod hajmga, aniqrog'i, uning kattaligiga, yutilayotgan azot oksidlarining miqdori esa — bu gazlarni suyuqlik, ya'ni suv yoki kuchsiz nitrat kislotasi bilan uchrashish yuzasiga, aniqrog'i, uning naqadar ko'pligiga bog'liqdir.

Azot oksidlarining absorpsiyasi nitrat kislotasining konsentratsiyasi 65% ga yetganda amaliy jihatdan to'xtaydi. Bu konsentratsiyani 65% dan oshirib bo'lmagligining asosiy sabablaridan biri — bu gaz fazasida NO<sub>2</sub> ga qadar oksidlanish tezligi kichik bo'lgan NO ning miqdori juda ozligidadir.

### 9.15. AZOT KISLOTASI ISHLAB CHIQRISH TEXNOLOGIK TIZIMLARINING TURKUMLARI

Konsentrlanmagan azot kislotasini sintetik ammiakdan ishlab chiqarish yuqorida ta'kidlanib o'tilganidek, asosan, quyidagi uch bosqichdan iborat, ya'ni birinchi bosqichda ammiakni atmosfera havosidagi kislorod bilan oksidlab, azot monooksidini (9.5) reaksiya bo'yicha olish; ikkinchi bosqichda azot monooksidini (9.6) reaksiya bo'yicha nitroza gazlari tarkibidagi kislorod bilan azot dioksidigacha oksidlash; uchinchi bosqichda azot dioksidini (9.7) reaksiya bo'yicha suv bilan absorpsiyalash jarayonlari amalga oshiriladi.

Kuchsiz nitrat kislotasini ishlab chiqarish texnologik tizimlari, asosan, yuqorida bayon etilgan bosqichlarda qo'llaniladigan bosimlar har xilligi bilan turkumlanadi.

Shunday qilib, kuchsiz azot kislotasi ishlab chiqaradigan qurilmalar texnologik tizimlari uch turdan iboratdir:

1. Atmosfera bosimida ishlaydigan tizimlar. Bunda azot kislotasi olishning uchala bosqichida ham atmosfera bosimi qo'llanadi;

2. Yuqori bosimda ishlaydigan tizimlar. Bunda uchala bosqichda ham yuqori bosim qo'llanadi;

3. Qo'sh bosimda ishlaydigan tizimlar. Bunda birinchi bosqich, ya'ni ammiakni oksidlash bosqichida atmosfera bosimi, qolgan ikki bosqich, ya'ni azot monooksidini azot dioksidigacha oksidlash va

azot dioksidini suv bilan absorbsiyasi bosqichlarida yuqori bosim qo'llanadi. Aytib o'tish kerakki, bu texnologik tizimlar turlaridan kuchsiz azot kislotasi olish nazariy asoslariga eng to'g'ri keladigan qo'sh bosimda ishlaydigan texnologik tizimlaridir.

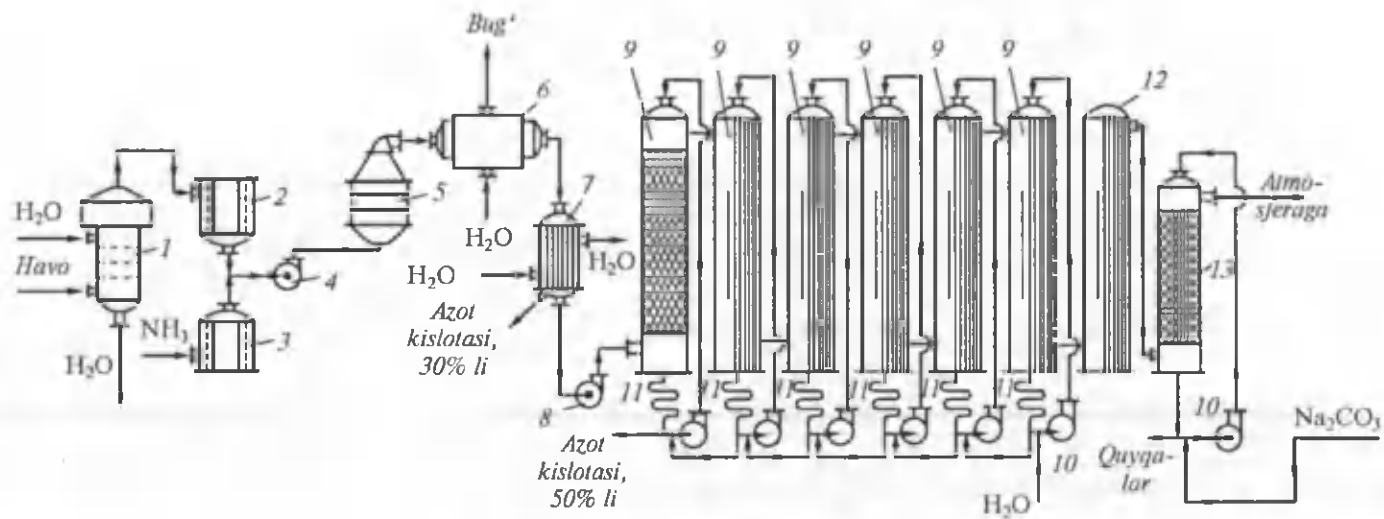
Hozirgi vaqtda atmosfera bosimi ostida ishlaydigan texnologik tizimlar deyarli qo'llanilmaydi, chunki ular unumdorliklari kichik bo'lganliklari, apparatlari bahaybat va shu sababli katta kapital mablag'lar sarflanishi, sezilarli darajada ammiak yo'qolishi va tashlandiq gazlarni azot oksidlaridan samarasi uncha yuqori bo'lmagan ishqoriy tozalash usuli qo'llanishi bilan salbiy tomonga qarab ajralib turadilar. Bunday qurilmalarning, asosan birgina afzalligi — bu ham bo'lsa platina katalizatorining nisbtan kam sarfidir.

Hozirgi zamon azot kislotasi qurilmalari asosan, yuqori bosimli — 0,73—1,00 MPa va qo'sh bosimli — azot dioksidi absorbsiyasi 1,1 MPa gacha bosimlarni qo'llaydigan texnologik tizimlar asosida ishlaydilar. Bunday texnologik tizimlar energotexnologik sistemalar prinsiplari asosida yaratilgan bo'lib, ularda tashlandiq gazlar (ularning temperatura va bosimlari balandligi tufayli) energiyasi va ammiakni oksidlash reaksiyasi issiqligi atmosfera havosi va nitroza gazlarini siqishga hamda texnologik bug' olish uchun ishlatiladi. Shuningdek, bu texnologik tizimlarda past potentsiallik issiqliklardan ham iloji boricha to'liqroq foydalanish ko'zda tutilgandir.

Yevropa mamlakatlarida qo'sh bosimli, AQSH da esa yuqori bosimli texnologik tizimlar keng qo'llaniladi. O'zbekiston Respublikasida esa unumdorligi yirik — kuniga 1100 t azot kislotasi ishlab chiqaradigan zamonaviy qo'sh bosimda ishlaydigan, ya'ni ammiakni oksidlash 0,45 MPa, azot dioksidini absorbsiyasi 1,1 MPa bosimda amalga oshiriladigan kuchli avtomatlashgan AK-72 rusumli kuchsiz azot kislotasi qurilmalari keng tarqalgandir. Ularda ishlab chiqariladigan azot kislotasining konsentratsiyasi 65% gacha borishi mumkin.

### **9.16. ATMOSFERA BOSIMI OSTIDA ISHLAYDIGAN AZOT KISLOTASI ISHLAB CHIQRISH QURILMASINING TEKNOLOGIK TIZIMI**

Sintetik ammiakni oksidlash va bu jarayon natijasida hosil bo'lgan azot monooksidini azot dioksidigacha oksidlash uchun kerak bo'lgan atmosfera havosi azot kislotasi ishlab chiqaradigan korxonadan uzoqroqda, qoida bo'yicha havosi nisbatan toza bo'lgan yerda o'rnatilgan balandligi 30-40 m bo'lgan havoni so'rib oluvchi vertikal silindrik yoki kesik konussimon quvur orqali so'rib olinib, azot kislotasi ishlab chiqarish qurilmasiga beriladi (9.12-rasm).



9.12-rasm. Azot kislotasining atmosfera bosimi ostida ishlab chiqarish texnologik tizimi:

1 — elaksimon ko'pikli yuvgich; 2, 3 — havo va ammiakli mexanik aralashmalardan tozalash qattiq qog'ozli filtrlar; 4 — ammiak-havoli ventilator; 5 — ammiakni oksidlash kontakt apparati; 6 — qozon-foydalangich; 7 — qobiq quvurli sovitgich; 8 — gazpuflagich; 9 — absorbsion minoralar; 10 — markazdan qochma sirkulatsiya nasoslari; 11 — suvli sovitgichlar; 12 — oksidlash minorasi; 13 — sanitar minoralar.

Havoni mexanik va kimyoviy aralashmalardan tozalash uchun elaksim on ko'pikli yuvgich (1) va qattiq qog'ozli filtr (2) o'rnatilgan. Ombordan kelayotgan gaz holdagi ammiak ham qattiq qog'ozli filtr (3) da har xil mexanik aralashmalardan tozalanadi. Aralashmalardan tozalangan atmosfera havosi va ammiak qo'shilib, ammiak-havo aralashmasini hosil qiladilar. Bu aralashma tarkibidagi ammiak miqdori 10—11,5 (h) % atrofida bo'ladi. Ammiak-havo aralashmasini butun azot kislotasi qurilmasi bo'yicha harakati ventilator (4) orqali amalga oshiriladi. So'ngra ammiak-havo aralashmasi kontakt apparati (5) ga beriladi va bu apparatda sintetik ammiakni havodagi kislorod hisobiga platina katalizatori ishtirokida 1073 K atrofida oksidlanish jarayoni ketib, azot monooksidi hosil bo'ladi.

Qaynoq nitroza gazlari kontakt apparati (5) dan chiqib, qozon-foydalangich (6) ga boradi. U yerga distillangan toza suv berilib, nitroza gazlari issiqligi hisobiga bu suv o'ta qizigan bug'ga aylanadi, buning hisobiga esa nitroza gazlari temperatura 523 K gacha pasayadi. So'ngra nitroza gazlari qobiq-quvurli sovitgichlar (rasmda bir donasi ko'rsatilgan) (7) da suv bilan 303 K gacha sovitiladi. Bu vaqtda nitroza gazlari tarkibidagi suv bug'lari kondensatlanadi, azot monooksidining kichik bir ozgina qismi azot dioksidigacha oksidlanib, uning ma'lum bir qismi kondensat bilan yutilib, konsentratsiyasi 30% ga yaqin bo'lgan kuchsiz azot kislotasini hosil qiladi. Sovitgich (7) larda ammoniy selitrasi  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ham ushlab qolinadi. Odatda, ammoniy selitrasi kontakt apparati (5) dan chiqayotgan nitroza gazlarida platina katalizatoridan o'tib ketib qolgan kontakt apparati (5) ni qizdirish paytida yoki kontakt apparati (5) ni noto'g'ri rejim asosida ishlashiga yo'l qo'yilganda yoki nozik platina katalizatorlari to'rlari teshilib ketgan hollarda ammiak bilan reaksiyaga kirishish natijasida hosil bo'ladi.

Shundan so'ng, nitroza gazlari gazpuflagich (8) orqali kislotaga chidamli Rashig halqalari bilan to'ldirilgan absorbsion minoralar (9) ga beriladi. Ularning soni amaliyotda 6 dan 8 tagacha bo'lishi mumkin.

Azot kislotasi hosil qilish uchun kerak bo'lgan texnologik suv absorbsion minoralar (9) ning nitroza gazlari bo'yicha eng oxirigisiga nasos (10) orqali beriladi. Bu oxirgi minora (9) da azot kislotasining juda kuchsiz eritmasi hosil bo'ladi, chunki nitroza gazlari tarkibidagi azot dioksidining asosiy qismi bu minoradan oldinda turganlaridan bir nechtasida absorbsiyalangan bo'ladi.

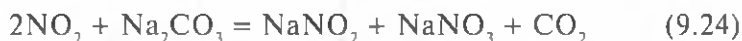
Shunday qilib, hosil bo'lgan azot kislotasining kuchsiz eritmasi texnologik suv o'rniga ketma-ket nitroza gazlari oqimiga qarshi yo'nalish bo'yicha turgan absorbsion minoralar (9) ga beriladi va

natijada azot kislotasining konsentratsiyasi sekin-asta oshib boraveradi va nitroza gazlari oqimi bo'yicha birinchi absorbsion minora (9) da azot kislotasining konsentratsiyasi 45—50% gacha yetadi. Xuddi shuning uchun ham mahsuliy azot kislotasi shu absorbsion minora (9) dan olinadi. Absorbsion minoralar (9) orqali kislotalar harakati markazdan qochma sirkulatsiya nasoslari (10) orqali bajariladi.

Ma'lumki, azot dioksidini suv bilan absorbsiyasi (9.7) reaksiyasi ekzotermik bo'lgani uchun har bir absorbsion minora (9) da azot kislotasi hosil bo'lgani sari uning temperaturasi ko'tarilib ketaveradi. Bu esa kislotasi chiqishiga salbiy ta'sir etadi. Shuning uchun Le-Shatelye prinsipiga binoan kislotani sovitib turish uchun bir qator suvli sovitgichlar (11) ishlatiladi.

Absorbsion minoralar (9) da nitroza gazlari tarkibidagi azot dioksidining 92% ga yaqini absorbsiyalanadi. Bundan tashqari, (9.7) reaksiyaga muvofiq azot dioksidini yutish jarayonida azot monooksidi ham hosil bo'ladi. Garchand uni ko'pgina qismi yana qaytadan azot dioksidiga oksidlanib, so'ng azot kislotasiga aylanib ketsa ham, ammo uning ma'lum bir qismi oksidlanishga va yutilishga ulgurmay, nitroza gazlari tarkibida qolib ketadi. Lekin bu gazlarni to'g'ridan to'g'ri atmosfera havosiga tashlab yuborish mumkin emas, chunki bu holda rangsiz azot monooksidi havodagi kislorod bilan (9.6) kimyoviy tenglamada ko'rsatilganidek, qo'ng'ir rangli azot dioksidigacha oksidlanib, amaliyotda «tulki dumi» deb atalmish zaharli tashlandiq gazni hosil qilib, atrof-muhitni ifloslanishiga olib kelishi mumkin.

Bu salbiy holatning oldini olish uchun, absorbsion minoralar (9) dan keyin oksidlovchi minora (12) o'rnatilgan bo'lib, ularda azot monooksidining bir qismi azot dioksidiga oksidlanib, nitroza gazlari bilan birga amaliyotda sanitar minora deb ataluvchi bir nechta minora (13) (chizmada bir donasi ko'rsatilgan) ga kiradi. U minoralarga kalsinatsiyalangan soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) eritmalari berilib, ular nitroza gazlaridagi azot monooksidi, azot dioksidlari va azot uch oksidlari bilan reaksiyaga kirishib,



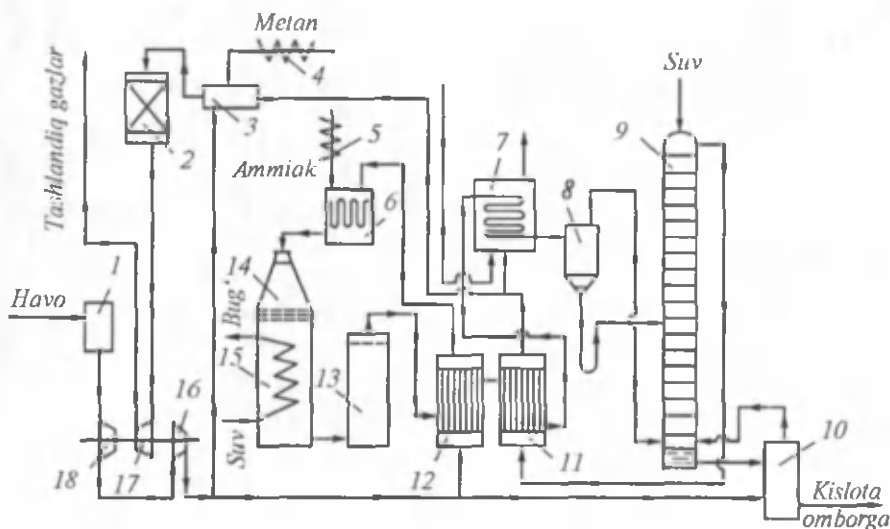
nitrit-nitrat quyqalarini hosil qiladi. Bunday jarayonlar azot oksidlari-dan foydalanish umumiy darajasi 95—99% gacha yetishiga va azot kislotasi ishlab chiqaradigan zavod hamda uning atrofidagi hududlarda mehnat va yashash sharoitlarini yaxshilanishiga olib keladi.



Oxirgi uchta reaksiyalarda tashlandiq nitroza gazlarini azot oksidlaridan tozalashda kalsinatsiyalangan soda eritmasi o'rniga o'yuvchi natriy NaOH yoki «ohak suti»  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  eritmalarini ham qo'llash mumkin. Shunday qilib, azot oksidlaridan tozalangan tashlandiq gazlar mo'ri (chizmada ko'rsatilmagan) orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi.

### 9.17. AZOT KISLOTASINI BOSIM OSTIDA ISHLAB CHIQRISH TEXNOLOGIYASI

Atmosfera havosi ikki bosqichli (birinchi bosqich lavsanli matodan, ikkinchi bosqichi esa Petryanov matosidan iborat bo'lgan) filtri (1) da puxta tozalanishdan o'tadi. Tozalangan havo ikki bosqichli (16), (18) havoli kompressorda siqiladi. Birinchi bosqich (18) da havo 0,35 MPa gacha adiabatik siqiladi va shuning uchun, uning temperaturasi 438 K — 448 K gacha ko'tarilib ketadi. Bu siqilgan havo sovitilgach, siqilishning ikkinchi bosqichi (16) ga yuboriladi. U yerda havoning bosimi 0,716 MPa gacha ko'tarilishiga erishiladi (9.13-rasm).



9.13-rasm. Azot kislotasining 0,716 MPa bosimda kompressorni gazli turbinadan harakatga keltirish bilan ishlab chiqarish texnologik chizmasi: 1 — havo filtri; 2 — tashlandiq gazlarni nitroza gazlaridan katalitik tozalash reaktori; 3 — metanni yoqish uskunasi; 4 — metan isitgichi; 5 — ammiak isitgichi; 6 — ammiak va havoni porolit filtrli aralashtirgichi; 7 — sovitgich-kondensator; 8 — separator; 9 — absorbsion minora; 10 — puflanuvchi minora; 11 — tashlandiq gazlar issiqlik almashtirgichi; 12 — havo isitgichi; 13 — nitroza gazlarini oksidlash apparati; 14 — kontakt apparati; 15 — qozon-foydalan-gich; 16, 18 — ikki bosqichli turbokompressor; 17 — tashlandiq gazlar turbinasi.

Siqilgan atmosfera havosining asosiy qismi havo isitgich (12) da nitroza gazlari issiqligi hisobiga 523 K — 543 K gacha isitiladi va ammiak bilan aralashtirish uchun aralashtirgich (6) ga yuboriladi.

Suyuq ammiakni bug' bilan bug'latish hisobiga hosil qilingan gaz holiday ammiak ham namlik, moy va temir katalizatori changlaridan tozalangach, isitgich (5) orqali 423 K temperaturagacha isib, aralashtirgich (6) ga yuboriladi. Aralashtirgich (6) porolitli filtr bilan birga bir apparat ichiga joylashtirilgan. Bu yerda tozalashdan o'tib, hosil qilingan, tarkibida 10 (h) % dan ammiak gazi ko'p bo'lmagan ammiak-havo aralashmasi ammiakni konversiya qilish, ya'ni oksidlash uchun kontakt apparati (14) ga yuboriladi.

Ammiakni oksidlash jarayonida asosan, azot monooksidini olish maqsadida kontakt apparati (14) da platina-rodilyli qotishmadan yasalgan to'rsimon katalizator ishlatilib, unda ekzotermik jarayon 1143 K — 1173 K larda amalga oshirilib, ammiakning oksidlanish darajasini anchagina yuqori miqdor, ya'ni 96% gacha yetkazishga erishiladi.

Hosil bo'lgan nitroza gazlari (asosan, azot, kislorod, azot monooksidi, suv bug'lari, argon va uglerod dioksidi (atmosfera havosi bilan kiradi)), oksidlanmay qolgan juda oz miqdordagi ammiak (oksidlanish sharoitlari buzilgan taqdirda) va h.k. gazlar aralashmasi issiqligidan unumliroq foydalanish uchun kontakt apparati (14) ning pastki qismiga joylashtirilgan qozon-foydalangich (15) ga yuboriladi. U yerda nitroza gazlari 1163 K — 1183 K dan 443 K temperatura-gacha sovitiladi. Bunday sovitishga erishish uchun qozon-foydalan-gich (15) ga kimyoviy tozalangan, deaeratsiyalantirilgan bosim ostidagi suv ishlatiladi.

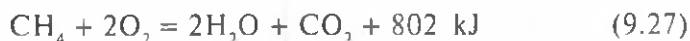
Bunday sovitish natijasida suv bosimi 1,5 MPa va temperaturasi 523 K da bo'lgan o'ta qizigan suv bug'iga aylanadi va u iste'molchiga yuboriladi.

Qozon-foydalangich (15) dan so'ng nitroza gazlari oksidlovchi apparat (13) ga yuboriladi. Bu apparatning ichi bo'sh bo'lib, uning tepa qismiga shisha tolali filtr o'rnatilgan bo'lib, u platina katalizatori zarrachalarini ushlab qolish uchun xizmat qiladi. Nitroza gazlari tarkibidagi azot monooksidini qisman (40% gacha) oksidlanishi qozon-foydalangich (15) ning o'zidayoq sodir bo'ladi. Oksidlovchi apparat (13) da esa oksidlanish darajasi 85% gacha ko'tariladi. Azot monooksidini oksidlanish jarayoni (9.6) reaksiyaga binoan ekzotermik bo'lgani uchun nitroza gazlari temperaturasi 443 K dan 603 K — 608 K gacha ko'tariladi. Bu reaksiya issiqlik isitgich (12) da atmosfera havosini va issiqlik almashtirgich (11) da tashlandiq gazlarni isitish uchun foydalaniladi. Natijada nitroza gazlari 423 K gacha

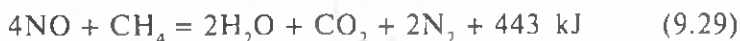
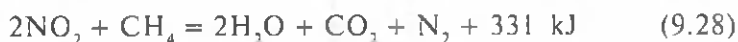
soviydi, tashlandiq gazlari esa 393 K — 403 K gacha isiydi. So'ngra nitroza gazlari sovitgich-kondensator (7) ga yuboriladi, u yerda bu gazlar aylanma suv bilan sovutiladi, natijada nitroza gazlari tarkibidagi suv bug'lari kondensatlanib, kondensat esa nitroza gazlari tarkibidagi azot dioksidi bilan qisman reaksiyaga kirishib, azot kislotasining kuchsiz eritmasini hosil qiladi. Nitroza gazlari separator (8) da kuchsiz azot kislotasidan ajratilib, absorbsion minora (9) ning eng pastki tarelkasining tagiga beriladi, kuchsiz azot kislotasi esa absorbsion minora (9) ning 6—7 tarelkasiga (ya'ni, kislotaning konsentratsiyalari bir-biriga mos kelgan tarelkaga) yuboriladi. Absorbsion minora (9) ning tepa qismiga suv bug'idan hosil qilingan sovutilgan kondensat beriladi. Bu yerda hosil bo'lgan kuchsiz azot kislotasi eritmasi pastda joylashgan tarelkalarga sekin-asta oqib tushaveradi. Bu tarelkalarda azot oksidlarini yutilishi hisobiga kuchsiz azot kislotasining konsentratsiyasi ortib boradi va absorbsion minora (9) ni pastki qismidan chiqishdagi konsentratsiyasi 55—58% gacha yetadi, ammo bu kislotaning tarkibida fizik erigan gaz holdidagi azot oksidlarining miqdori ham ko'payib boradi va ular miqdori 1% gachani tashkil etishi mumkin. Bu esa yaxshi emas, chunki azot kislotasi omborlarda saqlanganda undan azot oksidlari desorbsiyalanib, atrof-muhitni ifloslaydi. Shuning uchun ham, azot kislotasi puflanuvchi minora (10) ga yuboriladi, u yerda issiq havo bilan kislotasi puflanib, fizik erigan azot oksidlari ajratilib, minora (10) ning tepa qismidan chiqib, absorbsion minora (9) ning pastki qismiga beriladi va bu oksidlar qo'shimcha azot kislotasi hosil qilishda ishtirok etadilar. Oqartirilgan azot kislotasi mahsuliy kislotasi sifatida minora (10) dan kislotasi omborxonasiga yuboriladi.

Bu texnologik tizimda azot oksidlarini absorbsiyalanish darajasi 99% gacha yetadi. Absorbsion minora (9) ning tepa qismidan chiqayotgan tarkibida 0,11% gacha azot oksidlari bo'lgan tashlandiq gazlar isitgich (11) da 308 K dan 413 K — 418 K gacha isib, azot oksidlaridan katalitik tozalash qurilmasining metan yoqish uskunasi (3) ga yuboriladi. Bu uskunada tashlandiq nitroza gazlari 663 K — 723 K gacha qizdiriladi. Buning uchun kerak bo'lgan issiqlik metan isitgichi (4) da dastlab isitilgan tabiiy gaz — metanni yoqish hisobiga hosil qilinadi. Yuqori temperaturadagi tashlandiq nitroza gazlari ikki qatlamli katalizatorli reaktor (2) ning birinchi qatlami bo'lib, sirtiga palladiy berilgan aluminiy oksidi, ikkinchi qatlami bo'lib, aluminiy oksidining o'zi xizmat qiladi. Tozalash quyidagi reaksiyalar asosida amalga oshiriladi.

Tabiiy gaz tarkibidagi metan dastlab tashlandiq nitroza gazi tarkibidagi ozod kislorod bilan tezda reaksiyaga kirishadi:



Soʻngra metan azot oksidlari bilan ham reaksiyaga kirishadi:



Tozalangan tashlandiq gazlar tarkibidagi azot oksidlari miqdori 0,005—0,008% ni, uglerod dioksidi miqdori esa 0,23% ni tashkil etadi. Tozalash jarayoni 1033 K da amalga oshiriladi.

Shunday qilib, tozalangan tashlandiq gazlar 963 K — 973 K temperaturada gazli turbina (17) ga yuboriladi. U yerda tashlandiq gazlarning issiqlik energiyasi va bosimini kamayishi hisobiga hosil qilinayotgan mexanik energiyaga gazli turbina (17) bilan bir oʻqqa oʻrnatilgan ikki bosqichli turbokompressor (16), (18) ni harakatga keltirish uchun ishlatiladi. Soʻngra tashlandiq gazlar qozon-foydalan-gich va ekonomayzerga yuborilib (ular 9.13-rasmda koʻrsatilgan emas), soʻngra atmosfera havosiga tashlab yuboriladi.

Shunday qilib, bosim ostida ishlaydigan azot kislotasining bunday qurilmalari energiya boʻyicha butunlay avtonom boʻlib, energiya boʻyicha oʻz-oʻzini mustaqil idora qila oladi. Bunga asosiy sabablardan biri bu — gazli turbina bilan turbokompressorni bir oʻqda oʻrnatilgani natijasida erishilayotgan energiya rekuperatsiyasidir. Bundan tashqari, bosim ostida ishlaydigan qurilmalar atmosfera bosimi ostida ishlaydigan azot kislotasi qurilmalaridan quyidagi bir qator afzalliklarga ega:

1. Azot oksidlarini qurilmaning asosiy apparatlaridayoq qayta ishlash natijasida ularni azot kislotasiga aylantirish 99% gacha koʻtarilishiga erishiladi.

2. Ishlab chiqarilgan azot kislotasining konsentratsiyasi 45—50% oʻrniga 58% gacha, ayrim hollarda 60—62% gacha yetishadi.

3. Tashlandiq nitroza gazlari tarkibidagi azot monooksidi va azot dioksidlarini ishqoriy absorbsiyasini amalga oshirishga hojat qolmaydi.

4. Absorbsion minoralar hajmi ichi Rashig halqalari bilan toʻldirilgan va atmosfera bosimi ostida ishlaydigan qurilmalarda ishlatiladigan minoralar hajmiga qaraganda oʻn marotaba kichik va soni ham juda kam. Shu bilan birga bu minoralardagi nitroza gazlariga koʻrsatiladigan gidravlik qarshiliklar ham bosim ostida ishlaydigan qurilmalarda bir necha barobar kichik.

5. Bosim ostida ishlaydigan qurilmalarni qurish uchun sarflandigan kapital mablagʻlar va apparatlarni yasash uchun kerak boʻladigan qimmatbaho poʻlatlar sarfi anchagina kichiklashadi.

6. Azot kislotasi ishlab chiqaradigan bosim ostida ishlaydigan qurilma maydoni atmosfera bosimi ostida ishlaydiganlarga qaraganda bir necha marta kichik.

7. Bosim ostida ishlaydigan qurilmalar nisbatan keng avtomatlashgan bo'lib, ularni boshqarish anchagina soddadir va mehnat resurslari sarfi bir yarim marotabaga kam.

Shuning uchun ham bosim ostida ishlaydigan azot kislotasi qurilmalarida mehnat unumdorligi bir necha barobar katta.

Ammo, bosim ostida ishlaydigan nitrat kislotasi qurilmalarida qimmatbaho platina katalizatorining solishtirma sarfi atmosfera bosimi ostida ishlaydigan qurilmalarga qaraganda deyarli uch marotaba katta, ya'ni 0,049 g/lit  $\text{HNO}_3$ , o'rniga 0,170 g/lit  $\text{HNO}_3$  ni tashkil etadi. Bu salbiy holat sezilarli kamchiliklardan biri bo'lib, shuning uchun ham oxirgi yillarda bosim ostida ishlaydigan qurilmalarga qaraganda qo'sh bosim ostida ishlaydigan azot kislotasi ishlab chiqarish qurilmalari kengroq ishlatilmoqda.

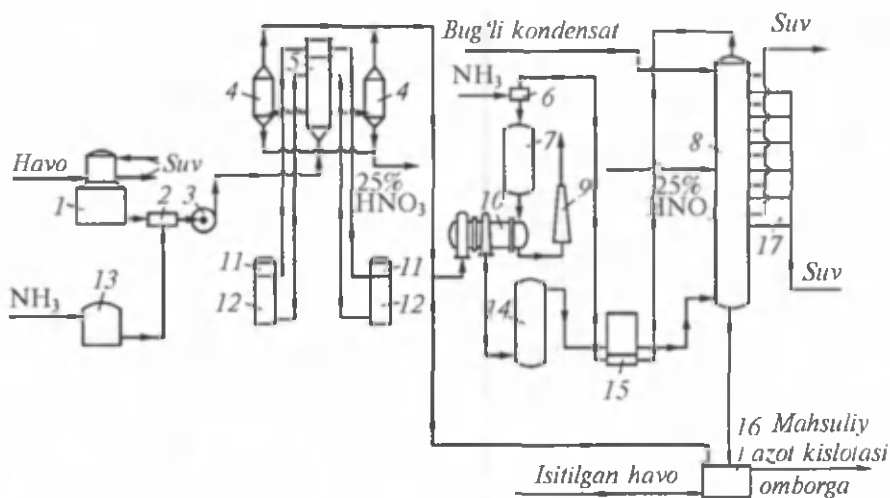
### 9.18. QO'SH 0,1—0,35 MPA BOSIM OSTIDA ISHLAYDIGAN AZOT KISLOTA QURILMASINING TEXNOLOGIYASI

Texnologiya bo'yicha azot kislotasi ishlab chiqarish azot kislotasini sintetik ammiakdan olish nazariy asoslariga to'liq mos tushadi, chunki ammiakni atmosfera havosi tarkibidagi kislorod bilan oksidlash jarayoni amaliy qaytmas bo'lib, hosil qilingan azot monooksidini azot dioksidiga oksidlash va uni absorbsiyalash jarayonlari esa amaliy qaytar va hajm torayishi bilan ketganliklari uchun Le-Shatlye prinsipiga binoan oxirgi bu ikki bosqich boshlang'ich birinchi bosqichdan farqli o'laroq bosim qo'llashni taqozo etadi.

Azot kislotasi ishlab chiqarishda ammiakni oksidlash jarayoni 0,1 MPa, ya'ni atmosfera bosimi ostida, azot monooksidini oksidlash va azot dioksidini absorbsiyalash jarayoni 0,35 MPa bosim ostida amalga oshiriladi.

Atmosfera havosi sintetik ammiakni oksidlash jarayonida qo'llaniladigan platina katalizatorini zaharlovchi zaharli aralashma (oltingugurt dioksidi, oltingugurt uch oksidi, fosforli, mishyakli birikmalar va hokazo)lar dan va changlardan murakkab tuzilgan havoni tozalash apparati (1) da tozalanadi va aralashtirgich (2) ga yuboriladi (9.14-rasm).

Sintetik ammiak esa gazgolder (rasmda ko'rsatilmagan) dan chiqib, matoli filtr (13) da dastlabki tozalashdan o'tib, aralashtirgich (2) ga borib, u yerda havo bilan qo'shilib, tarkibida 10—11 (h) % sintetik ammiak bo'lgan ammiak-havo aralashmasini hosil qiladi.



9.14-rasm. Azot kislotasini qo'sh bosimli usul bilan ishlab chiqarish texnologik tasviri:

1 — havoni tozalash murakkab apparati; 2 — aralastirgich; 3 — ventilator; 4 — nitroza gazlarini sovitgich-yuvgichi; 5 — issiqlik almashtirgich; 6 — nitroza gazlari bilan ammiakni aralastirish apparati; 7 — tashlandiq nitroza gazlarini qaytarish reaktori; 8 — absorbsion minora; 9 — mo'rili quvur; 10 — gaz turbinali agregat; 11 — kontakt apparati; 12 — qozon-foydalangich; 13 — ammiakni tozalash matoli filtri; 14 — nitroza gazlarini oksidlash minorasi; 15 — tashlandiq nitroza gazlari isitgichi; 16 — oqlovchi minora; 17 — sovitgichlar.

Ammiak-havo aralashmasidagi ammiak miqdori avtomatik tarzda boshqariladi.

Ammiak-havo aralashmasi ventilator (3) orqali issiqlik almash-tirgich (5) ga yuboriladi va u yerda qozon-foydalangich (12) dan kelayotgan nitroza gazlari issiqligi hisobiga 363 K — 373 K gacha qizitiladi. Kontakt apparatlari (11) ning yuqori qismida joylashtirilgan kartonli filtrlarda qizdirilgan ammiak-havo aralashmasi qo'shimcha tozalanishdan o'tadi va kontakt apparatlari (11) ga kiradi. Bu yerda platina katalizatorida atmosfera bosimi va 1073 K — 1113 K temperaturada ammiak azot monooksidi va suv bug'lari hosil qilib oksidlanadi.

Ammiakni oksidlanish ekzotermik reaksiyasi (9.5) issiqligidan foy-dalanish uchun nitroza gazlari kontakt apparatlari (11) ning bevosita pastki qismiga o'rnatilgan (reaksion issiqlikni behuda yo'qotilishiga yo'l qo'ymaslik uchun) qozon-foydalangichlar (12) ga yuboriladi va bu apparatda bosimi 3,8—4,0 MPa va temperaturasi 723 K bo'lgan o'ta qizigan suv bug'i olinishi hisobiga 443 K gacha sovitiladi.

Shundan so'ng nitroza gazlari issiqlik almashtirgich (5) da o'z issiqligini qurilmaga kirib kelayotgan ammiak-havo aralashmasini isitish hisobiga 383 K — 393 K gacha soviydi. So'ngra nitroza gazlari barbotaj xilidagi sovitgich-yuvgich (4) ga yuboriladi va bu apparatda nitroza gazlari sovishi bilan birga, uning tarkibidagi suv bug'lari ham kondensatlanadi. Suv bug'lari umumiy miqdori nafaqat sintetik ammiakni oksidlash jarayoni hisobi, balki ammiakni oksidlash uchun qurilmaga berilayotgan atmosfera havosi bilan ham kirayotgan suv bug'lari yig'indisidan iboratdir.

Nitroza gazlarini sovitgich-yuvgich (4) da sovishi bilan birga, bir vaqtning o'zida, azot monooksidini azot dioksidiga qisman oksidlanish jarayoni sodir bo'layotgani uchun azot kislotasining kondensati deb atalmish kuchsiz, ya'ni 25—30% li azot kislotasi eritmasi ham hosil qilinadi. Sovitgich-yuvgich (4) ning pastki qismidan kirayotgan nitroza gazlari azot kislotasi kondensati qatlamidan o'tib, nitroza gaziga har xil holatlarda ammiakni o'tib ketishi natijasida hosil bo'lishi mumkin bo'lgan ammoniy nitriti va nitrati tuzlaridan yuvilib tozalanadi.

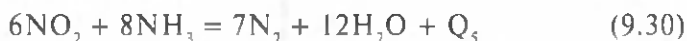
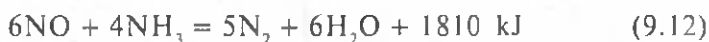
Nitroza gazlari sovitgich-yuvgich (4) dan o'tgandan so'ng turbo-kompressor (10) da 0,32—0,34 MPa gacha siqilib, o'z tarkibidagi azot monooksidini oksidlash uchun ichi bo'sh oksidlovchi minora (14) ga yuboriladi. Bu minorada azot monooksidini azot dioksidigacha oksidlanishi issiqligi hisobiga nitroza gazlari temperaturasi 383 K — 393 K dan 593 K gacha ortadi. Oksidlanish reaksiyasi natijasida ajralib chiqayotgan bu issiqlik azot dioksidini absorbsiyalash minorasi (8) ning tepa qismidan kelayotgan va o'z tarkibidagi qoldiq azot oksidlarini elementar azotgacha katalitik qaytarish uchun yuborilayotgan tashlandiq nitroza gazlarini isitish maqsadida foydalaniladi. Buning uchun oksidlovchi minora (14) dan chiqayotgan nitroza gazlari tashlandiq nitroza gazlari isitgichi (15) ga yuboriladi va u yerda 593 K dan 308 K — 310 K gacha sovitilib, umumiy soni 50 taga yaqin tarelkalardan iborat absorbsion minora (8) ning pastki qismiga yo'naltiriladi. Absorbsion minora (8) ni sug'orish uchun uning yuqorigi tarelkasiga bug'li kondensat beriladi. Bu kondensat absorbsion minora (8) ning pastki qismidan kelayotgan azot oksidlari bilan uchrashib (9.7) reaksiyaga binoan azot kislotasining dastlab kuchsiz eritmasini hosil qiladi. Bu kuchsiz azot kislotasi yuqoridan pastga qarab tarelkadan tarelkaga o'tib borgani sayin kuchliroq konsentratsiyadagi azot dioksidi bilan uchrashib, o'z konsentratsiyasini oshirib boradi va natijada bu azot kislotasining absorbsion minora (8) dan chiqishdagi konsentratsiyasi 47—50% gacha yetadi. Tarkibida 25—30% azot kislotasi bor bo'lgan azot kislotasi kondensati

nitroza gazlarini sovitgich-yuvgichi 4 dan absorbsion minora (8) ning xuddi shunday konsentratsiyadagi azot kislotasi bor bo'lgan tarelkasiga yuboriladi.

Absorbsion minora (8) ni pastki qismidan azot kislotasi o'z tarkibida fizik erigan azot oksidlari bor bo'lgani uchun oqlovchi minora (16) ga yuboriladi. Bu minora (16) ga isitilgan atmosfera havosi ham berilib, u azot kislotasi tarkibidagi azot oksidlarini ajratib, ular esa sovitgich-yuvgich (4) dan kelayotgan nitroza gazlari bilan qo'shilib, gaz-turbinali va keyinchalik bu azot oksidlari qo'shimcha miqdordagi azot kislotasi olish uchun xizmat qiladi. Oqartirilgan azot kislotasi o'z'ioqarlik bilan mahsulot omborxonasiga yuboriladi.

Absorbsion minora (8) ning yuqorigi qismidan chiqib ketayotgan tashlandiq gazlar tarkibida azot, kislorod, suv bug'i, argon, uglerod dioksididan tashqari ma'lum miqdorda qoldiq azot oksidlari ham bo'ladi, chunki (9.7) reaksiyaga muvofiq azot dioksididan azot kislotasi olinganda doimo azot monooksidi ham bo'lib, u gaz fazasiga ajralib chiqadi. Bu azot monooksidini yanada kamaytirish maqsadida absorbsion minora (8) dagi tarelkalar sonini yanada ko'paytirish talab etiladi. Ammo bu usul bir tomondan, iqtisodiy jihatdan nomaqbul bo'lib, ikkinchi tomondan absorbsion minora (8) ni umumiy balandligini ortishiga, bu esa uni boshqarishni murakkablashishiga olib keladi.

Shuning uchun, tarkibida azot oksidlari miqdori 0,16% dan ko'p bo'lmagan tashlandiq gazlar tashlandiq nitroza gazlarini aralashtiruvchi apparat (6) ga jo'natiladi. Bu (6) chi apparatda tashlandiq gazlari gaz holidagi ammiak bilan aralashritiladi va bu hosil qilingan gazlar aralashmasi reaktor (7) ga yuboriladi. Reaktor (7) da AVK-10 katalizatori ishtirokida qoldiq azot monooksidi va azot dioksidlari bilan ammiakni reaksiyalari natijasida bu azot oksidlari zararsiz elementar azotgacha qaytariladi:



Qo'sh bosimli texnologik tizim bo'yicha azot kislotasi olish texnologik rejim me'yorlariga binoan tashlandiq gazlar tarkibida 3—5 (h) % ozod kislorod bo'lishi ko'zda tutilgan. Bu kislorod nitroza gazlari tarkibidagi azot oksidlarini elementar azotga qadar qaytarish uchun berilgan ammiakning ortiqcha qismini oksidlab, elementar azotga aylantirishga xizmat qiladi:



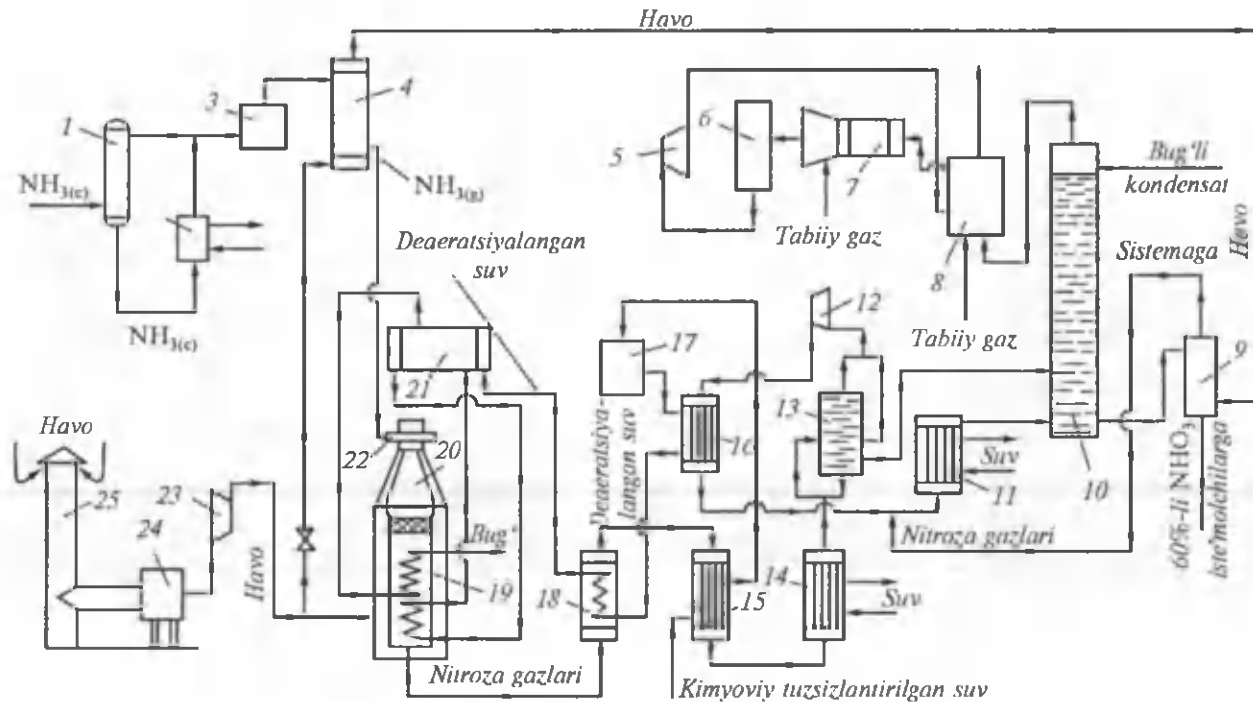


Shunday qilib, qoldiq azot oksidlarining asosiy qismidan va ortiqcha ammiakdan katalitik usul bilan tozalangan, tarkibida 0,01 (h) % dan ko'p bo'lmagan azot oksidlari qolgan temperaturasi 523 K — 563 K dagi tashlandiq gazlari gaz-turbinali agregat (10) ning turbo-kompressor bilan bir o'qda joylashgan turbinali qismiga beriladi va 0,102—0,103 MPa bosimgacha, ya'ni deyarli atmosfera bosimi 0,1 MPa gacha kengayib, tarkibida 0,008 (h) % azot oksidlari bilan balandligi 100 metrdan kam bo'lmagan mo'rili quvur (9) orqali atmosfera havosiga tashlab yuboriladi. Gaz-turbinali agregat (10) ni qo'llash bosim ostidagi tashlandiq nitroza gazlarini kengayishi hisobiga hosil bo'layotgan energiyadan unumli foydalanishga xizmat qiladi va ishlab chiqarilayotgan azot kislotasi tannarxini ma'lum darajada kamayishiga olib keladi. Ammo bu texnologik tizim bo'yicha ishlaydigan qurilmaning mahsuliy azot kislotasi bo'yicha quvvati yiliga 45 ming tonnani tashkil etib, bu quvvat oldingi davrlar uchun o'ziga xos yirik quvvatli qurilmalar deb hisoblangan bo'lsa-da, ammo hozirgi davr talablarini mutlaqo qondira olmaydi, garchand bu turdagi azot kislotasi ishlab chiqarish qurilmalarida qimmatbaho platina katalizatori sarfi bosim ostida ishlaydigan qurilmalarga qaraganda deyarli uch marotaba kam bo'lsa ham, ya'ni 1 t azot kislotasiga nisbatan katalizator sarfi mos ravishda 0,05 gramm va 0,17 grammni tashkil etsa ham.

### **9.19. BIRLAMCHI QUVVATI KATTA BO'LGAN AZOT KISLOTASI ISHLAB CHIQRISH AGREGATLARI**

Azot kislotasi ishlab chiqarishning asosiy muammolaridan biri — bu yirik ishlab chiqarish quvvatiga ega bo'lgan va yuqori konsentratsiyali azot kislotasi ishlab chiqarishni ta'minlaydigan agregatlar ni yaratishdir. Ana shunday murakkab talablarga javob beradigan agregatlardan biri bu — AK-72 energetexnologik tizimi bo'yicha ishlaydigan azot kislotasi qurilmasidir. Bu qurilma qo'sh bosim, ya'ni ammiakni oksidlash jarayoni 0,45 MPa, azot monooksidlarini oksidlash va azot dioksidini absorbsiyalash jarayonlari esa 1,1—1,2 MPa bosim ostida olib borilib, uning unumdorligi kuniga 1100 t, yillik quvvati esa 380 ming t azot kislotasini tashkil etib, ishlab chiqarilayotgan mahsuliy azot kislotasining konsentratsiyasi 60%, qishda esa 65% gacha yetishi mumkin.

Bunday yirik quvvatli azot kislotasi ishlab chiqarish agregatining AK-72 texnologik chizmasi 9.15-rasmda keltirilgan.



9.15-rasm. Azot kislotasi ishlab chiqarish AK-72 agregatining texnologik tasviri:

1 — resiver; 2 — bug'latgich; 3, 24 — filtrlar; 4, 15 — isitgichlar; 5 — rekuperatsion turbina; 6 — tashlandiq azot oksidlaridan katalitik tozalash reaktori; 7 — tashlandiq nitroza gazlari bilan tabiiy gazni aralashtirgichi; 8 — yondirish uskunasi; 9 — puflanuvchi minora; 10 — absorbsion minora; 11, 14 — suvli sovitgichlar; 12, 23 — kompressorlar; 13 — gaz yuvgichi; 16 — nitroza gazlarini sovitgichi; 17 — deaeratsion minora; 18 — ekonomayzer; 19 — qozon-foydalangich; 20 — kontakt apparati; 21 — barabanli kengaytirgich; 22 — aralashtirish kamerasi; 25 — havoni so'rib oluvchi vertikal quvur.

Atmosfera havosi havoni soʻrib oluvchi vertikal quvur (25) orqali nisbatan toza, yaʼni har xil changlar va gazli aralashmalari (platina katalizatori uchun zaharli hisoblangan oltingugurt, ftorli, mishyakli, fosforli va shu kabi moddalar) juda kam boʻlgan joydan olinib, filtr (24) da changlardan tozalanib, turbinali havo kompressori (23) da 0,42 MPa bosimgacha siqilib, bu siqilgan havo uch oqimga boʻlinadi; bulardan ikkitasi ikki kontakt apparati (20) va qozon-foydalangich (19) qobiqlari orasiga va uchinchi oqim esa isitgich (4) ga beriladi.

Suyuq ammiak bugʻ-suyuqlik aralashmasi hamda resiver (1) ga beriladi. U yerda ammiak bugʻ va suyuqlik fazalarga ajratiladi. Bugʻ holdagi ammiak toʻgʻridan toʻgʻri filtr (3) ga yuboriladi. Suyuq holdagi ammiak esa bugʻlatgich (2) ga yuborilib, u yerda 0,6 MPa bosim va 1283 K — 289 K temperaturada bugʻlatiladi va hosil boʻlgan bugʻ holdagi ammiak resiver (1) dan kelayotgan bugʻ holdagi ammiak bilan qoʻshilishib, bu ammiak moy va mexanik aralashmalardan tozalanish uchun filtr (3) ga yuboriladi.

Nisbatan tozalangan bugʻ holdagi ammiak isitgich (4) ga yuboriladi. U yerda havo issiqligi hisobiga ammiak 353 K — 393 K gacha isiydi. Aralashmalardan tozalangan havo va ammiak kontakt apparatlari (rasmda ikkinchisi koʻrsatilmagan) (20) ning aralashtirish kameralari (9.15-rasmda ikkinchisi koʻrsatilmagan) (22) ga yuboriladi va u kameralarda tarkibida 9,6—10,0 (h) % ammiak gazi bor boʻlgan ammiak-havo aralashmasi hosil qilinadi. Bu ammiak-havo aralashmasi kontakt apparati (20) ning tepa qismiga oʻrnatilgan filtrda chuqur tozalanishdan oʻtib, ikki qatlamli katalizatorga yuboriladi. Katalizatorning birinchi qatlami platinadan yasalgan uchta toʻr va ikkinchi qatlami esa platinasiz qatlamdan iboratdir. Bunday katalizatorlarda ammiak bilan havodagi kislorod 1113 K — 1133 K da reaksiyaga kirishib, tarkibida azot monooksidi bor boʻlgan nitroza gazlarini hosil qiladi. Bu nitroza gazlari kontakt apparati (20) ning pastki qismiga oʻrnatilgan qozon-foydalangich (19) ga boradilar. Qozon-foydalangich (19) ga kimyoviy tozalangan deaeratsion ustunsi-mon minora (17) da deaeratsiyalangan suv beriladi. Bu suv nitroza gazlari sovitgichi (16) da 423 K gacha nitroza gazlari issiqligi hisobiga isitiladi va ekonomayzer (18) orqali qozon-foydalangich (19) ning barbotajli-kengaytirgichi (21) ga yuboriladi. Qozon-foydalangich (19) ning pastki ikkinchi seksiyasida barabanli-kengaytirgich (21) dan berilayotgan kimyoviy tozalangan suv nitroza gazlari reaksiyon issiqligi hisobiga isib, bugʻ-suyuqlik emulsiyasini hosil qiladi. Bu emulsiya barabanli-kengaytirgich (21) ga chiqib, u yerdan kengayish hisobiga toʻyingan suv bugʻi va suyuq suvga ajratiladi. Suyuq suv qozon-foydalangich (19) ning ikkinchi pastki seksiyasiga qayta-

rilaveradi, to'yingan suv bug'i esa barabanli-kengaytirgich (21) ning tepa qismidan chiqib, qozon-foydalangich (19) ning yuqorigi birinchi seksiyasiga berilib, nitroza gazlari reaksiyon issiqligi hisobiga bosimi 4.0 MPa va temperaturasi 713 K bo'lgan o'ta qizigan suv bug'iga aylantiriladi va iste'molchiga yuboriladi.

Nitroza gazlari qozon-foydalangich (19) dan chiqib, ekonomayzer (18) ga kirib, u yerda sovitilib, isitgich (15) da kimyoviy tozalangan suvga o'z issiqligini berib, so'ngra suvli sovitgich (14) da 403 K — 413 K dan 328 K gacha sovitiladi. Bu sovitishlar natijasida nitroza gazlari tarkibidagi suv bug'lari kondensatlanib, 45—47% li azot kislotasini hosil qiladi va u nitroza gazlari bilan birga gaz yuvgichi (13) ga beriladi.

Gaz yuvgichi (13) har biri uchtadan tarelkadan iborat va parallel ulangan ikki seksiyadan tashkil topgan. Yuqoridagi tarelkalarga azot kislotasi beriladi. Bu azot kislotasi kontakt apparati (20) da ammiak-havo aralashmasidagi bir qism ammiakni to'liq oksidlanmay qolgan sharoitida katalizator orqali o'tib ketgan ammiak bilan nitroza gazlari komponentlari o'zaro reaksiyaga kirishishi natijasida hosil bo'ladigan ammoniy nitriti va ammoniy nitrat tuzlarini yuvish uchun xizmat qiladi. Gaz yuvgichi (13) da nitroza gazlarini yuvish bilan bir vaqtda ularni sovitish va buning natijasida azot kislotasi bug'larini kondensatsiyalanishi ham davom etadi.

Gaz yuvgichi (13) ning pastki qismidan 45—47% li azot kislotasi nasos (9.14-rasmda ko'rsatilmagan) orqali absorbsion minora (10) ning xuddi shunday konsentratsiyadagi azot kislotasi bor bo'lgan tarelkasiga beriladi. Tozalangan va nisbatan sovitilgan nitroza gazlari kompressor (12) ga yuboriladi, u yerda nitroza gazlari 1,10—1,26 MPa bosimgacha siqilishi hisobiga 483 K — 503 K gacha isiydi va 428 K — 438 K gacha sovitish uchun nitroza gazlari sovitgichi (16) ga, so'ngra 333 K — 338 K gacha sovitish uchun suvli sovitgich (11) ga, u yerdan esa absorbsion minora (10) ning pastki qismiga yuboriladi. Absorbsion minora (10) bir nechta tarelkalardan iborat. Har bir tarelka ustiga azot kislotasini sovitib turish uchun ilonsimon sovitgichlar joylashtirilgandir. Bu sovitgichlarga aylanma sikldan temperaturasi 298 K — 300 K bo'lgan suv berilib turadi. Absorbsion minora (10) ning tepa qismidan temperaturasi 313 K dan yuqori bo'lmagan suv bug'i kondensati beriladi, pastki qismidan esa konsentratsiyasi 58—60% bo'lgan azot kislotasi chiqarilib, u o'z tarkibidagi fizik erigan 0,04—0,05 (mass.) % azot oksidlaridan tozalanishi uchun puflanuvchi minora (9) ga yuboriladi. Azot oksidlaridan azot kislotasini tozalash uchun puflanuvchi minora (9) ga isitgich (4) dan

havo beriladi. U fizik erigan azot oksidlarini o'zi bilan puflanuvchi minora (9) dan olib chiqib ketib, suvli sovitgich (11) ga kirayotgan nitroza gazlari bilan qo'shilib, qo'shimcha miqdorda azot kislotasi hosil qilishga xizmat qiladi. 60% li mahsuliy azot kislotasi o'z oqimi bilan omborxonaning kislotasini saqlagichlariga yuboriladi.

Tashlandiq nitroza gazlari absorpsion minora (10) dan chiqib, yondirish uskunasi (8) ga kirib, u yerda tabiiy gazni yoqish hisobiga qizdirilib, aralashtirgich (7) da tabiiy gaz bilan aralashtirilib, 753 K gacha qizdirilgan holda qoldiq azot oksidlaridan katalitik tozalash uchun katalitik tozalash reaktori (6) ga yuboriladi. Tozalash jarayoni-ning katalizatori sifatida alumopalladiyli APK-2 katalizatori ishlatiladi. Azot oksidlarini parchalash gaz aralashmasida kislorodni metanga bo'lgan nisbati 0,56 ga teng bo'lganda amalga oshiriladi.

Tashlandiq gazlar katalitik parchalashdan so'ng, tarkibida 0,008% azot oksidlari bilan 1023 K — 1033 K temperaturada gaz turbinali agregat tarkibiga kiruvchi rekuperatsion turbina (5) ga kiradi. Bu turbinada tashlandiq gazlarning issiqlik energiyasi mexanik energiyaga aylantiriladi va ularning bosimi 0,932—0,981 MPa dan 0,103—0,105 MPa gacha pasaytiriladi. Rekuperatsion turbina (5) da hosil qilingan energiya kompressorlar (23) va (12) larda mos ravishda tozalangan havoni va nitroza gazlarini siqish uchun kerak bo'lgan mexanik energiyani deyarli to'liq qoplaydi. Bu yerda yetishmagan mexanik energiyani bug'li turbina (9.15-rasmda ko'rsatilmagan) ni qisman ishlatish bilan qoplanadi. Bosimi pasaytirilgan tashlandiq gazlar rekuperatsion turbina (5) dan chiqib, yondirish uskunasi (8) ga kirib, o'z issiqligini absorpsion minora (10) ning tepa qismidan kelayotgan nitroza gazlariga berib, o'zi 473 K gacha sovib, mo'rili quvur orqali atmosferaga tashlab yuboriladi.

Hozirgi davrda azot kislotasini bunday yirik quvvatli energotexnologik AK-72 rusumli zamonaviy agregatlarda ishlab chiqarish nafaqat O'zbekiston Respublikasining yirik kimyo korxonalarida (Chirchiq «Elektrokimyosanoat» va shunga o'xshash OAJ larda), balki MDH ning bir qator davlatlarida ham keng qo'llanmoqda.

## **9.20. AZOT KISLOTASI ISHLAB CHIQRISHDA ATROF-MUHIT MUHOFAZASI BO'YICHA TADBIRLAR**

Xalq xo'jaligini, xususan, qishloq xo'jaligini azotli mineral o'g'itlarga, tibbiyotni azotli dori-darmonlarga, tog'-kon sanoati va mudofaani esa portlovchi moddalarga va boshqa bir qator sohalarni azot

kislotasiga bo'lgan talabini tobora oshib borishi azot kislotasi ishlab chiqarishni og'ishmay ko'paytirishni taqozo etadi. Bu esa o'z navbatida tashlandiq gazlar hajmini to'g'ridan to'g'ri ortishiga, aniqrog'i atmosfera havosiga chiqarib yuboriladigan azot oksidlari miqdorini ham ko'payib ketishiga olib keladi.

Azot oksidlari kuchli zaharli moddalardan hisoblanib, har qanday tirik mavjudot uchun juda xavflidir. Ayrim o'simliklar bir kubometr havoda bir milligramm azot oksidlari bor bo'lgan atmosferada bir soat ichida shikastlanadilar. Azot oksidlari insonlarni nafas olish yo'llarining shilliq pardalarini yallig'lanishiga, terisini kislorod bilan ta'minlanishini yomonlashtirishga va boshqa ko'ngilsiz oqibatlarga olib keladi.

Azot kislota ishlab chiqarishining tashlandiq gazlari tarkibidagi absorbsion minoralardan so'ng 0,05% dan 0,20% gacha azot oksidlari bo'lishi mumkin. Bunday gazlarni azot oksidlaridan qo'shimcha tozalamay to'g'ridan to'g'ri atmosfera havosiga chiqarib yuborish sanitariya talablariga binoan qat'iy man etiladi.

Azot oksidlarini atmosferaga tashlashni kamaytirish maqsadida quyidagi asosiy choralar taklif etilishi mumkin:

1. Nitroza gazlaridagi azot oksidlarini to'liqroq yutish xususiyatiga ega bo'lgan ishqorlar, konsentrlangan sulfat kislotasi, ammiak va boshqa shularga o'xshash moddalarning eritmalarini absorbentlar sifatida qo'llash.

2. Tozalashning adsorbsion usulini va adsorbent sifatida silika-gel, faollashtirilgan ko'mir va azot oksidlarini tanlab yutish xususiyatiga ega bo'lgan boshqa moddalarni qo'llash.

3. Tashlandiq gazlarni azot oksidlaridan ularni elementar azotga qadar qaytarish yo'li bilan tozalashda yuqori samarali katalitik usulni qo'llash.

Azot kislotasi ishlab chiqarishda azot oksidlarini selektiv va noselektiv qaytarishga asoslangan katalitik usul qo'llanadi. Azot oksidlarini katalitik qaytarish uchun asosan, ikki xil katalizator — aluminiy-vanadiyli katalizator AVK-10 va aluminiy-palladiyli APK-2 ishlab chiqilgan.

Azot oksidlarini qaytaruvchi modda sifatida tabiiy gaz, ammiak, vodorod aralashmasi, uglerod monooksidi, kerosin bug'lari va hokazolar ishlatilishi mumkin. Qaytarish jarayonini sharoitlari va qo'llaniladigan katalizator turini tanlash qaytaruvchi gaz sifatida qaysi modda ishlatilishiga bog'liq.

Azot oksidlarini qaytarish natijasida ularni tozalangan gazdagi miqdorini 0,001—0,005% gacha kamaytirishga erishiladi, bu esa bir

joyning o'zida yiliga 1 mln. tonna azot kislota ishlab chiqarish quvvati tashkil etilganda va gazlarni chiqazib tashlash balandligi 100—150 m bo'lganda ham havoning yerga yaqin qatlamlarida azot oksidlari miqdorini sanitar normalari talablariga javob berishini ta'minlaydi.

## 9.21. TASHLANDIQ NITROZA GAZLARINI TOZALASH

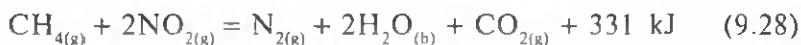
Tashlandiq nitroza gazlari kimyo sanoatida azot kislotasi ishlab chiqarish jarayonining chiqindi gazlari sifatida hosil bo'lib, ular tarkibini asosan elementar azot, kislorod, argon, uglerod dioksidi (ular asosan ammiakni oksidlash uchun ishlatiladigan atmsfera havosi bilan azot kislotasi qurilmasiga kiradilar), suv bug'i (havo bilan kiradi va ammiakni oksidlash jarayonida hosil bo'ladi), azot monooksidi, azot dioksidi, azotning boshqa oksidlari (ammiakni va azot monooksidini oksidlash, azot dioksidini to'liq absorbsiyalanmasligi natijasida hosil bo'ladilar) tashkil etadilar va bunday gazlar aralashmasini atmosfera havosiga tashlab yuborish mumkin emas, chunki ular tarkibidagi azot oksidlari tirik organizmlar uchun o'ta zaharli modda hisoblanib, ularning miqdorlari ruxsat etilgan sanitar norma miqdorlaridan bir necha marotaba ko'pdir. Shu munosabat bilan bu tashlandiq nitroza gazlari azot oksidlaridan albatta tozalanmog'i kerak.

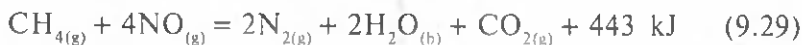
Azot oksidlarini katalitik tozalashda tozalanishi kerak bo'lgan nitroza gazlari tarkibiga ma'lum miqdordagi qaytaruvchi kiritiladi. Noselektiv qaytarish usulida azot oksidlaridan tozalash uchun gaz aralashmasiga tabiiy gaz kiritiladi va qaytarish jarayoni aluminiy-palladiyli katalizator APK-2 (bu katalizator tarkibida palladiy 2% ni tashkil etadi) ishtirokida amalga oshiriladi. Katalizator ikki qatlamdan iborat bo'lib, ikkinchi qatlami — katalizatorni asosi, ya'ni faqat aluminiy oksididan tashkil topgan.

Katalizatorda avvalambor tabiiy gaz tarkibidagi metan nitroza gazidagi ozod kislorod bilan quyidagicha reaksiyaga kirishadi:



Bu reaksiya natijasida ajralib chiqayotgan issiqlik azot oksidlari-ni qaytarish uchun kerak bo'lgan 673 K — 1073 K dagi temperaturani hosil qilishga xizmat qiladi. Shundan so'ng quyidagi reaksiyalar sodir bo'ladi:

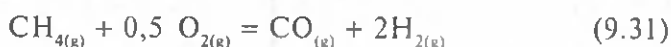




Azot oksidlarini qaytarish reaksiyalari ham issiqlik chiqishi bilan ketadi va tozalangan gaz reaktordan 973 K — 1073 K da chiqadi va bu issiqlik suv bug'i olish uchun ishlatiladi.

Bu usulda tabiiy gaz 10% gacha ortiqcha bo'lganda tashlandiq nitroza gazlari tarkibidagi azot oksidlarini o'rtacha 0,005% gacha kamaytirishni ta'minlaydi va u hozirgi davrda azot kislotasi olish texnologiyasi bilan uzviy bog'langan. Shuning uchun ham nitroza gazlarini azot oksidlaridan tabiiy gazni qo'llab tozalash usuli azot kislotasini 0,716 MPa bosimda va yirik birlamchi quvvatli energo-texnologik AK-72 agregatlarida ishlab chiqarishda keng qo'llanilib kelinmoqda.

Bu usulning kamchiliklaridan biri, bu ham bo'lsa azot oksidlaridan tozalangan tashlandiq gazlar tarkibida zaharliliigi jihatidan azot oksidlaridan qolishmaydigan uglerod monooksidining hosil bo'lishidir. Uglerod monooksidi tabiiy gaz tarkibidagi metanni chala oksidlanishi natijasida paydo bo'lishi mumkin:



Bu jarayonga yo'l qo'ymaslik uchun metanning sarfini nitroza gazlaridagi azot monooksidi va azot dioksidi miqdoriga qarab aniq boshqarish talab etiladi.

Nitroza gazlari tarkibidagi azot oksidlarini selektiv qaytarish usulida gaz aralashmasiga tabiiy gaz o'rniga ammiak gazi kiritiladi va jarayon aluminiy-vanadiyli AVK-10 katalizatori ishtirokida 573 K temperaturada quyidagi reaksiyalar asosida olib boriladi:



Bu qaytarish reaksiyalari ammiak ortiqcha bo'lgandagina amalga oshadi va shuning uchun ham ammiakni azot oksidlariga bo'lgan nisbati 1.15:1 ga tengligi talab etiladi. Ortiqcha ammiak gaz fazasidagi ozod kislorod bilan ayrim sharoitlarda reaksiyaga kirishishi uchun ishlatilishi mumkin.



Bu usulda ham tashlanliq gazlar tarkibidagi azot oksidlari miqdori 0,005% dan ko'p bo'lmasligi ta'minlanadi.



Bu usulning xarakterli joylaridan yana biri shundaki, qo'llanayotgan ammiak katalizator ishtirokida faqat azot oksidlari bilan reaksiyaga kirishib, ularni zaharli xususiyatga ega bo'lmagan elementar azotgacha qaytaradi.

Shuni ham alohida ta'kidlash kerakki, nitroza gazlari tarkibidagi azot oksidlarini ammiak bilan qaytarish jarayonida nisbatan qimmatbaho ammiakning sarfi metanga qaraganda bir necha marotaba kichikdir, chunki ammiak 573 K da faqat azot oksidlari bilangina reaksiyaga kirishadi va pastroq temperaturalarda ammiak ozod kislorod bilan reaksiyaga kirishmaydi. Bu esa nitroza gazlarini azot oksidlaridan ammiak yordamida tozalashning tabiiy gaz yordamida tozalashdan asosiy farqidir.

Tashlandiq nitroza gazlari tarkibidagi azot oksidlarini utilitatsiya qilishning eng real usullaridan biri — bu adsorbsion—desorbsion usul bo'lib, unda uzluksiz sirkulatsiya qiluvchi sorbent, ya'ni silikagel ishlatiladi. Bu usulda tashlandiq nitroza gazlari bilan birga azot oksidlari ham mo'rili quvurdan chiqib, atrofqa tarqalgandan so'ng atmosferaning Yerga yaqin qatlamlarida azot oksidlari miqdorini sanitariya normalaridan oshib ketmasligini ta'minlaydi.

Hozirgi vaqtda azot oksidlarini tashlandiq gazlar tarkibidan molekular elaklarda adsorbsiyalash, mochevinaning nordon eritmalari va boshqa yuvuvchi suyuqliklar bilan yuvish usullari ham topilgan.

Bu progressiv usullarni azot oksidlaridan gazlar aralashmasini tozalashda qo'llash atrof muhitni yaxshilashga va rivojlanib borayotgan azot kislotasi ishlab chiqarish sanoatining xavfliligini kamaytirishga va oxir-oqibat azot kislotasi tannarxini pasaytirishga olib kelishi mumkin.

## **9.22. AZOT KISLOTA ISHLAB CHIQRISHNING TEXNIK-IQTISODIY KO'RSATKICHLARI**

Hozirgi vaqtda asosiy texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar qatoriga quyidagi ko'rsatkichlarni kiritish mumkin: azot kislotasi ishlab chiqarish qurilmasining yillik quvvati; bu quvvatlar har xil bo'lganda bir xil quvvatni ta'minlash uchun talab etiladigan mayda qurilmalar soni (liniyalar soni); solishtirma kapital xarajatlar; mahsulot tannarxi; mehnat unumdorligi va hokazolar.

Bu ko'rsatkichlar har xil bosim ostida ishlatiladigan azot kislotasi ishlab chiqarish qurilmalari uchun 9.7-jadvalda keltirilgan.

Bu jadvaldan ko'rinib turibdiki, taqqoslanayotgan azot kislotasi ishlab chiqarish qurilmalarida qo'llaniladigan bosimni ortib borishi

bilan solishtirma kapital xarajatlar, mahsulot tannarxi kabi asosiy texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar, aksincha kamayib, ijobiy tomonga o'zgaryapti va azot kislotasi ishlab chiqarish agregatlaridagi azot dioksidini absorbsiyasi jarayonida qo'llanadigan bosimni o'rtacha 3 marotaba orttirganda mehnat unumdorligi deyarli 2 marotaba o'sishi kuzatilyapti.

9.7-jadval

**KONSENTRLANMAGAN AZOT KISLOTA  
ISHLAB CHIQRISH AGREGATLARINING  
TEXNIK-IQTISODIY KO'RSATKICHLARI**

T/r	Ko'rsatkichlar	Qo'sh bosimli 0,1/0,35 MPa qurilma	Yuqori 0,73 MPa bosimli qurilma	Qo'sh yuqori 0,42—0,47/1,1— 1,26 MPa bosimli AK-72 qurilma
1	2	3	4	5
1.	Quvvat, ming t/yil	360	360	380
2.	Qurilma soni, dona	8	3	1
3.	Solishtirma kapital xarajatlar, %	100,0	79,3	74,6
4.	Mahsulot tannarxi, %	100,0	86,6	79,6
5.	Mehnat unumdorligi, %	100	152	195

Xuddi shuning uchun bo'lsa kerakki, yirik birlamchi quvvatga ega bo'lgan azot kislotasi ishlab chiqarish agregatlari hozirda va bundan buyon ham asosan qo'sh yuqori bosimda ishlaydigan tizimlar asosida yaratiladi.

Texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlardan yana biri — bu 1 tonna azot kislotasi ishlab chiqarish uchun talab etiladigan sarflanish koeffitsientlari bo'lib, ular 9.8-jadvalda keltirilgan. Bu jadvaldan ko'rinib turibdiki, azot kislotasi ishlab chiqarish qurilmalarida qo'llaniladigan bosimni ortib borishi bilan qimmatbaho platina katalizatori sarfi 0,049 g/t  $\text{HNO}_3$  dan 0,160 g/t  $\text{HNO}_3$  gacha ortyapti, ya'ni bosim 0,1MPa dan 0,73 MPa ga ortganda, katalizator sarfi 3 marotaba ortyapti. AK-72 qurilmasida bu ko'rsatkich bir oz kamroq, ya'ni 2 marotaba ortsa ham, ammo shu bilan birga sarflanish koeffitsientlari qatoriga yangi band — noplatinali, nisbatan arzon (masalan, temir-xrom) katalizatori sarfi ham yangi xarajatlar turi sifatida qo'shilmogda.

**AZOT KISLOTA ISHLAB CHIQRARISH AGREGATLARIDAGI  
SARFLANISH KOEFFITSIENTLARI**

T/r	Ko'rsatkichlar	O'lchov birligi	Atmosfera 0,1/0,1 MPa bosimli	Qo'sh past 0,1/0,35 MPa bosimli	Yuqori 0,73 MPa bosimli	Qo'sh yuqori 0,42—0,47/1,1— 1,26 MPa bosimli
1	2	3	4	5	6	7
1.	Ammiak	t	0,287— 0,289	0,293*	0,293	0,293
2.	Qotishma №5 (platinali kata- lizator)	g	0,049	0,049	0,160	0,100
3.	Platinasiz katalizator	g	—	3,9	—	3,0
4.	Elektr energiya	kW · soat	120	266	40	14,4
5.	Tabiiy gaz	m <sup>3</sup>	—	—	120—135	82
6.	Kimyoviy toza- langan suv	t	—	1,2—1,3	2,1	1,54
7.	Suv bug'i kon- densati	t	—	0,73	0,41	0,342
8.	Ishlab chiqarish suvi	m <sup>3</sup> K	150	150	120 283	129 280

\* Shu jumladan 0,288 — azot kislotasi olish uchun va 0,005 — tashlandiq gazlarni tozalash uchun.

Asosiy bandlardan yana biri, elektr energiya sarfi bo'lib, bu ko'rsatkich qo'sh past bosimli, ya'ni 0,1/0,35 MPa bosimli qurilmalarda eng yuqori — 266 kW · soat/t HNO<sub>3</sub> qiymatga, qo'sh yuqori bosimli, ya'ni 0,42—0,47/1,1—1,26 MPa bosimli qurilmalarda esa eng kam — 14,4 kW · soat/t HNO<sub>3</sub> qiymatni tashkil etmoqda. Bundan ko'rinadigan bosimni ortishi solishtirma elektr energiya sarfini, aksincha, kamayishiga olib kelar ekan.

Hozirgi vaqtda AK-72 tizimi bo'yicha ishlaydigan azot kislotasi ishlab chiqarish qurilmalarida reaksiyon issiqliklarni rekuperatsiya qilish natijasida, har bir tonna azot kislotasi hisobiga bosimi 4 MPa va temperaturasi 713 K bo'lgan o'ta qizigan suv bug'idan 1,19 Gkal, va bosimi 1,6 MPa, temperaturasi 623 K bo'lgan suv bug'idan esa 0,316 Gkal miqdorda ishlab chiqarilmoqda.

Shunday qilib, kelajakda yuqorida bayon etilgan sabablarga binoan, azot kislotasi ishlab chiqarish yangi agregatlari qo'sh yuqori bosim, shu jumladan, ayniqsa, azot dioksidini absorbsiyalash bo'limi 1,6—2,0 MPa bosimda ishlaydigan tizimlar asosida yaratilishi ko'zda tutilgan.

### 9.23. KUCHSIZ AZOT KISLOTASINI KONSENTRLASH

Xalq xo'jaligining ayrim sohalarida, ayniqsa, organik sintez sanoati va mudofaada azot kislotasining yuqori konsentrlangan, ya'ni 98—99% eritmalari ishlatiladi. Ammo kimyo sanoatida asosan, azot kislotasining nisbatan kuchsiz, ya'ni 56—60% li eritmalari ishlab chiqariladi. Shu munosabat bilan kuchli konsentratsiyaga ega bo'lgan azot kislotasi ishlab chiqarish alohida ahamiyat kasb etadi.

Kuchli azot kislotasi ishlab chiqarishni bizningcha quyidagi turlarga bo'lish mumkin: 1) kuchsiz azot kislotasi eritmasiga azot kislotasining kuchli eritmalarini qo'shish; 2) kuchsiz azot kislotasi eritmalaridagi suvni bug'latish; 3) kuchsiz azot kislotasi tarkibidagi suvni kamaytirish uchun o'ziga suvni yutib oluvchi moddalar qo'llash; 4) kuchli konsentratsiyadagi azot kislotasini to'g'ridan to'g'ri sintez qilish.

Bu turlardan birinchisi asosan, kimyoviy laboratoriyalarda, juda katta bo'lmagan miqdorlarda kuchli azot kislotasi hosil qilishda qo'llanishi mumkin. Bu turda ishlab chiqariladigan azot kislotasining maksimal konsentratsiyasi kuchsiz azot kislotasi eritmasiga qo'shilayotgan kuchli azot kislotasining konsentratsiyasiga teng bo'lishi mumkin. Bu tur boshqa turlarga qaraganda eng sodda bo'lsa ham kimyo sanoatida katta hajmlarda kuchli azot kislotasi ishlab chiqarishda umuman qo'llanmaydi, chunki buning uchun avvalambor azot kislotasining yuqori konsentrlangan eritmalari kerak. Bu esa mantiqqa teskaridir. Ikkinchi tur bo'yicha kuchli konsentrlangan azot kislotasi ishlab chiqarish uning kuchsiz eritmalaridan suvni bug'latishga asoslangan. Buning uchun kuchsiz azot kislotasi maxsus qurilmada qaynatilib, haydash jarayonidan o'tkaziladi. Bug'latish turi bilan azot kislotasining konsentratsiyasi maksimum 68,4% gacha oshirilishi mumkin; undan yuqori konsentratsiyaga erishib bo'lmaydi, chunki bu konsentratsiyada tarkibi 68,4%  $\text{HNO}_3$  va 31,6%  $\text{H}_2\text{O}$  dan iborat bo'lgan azeotrop aralashma hosil qilingan bo'ladi. Shuning uchun bu tur ham amaliyotda keng qo'llanmaydi.

Kuchsiz azot kislotasining konsentratsiyasini oshirishning amaliyotda ko'p qo'llaydigan turi — bu uchinchi va to'rtinchi turlardir.

Uchinchi turga binoan azot kislotasining kuchsiz eritmasini uning tarkibidagi suvni o'ziga tortib oladigan moddalar qo'llab, konsentrat-

siyasini oshirish ko'zda tutilgan bo'lib, hozirgi vaqtda bu turning ikki usuli ma'lum bo'lib, ularning ikkalasi ham amaliyotda keng qo'llanib kelinmoqda. Shunday qilib, uchinchi tur quyidagi ikki usuldan iboratdir:

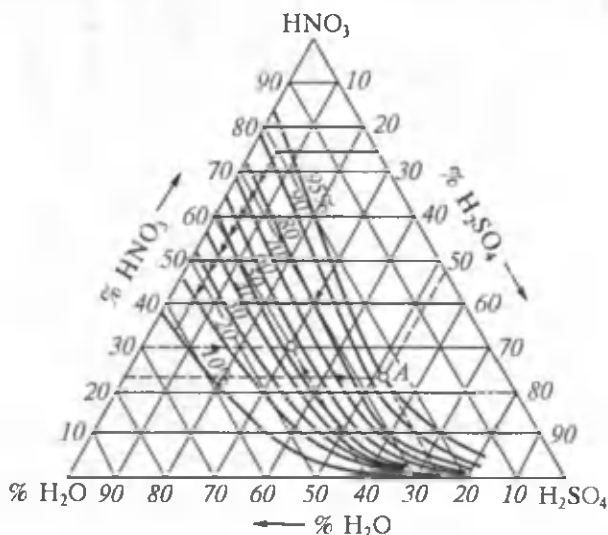
a) kuchsiz azot kislotasi konsentratsiyasini sulfat kislotasining kuchli, ya'ni 92—94% li eritmasini yoki fosfor kislotasini qo'llab oshirish;

b) kuchsiz azot kislotasi konsentratsiyasini magniy nitratining 72—80% li qotishmasini qo'llab oshirish.

### 9.24. KUCHSIZ AZOT KISLOTASINI KUCHLI SULFAT KISLOTASI YORDAMIDA KONSENTRATSIYASINI OSHIRISH

Bu usulda kuchli sulfat kislotasi suvni deyarli cheklanmagan miqdorda o'ziga tortib olish xususiyatidan foydalaniladi. Buning uchun amaliyotda sulfat kislotasining 92—94% li eritmasi, ya'ni kuporos moyi qo'llanadi.

$H_2O-HNO_3-H_2SO_4$  dan iborat uchlamchi aralashma qaynatilganda hosil bo'luvchi bug' tarkibida suvning miqdori kamayib, bir vaqtning o'zida azot kislotasi bug'lari miqdori oshib boradi va ularni sovitib, kondensatsiyalanganda konsentrlangan azot kislotasi hosil bo'ladi. Bunday usul bilan olinayotgan azot kislotasining konsentratsiyasi uchlamchi aralashmasining tarkibiga bog'liq bo'lib, uni esa 9.16-rasmda keltirilgan diagramma orqali topish mumkindir. Diag-

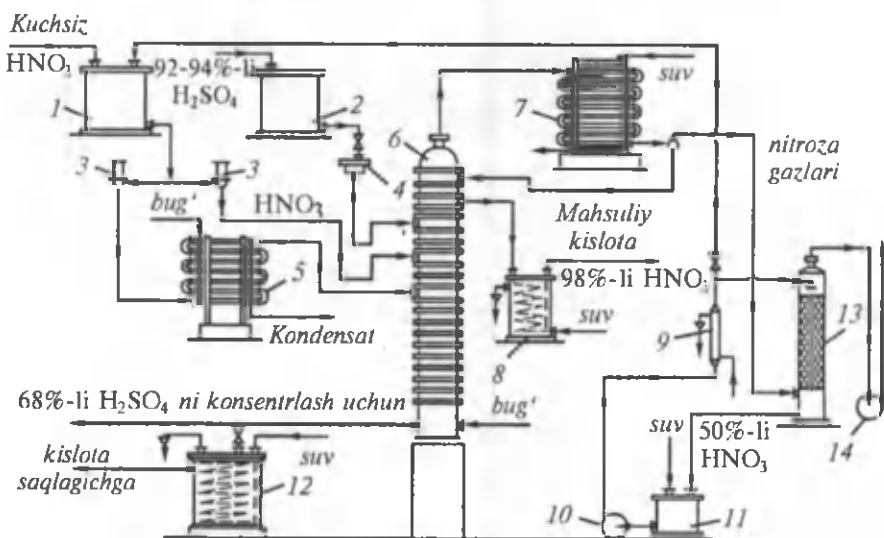


9.16-rasm.  $HNO_3 - H_2SO_4 - H_2O$  uchlamchi diagrammasi.

ramma teng tomonli uchburchakdan iborat bo'lib, uning har bir tomonida uchlamchi aralashmasining bironta komponenti miqdorlari % larda ifoda etilgandir. Uchburchakning har bir cho'qqisi aralashma komponentlari: sulfat kislota, azot kislotasi va suvdan birontasining 100% li miqdorini belgilaydi. Uchburchak ichidagi har qanday nuqta uchlamchi aralashmaning bironta tarkibini ifoda etadi. Masalan, 95% li azot kislota eritmasini hosil qilish uchun, diagrammadan ko'rinib turibdiki, tarkibi 23%  $\text{HNO}_3$ , 52%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  va 25%  $\text{H}_2\text{O}$  dan iborat aralashmasini olish kerak. Xuddi shunday yo'l bilan azot kislotasi-ning har qanday berilgan konsentratsiyasi uchun kerakli tarkibdagi aralashma topib olinishi mumkin.

Kuchsiz azot kislotasining konsentratsiyasini sulfat kislota qo'llab oshirish texnologik tasviri 9.17-rasmda ko'rsatilgan.

Kuchsiz azot kislotasi bosimli idish (1) ga beriladi va undan chiqayotib ikki oqimga bo'linadi. Kuchsiz azot kislotasining birinchi oqimi «nazorat fonari» deb atalmish o'lchagich (3) orqali bug'latgich (5) ning pastki qismiga beriladi va u yerga 0,5 MPa bosimdagi to'yingan suv bug'i bilan isitilib, konsentratsion minora (6) ning 10-tarelkasiga beriladi. Azot kislotasining ikkinchi oqimi esa «nazorat



9.17-rasm. Kuchsiz azot kislotasini kuchli sulfat kislotasi bilan konsentrlash texnologik tasviri:

1, 2 — bosimli idishlar; 3 — nazorat fonarlari; 4 — kislota sarfini boshqaruvchi; 5 — bug'latgich; 6 — konsentratsion minora; 7 — sovitgich-kondensator; 8, 9 — sovitgichlar; 10 — nasos; 11 — yig'gich; 12 — sovitgich; 13 — absorbsion minora; 14 — ventilyator.

fonari» deb atalmish o'Ichagich (3) orqali isitilmay konsentratsion minora (6) ning 7- yoki 8-tarelkasiga beriladi. Kuchli 92—94% li sulfat kislotasi bosimli idish (2) va kislotasi sarfini boshqaruvchi (4) orqali konsentratsion minora (6) ning 5-tarelkasiga berilib, u pastga tomon oqib tushib, kuchsiz azot kislotasi bilan aralashib, suv, azot kislotasi va sulfat kislotasidan tashkil topgan uchlamchi aralashma hosil qiladi. Konsentratsion minora (6) ning eng pastki tarelkasi-ning tag qismiga shiddatli suv bug'i berilib, uning issiqligi hisobiga uchlamchi aralashmadan azot kislotasi bug'lari ajralib chiqib boshlaydi.

Azot kislotasi bug'lari 343 K — 358 K temperaturada konsentratsion minora (6) ning pastidan yuqoriga qarab ko'tarilib, undan chiqib, sovitgich-kondensator (7) ga kiradilar. Bu bug'lar tarkibida azot kislotasi bug'laridan boshqa azot oksidlari va suv bug'lari ham bor bo'lib, sovitgich-kondensator (7) da azot kislotasi bug'lari 303 K da kondensatlanib, 98—99% li azot kislotasini hosil qiladi va bu kislotada azot oksidlarining bir qismi fizik yutiladi. Tarkibida azot oksidlari bo'lgan konsentrlangan bu azot kislotasi sovitgich-kondensator (7) dan chiqib, konsentratsion minora (6) ning yuqoridagi ikkita tarelkasiga yuboriladi va ulardan ketma-ket pastga qarab o'tatilib, sovitgich-kondensator (7) ga minora (6) ning pastidan kelayotgan azot kislotasi bug'lari bilan puflanib, azot oksidlaridan tozalanadi. Kondensatlanmay qolgan azot kislotasi bug'lari va suyuq azot kislotasidan ajralib chiqqan azot oksidlari absorbsiyalanishi uchun suv bilan sug'oriladigan absorbsion minora (13) ga yuboriladi. Bu yerda hosil qilingan 50% li azot kislotasi eritmasi yig'gich (11) ga beriladi. U yerda bu 50% li  $\text{HNO}_3$  suv bilan qisman suyultirilib, nasos (10) va sovitgich (9) orqali yana qayta absorbsion minora (13) ga beriladi. Suyultirilgan azot kislotasining ortiqcha qismi bosimli idish (1) ga yuborilib, kuchli azot kislotasi olish jarayonida ishtirok etadi. Konsentrlangan fizik erigan azot oksidlaridan tozalan- gan, 98—99% li mahsuliy azot kislotasi konsentratsion minora 6 ning yuqori qismidan chiqib, sovitgich (8) da sovitilib, omborxonaning kislotasi saqlagichlariga yuboriladi.

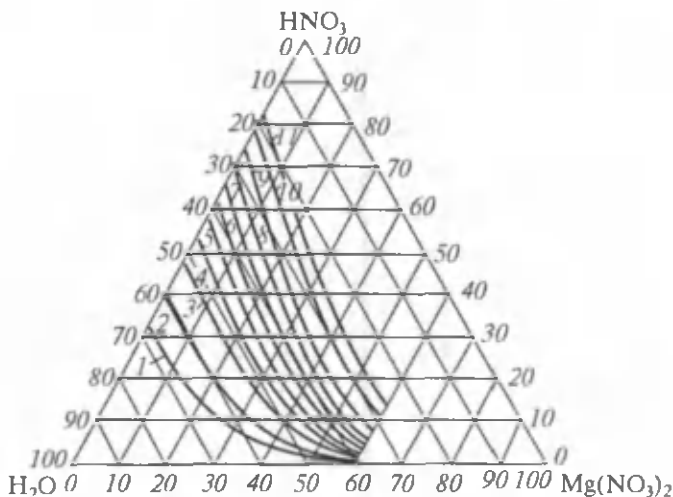
Konsentratsion minora (6) ning eng pastki qismiga berilayotgan o'ta qizigan bug'ning bosimi 1,5 MPa dan oshmaydi, temperaturasi esa 513 K — 518 K atrofida. Bug'latgich (5) ga berilayotgan to'yin- gan suv bug'ining bosimi esa 0,4—0,6 MPa atrofidadir. Absorbsion minora (13) da azot oksidlaridan deyarli tozalan- gan tashlandiq nitroza gazlari ventilator (14) orqali sulfat kislotasining bug'lari va tumanlaridan tozalanishi uchun elektrofiltarga (rasmda ko'rsatilgan emas), so'ngra esa mo'ri orqali atmosfera havosiga tashlab yuboriladi.

Ishlatilgandan so'ng konsentratsiyasi 65—68% gacha tushib qolgan va tarkibida 0,03% gacha (azot kislotasi bo'yicha hisoblanganda) azot oksidlari bo'lgan sulfat kislotasi 443 K atrofida konsentratsion minora 6 ning pastki qismidan chiqib, uni konsentratsiyasini yana qayta 92—94% gacha ko'tarish uchun to'g'ridan to'g'ri sulfat kislotasini bug'latish qurilmasiga yuboriladi; ayrim holatlarda esa bu kuchsiz sulfat kislota eritmasi sovitgich (12) da sovitilib, so'ng kislota saqlagichlarga yuboriladi.

Kuchsiz azot kislotasining konsentratsiyasini kuchli sulfat kislotasini qo'llab oshirishning katta kamchiligi bor bo'lib, u ham bo'lsa elektrofiltrdan (9.17-rasmda ko'rsatilgan emas) chiqayotgan tashlandiq gazlar tarkibidagi sulfat kislotasi bug'lari va tumanining miqdori nisbatan katta, ya'ni 0,3—0,8 g/m<sup>3</sup> ga teng ekanligidir. Bu salbiy holat kuchli sulfat kislotasi o'rniga magniy yoki rux nitratlari tuzlarini qo'llashga olib keldi.

### 9.25. KUCHSIZ AZOT KISLOTASINI MAGNIY NITRATI YORDAMIDA KONSENTRLASH

Kuchsiz azot kislotasi eritmalarini bu usul bilan konsentrlashning afzalliklaridan biri shuki, olinayotgan yuqori konsentrlangan azot kislotasi toza bo'lib, uning tarkibida sulfat kislotasi qoldiqlari



9.18-rasm.  $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{O} - \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  uchlamchi diagrammasi

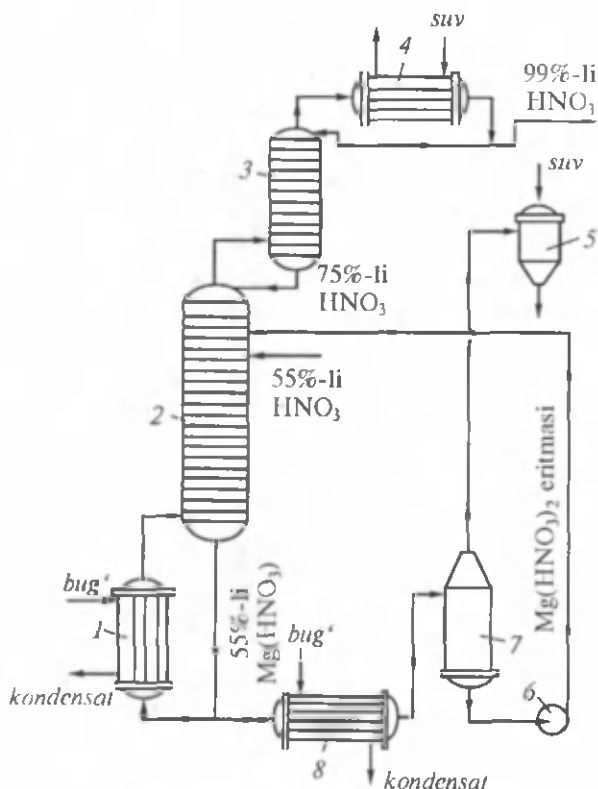
$S_{\text{HNO}_3}$ , % larda:  
 1 — 5; 2 — 10; 3 — 20; 4 — 30; 5 — 40; 6 — 50; 7 — 60; 8 — 70;  
 9 — 80; 10 — 90; 11 — 95.



umuman bo'lmaydi va tashlandiq gazlar tarkibida zararli sulfat kislota bug'lari va tumanlari ham bo'lmaydi.

$\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{O} - \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  dan iborat uchlamchi aralashma-ning (9.18-rasm) holat diagrammasidan kelib chiqadiki, 95% va undan yuqori konsentrlangan azot kislotasi olishda uchlamchi aralashmadagi suvning miqdori 25–30% dan oshmasligi kerak. Magniy nitrat eritmalarining qaynash temperaturalari ham konsentratsiyasi 0–70% bo'lgan sulfat kislotasi eritmalarining qaynash temperaturalari bilan taxminan bir xildir. Bu ma'lumotlar kuchsiz ~55% li azot kislotasini 72–80% li magniy nitrat asosida quyultirish texnologiyasi uni sulfat kislota ishtirokida quyultirish texnologiyasiga yaqin bo'lishligidan dalolat beradi.

Kuchsiz azot kislotasini magniy nitrat asosida quyultirish texnologik tizimi 9.19-rasmda ko'rsatilgan. Qaynatgich (8) da 373 K gacha



9.19-rasm. Kuchsiz azot kislotasini magniy nitrat asosida quyultirish texnologik tasviri: 1, 8 — qaynatgichlar; 2 — bug'latish minorasi; 3 — distillatsion minorasi; 4 — kislota kondensatori; 5 — barometrik kondensator; 6 — nasos; 7 — vakuum-bug'latgich.

qizdirilgan 72—80% li magniy nitratining quyuc 55% li  $Mg(NO_3)_2$  eritmasi vakuum-bug'latgich (7) da eritmasini hosil qilib, tarelkalaridan tashkil topgan bug'latish minorasi (2) ning yuqori qismidagi tarelkaga nasos (6) orqali beriladi. Undan bir tarelka pastroqqa kuchsiz, quyultirilishi kerak bo'lgan, konsentratsiyasi 55% atrofida bo'lgan azot kislotasi beriladi. Bug'latish minorasi (2) ning pastki qismida temperatura qaynatgich (1) orqali 55% li magniy nitrat eritmasi yordamida 433 K — 453 K atrofida ushlab turiladi. Bug'latish minorasi (2) dan chiqayotgan, tarkibi 87%  $HNO_3$  va 13%  $H_2O$  bug'laridan iborat bo'lgan aralashma distillatsion minora (3) ga borib, u yerda 99%  $HNO_3$  gacha konsentrlanib, kondensator (4) ga borib, kondensatlanadi va 99% li suyuq azot kislotasini hosil qiladi. Kondensator (4) dan chiqayotib, 99%  $HNO_3$  eritmasi ikki oqimga bo'linadi; uning bir oqimi flegma sifatida distillatsion minora (3) ga qaytariladi, qolgan ikkinchi oqimi esa mahsuliy 99% li azot kislotasi sifatida omborxonaga yuboriladi.

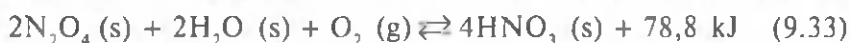
Bug'latish minorasi (2) ni pastki qismidan chiqayotgan 55% gacha suyulib qolgan magniy nitrat eritmasi ham ikki oqimga bo'linadi, uning birinchi oqimi qaynatgich (1) orqali bug'latish minorasi (2) ni isitib turish uchun minora (2) ga qaytariladi; ikkinchi oqimi 55% li magniy nitrat eritmasini konsentrlash uchun qaynatgich (8) orqali isitilib, vakuum-bug'latgich (7) ga yuboriladi; u yerda magniy nitrat eritmasidan ajralib chiqayotgan suv bug'lari barometrik kondensator (5) ga borib, uning tepasidan berilayotgan sovuq suv bilan kondensatlanadi va tashlab yuboriladi.

Distillatsion minora (3) ning pastki qismidan u yerda hosil bo'lgan 75%  $HNO_3$  eritmasi o'z konsentratsiyasini oshirish uchun bug'latish minorasi (2) ning tepa qismiga beriladi.

Shuni ta'kidlash kerakki, hosil bo'layotgan kuchsiz magniy nitrat eritmasi konsentratsiyasi 55% dan kam bo'lmasligini ta'minlash uchun mahsuliy konsentrlangan magniy nitrat eritmasi bilan bug'latish minorasi (2) ga kirayotgan kuchsiz 50—55% li azot kislotasi nisbati 2,5 dan kichik bo'lmasligi kerak, holbuki sulfat kislotasi yordamida kuchsiz azot kislotasini quyultirishda bu nisbat 3,5—4,0 ga teng bo'lib, bu esa salbiy holatni vujudga keltiradi. Bundan tashqari, magniy nitrat qo'llab kuchsiz azot kislotasini konsentrlash usuli qurilmani ekspluatatsiya qilish xarajatlarini ikki marotaba, kapital sarflarni esa 30—40% ga kamaytirishga olib keladi. Ammo, magniy nitratini qo'llab konsentrlash usuli ham kamchilikdan xoli emas, u ham bo'lsa, jarayon uchun ham oxirgi yillarda azot kislotasining yuqori konsentratsiyali eritmalariga erishishning zamonaviy usuli — bu kuchli azot kislotasini to'g'ridan to'g'ri sintez qilishdir.

## 9.26. KONSENTRLANGAN AZOT KISLOTASINI TO'G'RIDAN TO'G'RI SINTEZ QILISH

Azot kislotasini to'g'ridan to'g'ri sintez qilish suyuq holdagi tetraoksid azotga suyuq suv va gaz holdagi kislorodni yuqori, ya'ni 5 MPa gacha bosim ostida, yuqori temperaturada, ya'ni 353 K da quyidagi umumiy qaytar reaksiya bo'yicha amalga oshiriladi:



Bu reaksiyadan ko'rinib turibdiki, jarayon geterogen (reaksiyada suyuq va gaz fazalari ishtirok etgani uchun), hajm torayishi bilan ketyapti (1 hajmdan nol hajmga o'tyapti) va ekzotermikdir (reaksiya natijasida issiqlik chiqayotganligi tufayli). Reaksiya amaliy qaytar bo'lganligi munosabati bilan Le-Shatelye prinsipiga muvofiq reaksiya muvozanatini o'ngga, ya'ni konsentrlangan azot kislotasi hosil bo'lish tomoniga burish uchun bosimni oshirib, temperaturani pasaytirish kerak.

Yuqoridagi (9.33) reaksiyadan ko'rinib turibdiki, konsentrlangan azot kislotasini to'g'ridan to'g'ri sintez qilish uchun dastlab jarayonning asosiy xomashyolaridan biri  $\text{N}_2\text{O}_4$  ni suyuq holda olishga erishmoq kerak.  $\text{N}_2\text{O}_4$  ni esa tarkibida azot oksidlari bo'lgan nitroza gazlaridan olinadi. Nitroza gazlari kimyo sanoatida ikki xil usul bilan ishlab chiqarilishi mumkin: 1) sintetik ammiakni atmosfera havosidagi kislorod yoki toza kislorod bilan oksidlash; 2) nitratli tuzlarni inversiyalash.

Ammo, amaliyotda nitroza gazlarini olishning asosan, birinchi usuli, ya'ni sintetik ammiakni atmosfera havosida oksidlab olish usuli keng tarqalgandir. Bu usulga binoan, ammiak quyidagi reaksiya bo'yicha



platina katalizatori ishtirokida 1123 K — 1173 K temperaturada havodagi kislorod bilan oksidlanib, tarkibida azot oksidlari 11 (hajmiy) % dan ko'p bo'lmagan nitroza gazlari olinadi. Azot monooksidi nitroza gazidagi ortiqcha kislorod bilan 423 K dan past temperatura-larda oksidlanib, azot dioksidini hosil qiladi:



Ma'lum sharoitlarda gaz holdagi azot dioksidi suyuq holdagi azot to'rt oksidiga o'tishi mumkin:



100% li azot dioksidi 294,5 K va atmosfera bosimida to'liq suyuq holatga o'tadi. Ammo, sintetik ammiakni havodagi kislorod bilan oksidlab olingan nitroza gazlaridagi azot oksidlari miqdori 11 (h) % dan oshmasligi tufayli, bunday azot oksidlarini atmosfera bosimida suyuq holatiga o'tkazib bo'lmaydi, chunki ularni ulushli bosimlari 0,011 MPa bosimni tashkil etadi; vaholanki, ularning suyuq holdagi oksidlari ustidagi bug'lari bosimi minus 263 K da 0,0152 MPa ga tengdir. Nitroza gazlarini buning uchun 263 K dan pastroq temperaturalarigacha sovitmoq kerak, ammo buni amalga oshirib bo'lmaydi, chunki 263 K dan past temperaturalarda azot oksidlari kristallanib qolib, katta zarar yetkazishi mumkin, chunki bu vaqtda gazlar yuradigan quvurlar ayrim hollarda berkilib qolishi mumkin. Shuning uchun ham azot oksidlarini suyuqlikka o'tkazish uchun yuqori bosim qo'llash kerak bo'ladi.

Quyidagi javalda azot dioksidini suyuqlantirish darajasining bosim va temperaturaga bog'liqligi keltirilgan.

9.12-jadval

**TARKIBIDA 10 (h) % AZOT DIOKSIDI BO'LGAN NITROZA GAZIDAN AZOT DIOKSIDINI SUYUQLANTIRISH DARAJASI ((h) % da)**

T/r	Gaz bosimi, MPa	Temperatura, K			
		278	270	263	253
1.	0,10	33,12	56,10	72,90	84,49
2.	0,08	16,16	44,74	66,18	80,54
3.	0,05	—	9,75	45,10	68,59

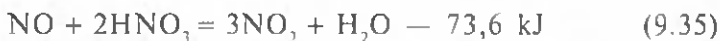
Bu jadvaldan ko'rinib turibdiki, bosimni oshirib, temperaturani 253 K gacha pasaytirganda ham tarkibida 10 (h) % azot dioksidi bo'lgan nitroza gazini suyuqlikka to'liq o'tkazish mumkin emas.

Konsentrlangan azot kislotasini to'g'ridan to'g'ri sintez qilish yo'li bilan olish amaliyotida azot dioksidini suyuqlantirishning boshqa, ya'ni azot dioksidini konsentrlangan azot kislotasida yaxshi erishi usuli qo'llanadi.

Konsentrlangan azot kislotasi kuchsiz nitroza gazlaridagi azot dioksidini  $\text{HNO}_3 \cdot \text{NO}_2$  (nitrooleum) holdagi birikma hosil qilish bilan yutish qobiliyatiga ega. Bu moddaning keyinchalik parchalanishi natijasida mahsuliy 98% li konsentrlangan azot kislotasi va ikki bosqichli sovitishdan so'ng suyuq holatga o'tadigan konsentrlangan azot dioksidi hosil bo'ladi. Sovitishning birinchi bosqichida suv, ikkinchi bosqichida esa 263 K — 266 K gacha sovitish uchun

tuzli eritma (kalsiy nitratin suvdagi 35—42% li eritmasi) qo'llanadi. Sovitishni 263 K dan pastga tushirishga yo'l qo'yilmaydi, chunki bu holat sovitgichlarning quvurlarini azot dioksidi qattiq kristallari bilan to'lib qolishiga olib kelishi mumkin.

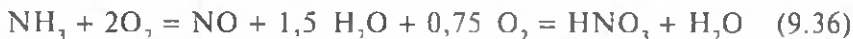
Azot monooksidini azot dioksidigacha oksidlovchi minoralarda to'liq oksidlab bo'lmaydi, shuning uchun oksidlash jarayonini oxirigacha yetkazish uchun azot monooksidiga alohida jinsli minorada konsentrlangan azot kislotasini quyidagicha kimyoviy reaksiya bo'yicha ta'sir ettiriladi:



Bu vaqtda NO ni NO<sub>2</sub> ga o'tish darajasi 98—99% gacha yetadi, ammo boshlang'ich konsentrlangan azot kislotasi 70—75 (mass.) % HNO<sub>3</sub> ga qadar suyulib ketadi.

Konsentrlangan azot kislotasini to'g'ridan to'g'ri sintez qilish jarayonida suvning miqdorini nazorat qilib turish katta ahamiyatga ega. Umuman olganda, suv bu kimyoviy jarayonga ikki yo'l bilan kiradi: birinchisi — bu sintetik ammiakni havodagi kislorod bilan oksidlash jarayonida hosil bo'layotgan suv bug'lari; ikkinchisi — bu atmosfera havosi bilan olib kiriladigan suv bug'lari.

Quyidagi kimyoviy reaksiyadan:



ko'rinib turibdiki, 100% li azot kislotasi olish uchun reaksiyon suvning taxminan uchdan bir qismigina kerak, qolgan uchdan ikki qismini esa nitroza gazlaridan ajratib tashlash lozim bo'ladi. Buning uchun nitroza gazlari sovitilib, suv bug'lari kondensatlanib, nitroza gazlaridan ajralishi mumkin. Biroq bu vaqtda nitroza gazidagi azot monooksidi azot dioksidigacha ma'lum darajada oksidlanib qoladi va u suv kondensati bilan yutilib, kuchsiz azot kislotasini hosil qilib qo'yishi mumkin va bu kislota suv kondensati bilan tashlab yuborilishi mumkin. Azot kislotasini bunday yo'qolib ketishiga yo'l qo'ymaslik uchun, nitroza gazlarini iloji boricha tez sovitib, hosil bo'layotgan suv kondensatini gaz fazasi bilan uchrashishiga yo'l qo'ymaslik, kondensatni tezlik bilan gaz fazasidan ajratib tashlash kerak.

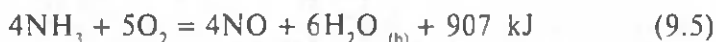
Buning uchun sistemaga tez sovitgich o'rnatiladi va undagi temperatura shunday hisoblangan bo'lmog'i kerakki, gaz fazasida qoladigan uchdan bir qism suv bug'ining ulushli bosimiga mos bo'lsin. Bunday holatda NO<sub>2</sub> va HNO<sub>3</sub> oddiy sovitgichdagiga qaraganda kamroq hosil bo'ladi.

Konsentrlangan azot kislotasini olish uchun hosil qilingan suyuq azot oksidlarini avtoklavda kerakli miqdordagi suv bilan aralashtirib,

u aralashmaga 5 MPa bosimda kislorod bilan 353 K da ta'sir ettiriladi. Avtoklavga suv o'rniga, qoidadagidek, tez sovitgichlardan, oksidlovchi minora va azot monooksidini to'liqroq oksidlovchi minoradan suyuq azot oksidlarini olish jarayonida hosil bo'layotgan kuchsiz azot kislotasi beriladi. Temperaturani avtoklavda 353 K dan oshirishga ruxsat etilmaydi, chunki bu vaqtda avtoklavning aluminiydan yasalgan stakani kuchli korroziyaga uchrashi mumkin.

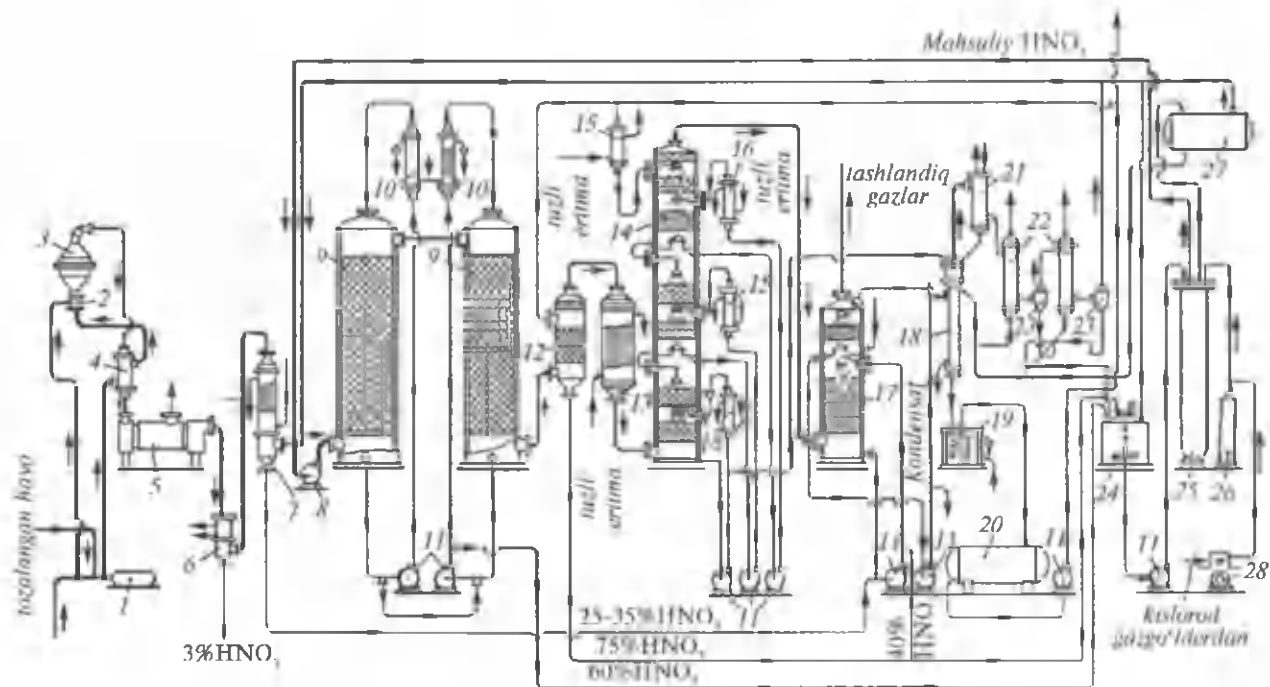
1 tonna konsentrlangan azot kislotasini eng kam sarflar bilan ishlab chiqarishga erishish uchun suyuq azot oksidlarini suvga bo'lgan eng maqbul nisbati 6,8—7,5 atrofida ushlab tashlash taklif etiladi.

Hozirgi vaqtda konsentrlangan azot kislotasini to'g'ridan to'g'ri sintez qilish usuli bilan ishlab chiqarishni sintetik ammiakni atmosfera havosidagi kislorod bilan oksidlab, hosil qilingan nitroza gazlaridagi azot oksidlari asosida tashkil etish keng qo'llanilmoqda. Bu usul bo'yicha (9.20-rasm) ammiak, atmosfera bosimi ostida kuchsiz azot kislotasi ishlab chiqaradigan oddiy qurilmalardagidek, atmosfera havosi bilan oksidlanib, nitroza gazlari hosil qilinadi. Buning uchun ammiak ammiak-havoli ventilator (1) bilan aralashtirgich (2) ga yuboriladi, lekin havo ammiak-havoli ventilatordan chiqib, issiqlik-almashtirgich (4) da isitilib, so'ng aralashtirgich (2) ga beriladi. Bu yerda hosil bo'lgan ammiak-havo aralashmasi kontakt apparati (3) ga yuborilib, u yerda ammiakni platina katalizatori ishtirokida 1123—1173 K atrofida quyidagi reaksiya bo'yicha oksidlanish jarayoni ketadi:



Ammiakni oksidlanish reaksiyasi natijasida hosil bo'layotgan reaksiya issiqlikni bir qismi issiqlik-almashtirgich (4) da kontakt apparati (3) ga berilayotgan havoni isitishga, asosiy qismi esa qozon-foydalangich (5) da kimyoviy tozalangan suvdan o'ta qizigan suv bug'i olish uchun foydalaniladi. (9.5) reaksiya bo'yicha hosil bo'lgan va havo bilan kontakt apparati (3) ga kirgan suv bug'larini ortiqchasini gaz fazasidan ajratib olish uchun kontakt apparati (3) da hosil bo'lgan nitroza gazlari qozon-foydalangich (5) dan keyin tez-sovitgich (6) ga yuborilib, u yerda 573 K dan 306 K — 311 K gacha katta tezlikdagi suv bilan sovitiladi. Bu vaqtda nitroza gazlari sovishi bilan birga juda kuchsiz 2—3% li azot kislotasi (ya'ni qolgani 97—98% suvdan iborat) ham hosil bo'ladi va u qurilmadan chiqarib tashlanadi.

Tarkibidagi azot oksidlari va suvning nisbati 5,1:1 ga teng bo'lgan kuchsiz oksidlangan nitroza gazlari tez-sovitgich (6) dan chiqib, gazli sovitgich (7) ga kiradi; u yerda 25—35% li azot kislotasi eritmasi hosil bo'lib, keyinchalik bu eritma nasos (11) orqali gaz-yuvgich



9.20-rasm. Konsentrlangan azot kislotasini ammiakni atmosfera bosimidagi havo bilan oksidlab olingan nitroza gazlaridan to'g'ridan to'g'ri sintez qilib ishlab chiqarish texnologik tasviri:

- 1 — ammiak-havoli ventilator; 2 — aralashtirgich; 3 — kontakt apparati; 4 — issiqlik almashtirgich; 5 — qozon-foydalangich; 6 — tez-yuvgich; 7 — gazli sovitgich; 8 — ventilator; 9 — oksidlovchi minoralar; 10 — suvli sovitgich; 11 — nasoslar; 12 — to'liq oksidlash minorasi; 13 — tuzli sovitgich; 14 — absorbsion minora; 15, 16 — tuzli sovitgichlar; 17 — gaz-yuvgich; 18 — oqartuv minorasi; 19 — sovitgich; 20 — yig'gich; 21 — deflegmator; 22 — sovitgichlar; 23 — separator; 24 — aralashtirgich; 25 — avtoklav; 26 — oraliq ballon; 27 — yig'gich; 28 — kompressor.

(17) ga berilib, u yerdan 40% li  $\text{HNO}_3$  bo'lib, xom aralashma aralashtirgichi (24) ga yuboriladi.

Nitroza gazlari gazli sovitgich (7) dan chiqib, yig'gich (27) dan kelayotgan nitroza gazlari va avtoklav (25) dan chiqayotgan pufla-nuvchi gazlar bilan qo'shilib, ventilator (8) orqali ikkita ketma-ket ulangan bosimi 0,1842 MPa da ishlovchi oksidlovchi minoralar (9) ga beriladi. Bu minoralarda nitroza gazlaridagi azot monooksidi kislorod bilan quyidagi ekzotermik reaksiya bo'yicha azot dioksidigacha oksidlanadi:



Oksidlovchi minoralar (9) da suv bug'laridan bir qismi kondensatlanib, hosil bo'lgan suyuq suv esa azot dioksidi bilan yutilib:



birinchi oksidlovchi minora (9) da 50—55%  $\text{HNO}_3$ , ikkinchi oksidlovchi minora (9) da esa 60—62%  $\text{HNO}_3$  eritmasini hosil qiladi. Bu ikkala (9.6) va (9.7) ekzotermik reaksiyalar natijasida hosil bo'layotgan issiqliklar mos konsentratsiyalardagi azot kislotalar bilan nasoslar (11) orqali suvli sovitgich (10) ga uzatilib, unga berilayotgan suv orqali chiqazib tashlanadilar. Birinchi oksidlovchi minora (9) dan 50—55% li azot kislotasi eritmasi ikkinchi oksidlovchi minora (9) ga berilib, u yerdan o'rtacha 60% li azot kislotasi xom aralashma aralashtirgichi (24) ga yuboriladi. Hisoblarga qaraganda kuniga 1 t azot kislotasi ishlab chiqarishda azot monooksidini 93% gacha oksidlash uchun minoraning 11,5 m<sup>3</sup> hajm to'liq yetar ekan.

Nitroza gazlaridagi oksidlanmay qolgan azot monooksidi to'liq oksidlash minorasi (12) da 98% li azot kislotasi bilan oksidlanadi; bu jarayon natijasida 98% li  $\text{HNO}_3$  konsentratsiyasi pasayadi; shu bilan birga ta'kidlash kerakki, to'liq oksidlash minorasi (12) ga beriladigan 98% li azot kislotasining miqdori bu minora (12) dan chiqib ketayotgan azot kislotasini konsentratsiyasi 75% dan kichik bo'lmasin.

Shunday qilib, oksidlangan nitroza gazlari keyinchalik tuzli (kalsiy nitratini suvdagi 35—42% li eritmasi) sovitgich (13) da minus 263 K gacha sovitiladi va absorbsion minora (14) ga yuborilib, u yerda oldindan tuzli sovitgichlar (15) va (16) larda sovitilgan 98% li azot kislotasi eritmasida absorbsiyalanadilar.

Azot dioksidi bilan to'yintirilgan azot kislotasi absorbsion minora (14) ning pastki bosqichidan nasos (11) orqali oqartirish minorasi (18) ga beriladi. Absorbsion minora (14) ni tepa qismidan chiqayotgan tashlandiq gazlar yuvgich (17) da gazli sovitgich (7) dan



chiqayotgan tarkibidagi erigan azot oksidlaridan havo bilan puflab tozalangan kuchsiz azot kislotasi bilan yuviladi.

Bug'li kuylakcha bilan ta'minlangan oqartuv minorasi (18) da azot kislotasidagi azot oksidlari eritmasidan toza azot dioksidi ajratiladi. Sovitgich (19) da azot kislotasi sovitilgandan so'ng yig'gich (20) ga yuboriladi, u yerdan bu azot kislotasining bir qismi mahsuliy 98% li azot kislotasi sifatida nasos (11) orqali qurilmadan chiqazib, omborxonaga yuboriladi; qolgan qismi esa azot monooksidini to'liq oksidlash uchun to'liq oksidlash minorasi (12) ga va azot dioksidini yutish uchun tuzli sovitgich (15) orqali absorbsion minora (14) ga qaytariladi.

Azot kislotasidan ajratilgan azot dioksidi delegmator (21) dan 320 K dan 265 K gacha suv bilan sovitiladi. Bu yerda hosil bo'layotgan azot kislotasi kondensati oqartuv minorasi (18) ga sug'orish uchun beriladi. So'ngra azot oksidlari suv bilan birinchi sovitgich (22) da 293 K gacha, ikkinchi sovitgich (22) da esa tuzli eritma (kalsiy nitratini suvdagi 35—42% li eritmasi) bilan 265 K gacha sovitiladi. Bu sovitgich (22) larda hosil bo'lgan suyuq  $N_2O_4$  separator (23) larda nitroza gazlaridan ajratilib, xom aralashma aralash tirgichi (24) ga yuboriladi va u yerda kuchsiz azot kislotasi bilan aralash tiriladi. U yerdan xom aralashma nasos (11) orqali avtoklav (25) ga beto'xtov berilib turiladi. Bu avtoklav (25) ga gazgolderdan kelayotgan kislorod kompressor (28) va oraliq ballon (26) orqali 4—5 MPa bosimda beriladi.

Avtoklav (25) da hosil qilingan azot kislotasi tarkibida 25—50% ortiqcha  $N_2O_4$  bor bo'lib, bu eritma yig'gich (27) orqali oqartuv minorasi (18) ga yuboriladi.

Azot kislotasini saqlash vaqtida ajralib chiqadigan nitroza hamda puflanuvchi gazlardan iborat barcha gazlar sovitgich (7) dan chiqayotgan nitroza gazlari bilan qo'shilib, ventilator (8) orqali qurilmaning bosh qismiga yuboriladilar va butun jarayonda yana qaytadan ishtirok etadilar.

75% li azot kislotasi to'liq oksidlagich (12) dan chiqib, avtoklav (25) ga horib, 98% li azot kislotasiga qayta ishlanadi. Avtoklav (25) da hosil bo'layotgan azot kislotasining barcha miqdoridan, har bir tonna azot kislotasiga nisbatan hisoblanganda yarim tonnaga yaqini azot monooksidini oksidlashda ishlatiladi. Agarda 1 tonna tovar holidagi mahsulot ishlab chiqarish uchun kislorodning umumiy sarfi 125—155  $m^3$  ni tashkil etsa, undan 89  $m^3$  nitroza gazlarini oksidlash uchun sarflanadi.

Olingan azot kislotasi eritmasini toza azot kislotasi va azot oksidlariga ajratish uchun jinsli yoki tarelkali oqartuv minoralar qo'llanadi.

## 9.27. AZOT KISLOTASI ISHLAB CHIQRISHDA TEXNIKA XAVFSIZLIGI VA MEHNAT MUHOFAZASI

Kuchsiz azot kislotasini sintetik ammiakdan har xil usullar bilan ishlab chiqarishda deyarli 100% li ammiakdan tashqari siqilmagan yoki yuqori bosimlarga siqilgan atmosfera havosi, texnologik suv, aylanma suv, distillangan kimyoviy tozalangan suv, qimmatbaho platina tipidagi katalizatorlar, yuqori bosim va temperaturadagi to'yingan va o'ta qizigan suv bug'lari, ishlab chiqarish jarayonida esa azot monooksidi, azot dioksidi, azot uch oksidi kabi zaharli gazlar hamda kislorod, azot va boshqalardan tarkib topgan nitroza gazlari, kuchli azot kislotasini konsentratsiyasini oshirishda kuchli sulfat kislotasi — kuporos moyi yoki yuqori konsentrlangan magniy nitrati tuzlari, kuchli azot kislotasini to'g'ridan to'g'ri sintezida esa, gaz va suyuq holdagi  $N_2O_4$ , nitrit kislotasi  $HNO_2$ , bosim ostidagi kislorod, tashlandiq gazlarni azot oksidlaridan tozalashda esa metan, vodorod, uglerod monooksidi va hokazolar ishlatiladi. Ayrim kamchilikli holatlarda ammoniy nitriti, ammoniy nitrati yoki ammiak-havoli portlovchi modda va aralashmalar hosil bo'lib qolishi mumkin.

Bunday xavf-xatarlarga yo'l qo'ymaslik uchun avvalambor barcha fizik-kimyoviy jarayonlarni geometrik yopiq apparatlarda amalga oshiriladi va ularning barchasi tashqaridan boshqariladi. Jarayonlarni boshqarish uchun asosan, pnevmatik, ya'ni past bosimli quriltirilgan havo sistemalari qo'llanadi. Ta'mirlashdan oldin har bir apparat va kommunikatsiyalar siqilgan havo berib tozalanadi.

Azot kislotasi ishlab chiqarishda ishtirok etadigan ayrim moddalar xususiyatlari quyidagilardan iborat.

**Azot-vodorod aralashmasi** — ammiakni oksidlovchi kontakt apparatini ishga tushirishga tayyorlash uchun uni ichidagi temperaturani ishchi temperatura 1163 K — 1173 K gacha avvaldan qizdirib qo'yish uchun yoqiladigan aralashma bo'lib, u rangsiz, hidsiz, yonuvchi gazdir. 4—75 (h) % chegarada havo va kislorod bilan portlaydi.

**Azot dioksidi** — yonmaydigan, qizg'ish-qo'ng'ir rangli, o'ziga xos bo'g'uvchi hidli gaz. Kuchli oksidlovchi hisoblanadi. Ko'pgina organik birikmalar bug'lari bilan portlovchi aralashmalar hosil qiladi. Azot dioksidini havodagi miqdori 120 mg/m<sup>3</sup> ni tashkil etganda ko'z qorachig'ini yallig'lanishiga olib keladi. Azot dioksidini havodagi miqdori 200—400 mg/m<sup>3</sup> ga yetganda bunday atmosferada ishlovchi unda qisqa vaqt bo'lganda ham uni hayoti uchun xavf-xatar tug'diradi. Azot oksidlari o'pkaga ham ta'sir ko'rsatib, ularni shishib ketishiga olib keladi. Azot oksidlarining yomon xususiyatlaridan biri,

ularni havoda yuqori miqdorlarda bo'lmagan holda ham bu oksidlarni o'pkalarda yig'ilib qolishidir. Azot oksidlarini ishlab chiqarish binolaridagi havoda ruxsat etilgan konsentratsiyasi ( $N_2O_3$  ga nisbatan hisoblanganda)  $5 \text{ mg/m}^3$  ni tashkil etadi.

**Azot kislotasi** — o'tkir hidli, sariqroq rangli suyuqlik bo'lib, yonmaydi, kuchli oksidlovchi hisoblanadi; konsentrlangan azot kislotasi bilan qog'ozga, yog'och qirindilariga ta'sir ettirilganida ularni alangalatib yuboradi. Zaharli. Teriga tushganda og'ir kuyishni hosil qiladi. Azot kislotasi bug'lari nafas olish yo'llarini yallig'laydi va tishlarni yemiradi. Ishlab chiqarish binolaridagi havoda azot kislotasi bug'larining ruxsat etilgan konsentratsiyasi  $1 \text{ mg/m}^3$  ni tashkil etadi.

Azot kislotasi ishlab chiqarishda texnika xavfsizligining majburiy shartlaridan biri — bu ham bo'lsa, kontakt apparatini dastlabki qizdirish paytida nitroza gazlari bilan bir qism ammiakni oksidlanmay o'tib ketishiga hamda katalizator to'rlarini teshilib qolishiga va katalizatorni zaharlanib qolishiga aslo yo'l qo'ymaslik. Nitroza gazidagi azot oksidlari bilan ammiakni o'zaro ta'siri natijasida ammoniy nitriti va nitрати aerозollari hosil bo'lib qolishi mumkin; ularni kompressorlar, gaz puflagichlar va boshqa apparatlar devorlarida to'planib qolishlari portlashga olib kelishi mumkin. Bunday hodisalarga azot kislotasini to'g'ridan to'g'ri usul bilan sintez qilishda ham yo'l qo'yib bo'lmaydi. Konsentrlangan azot kislotasiga organik birikmalar (surkaluvchi moylar, erituvchilar va boshqalar) ni tushib qolishi ham juda katta xavf tug'diradi. Shuning uchun ham nafaqat azot kislotasi ishlab chiqarishi, balki butun azot sanoatida zamonaviy avtomatlashtirilgan qurilmalar qo'llashga va ularni asosan, yuqori malakali kadrlar tomonidan boshqarilishi taqozo etiladi.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Azot kislotasining xususiyatlari haqida gapirib bering.
2. Ammiakni oksidlash uchun qanday katalizatorlar ishlatiladi?
3. Platina katalizatorida ammiakni azot monooksidigacha oksidlash mexanizmini tushuntiring.
4. Azot kislotasini atmosfera bosimi va yuqori bosim ostida ishlab chiqarishda platinaning yo'qolishi nimalardan iborat ekanligini tushuntiring.
5. Azot monooksidini azot dioksidiga oksidlash reaksiyasini yozing. Bu reaksiyaning tezligiga temperatura va bosimning ta'sirini tushuntiring.
6. Konsentrlanmagan azot kislotasi olishning qanday tasvirlari mavjud? Ularning bir-biridan farqi nimada?
7. Azot kislotasi ishlab chiqarishda tashlandiq gazlarni tozalashning qanday usullari qo'llaniladi?
8. Konsentrlangan azot kislotasi olish usullari haqida gapirib bering.

### MINERAL O'G'ITLAR TEXNOLOGIYASI

#### MINERAL O'G'ITLARNING XALQ XO'JALIGI VA QISHLOQ XO'JALIGIDAGI AHAMIYATI

Sanoatning kun sayin o'sishi va qishloq xo'jalik mahsulotlariga talabni oshishi o'z navbatida mineral tuzlarga bo'lgan ehtiyojni ortishiga olib kelmoqda. Ayniqsa, mineral tuzlar ishlab chiqarish uchun xomashyo zaxirasini ta'minlash va ozuqa mahsulotlariga bo'lgan talabni qondirish uchun qishloq xo'jaligini kimyolashtirish katta ahamiyatga ega. Mineral tuzlar ichida ayniqsa mineral o'g'it sifatida qo'llaniladigan tuzlarning ahamiyati katta.

Hozirgi zamonda insoniyat oldidagi turgan muammolardan biri ozuqa mahsulotlari va sanoatni xomashyo bilan ta'minlash sanaladi. Hosildor yerlar hozirgi davrda qishloq xo'jalik mahsulotlari olish uchun band va yangi yerlarni o'zlashtirish esa deyarli yechilmas muammoga aylandi. Aholi soni kun sayin o'sib bormoqda. Ularni oziq-ovqat mahsulotlari bilan ta'minlashni faqatgina hosildorlikni oshirish yo'li bilan ta'minlash mumkin. Hosildorlikni oshirishning birdan-bir asosiy yo'li mineral o'g'itlarni ko'plab ishlab chiqarishdan iboratdir.

*Mineral o'g'itlar* deb hosildorlikni oshirishga va yerni unumli qilishda ishlatiladigan, tarkibida o'simlik uchun zarur bo'lgan elementlarga ega tuzlarga aytiladi.

O'simlik to'qimalari turli elementlardan tashkil topgan bo'lib, uning quruq qismining 90% ni karbon, kislorod, vodorod tashkil qiladi. Qolgan 8—9% ni esa azot, fosfor, kaliy, magniy, sera, kalsiy, temir tashkil qiladi. Bu asosiy elementlardan tashqari o'simlik hayoti va modda almashinish jarayonini idora qilish uchun mis, bor, molibden, kobalt, rux va boshqalar ham zarur elementlar bo'lib hisoblanadi. Bu hammasi bo'lib 1—2% ni tashkil qilgani sababli *mikroelementlar* deb ataladi.

O'simlik o'sish davrida karbon, vodorod va kislorodning asosiy qismini suvdan va havodan, qolgan elementlarni esa tuproqdan oladi. O'simlik tarkibidagi har bir element o'ziga xos ahamiyatga ega. Masalan, azot o'simlik tarkibidagi oqsil moddasining tarkibiga kiradi.

Oqsil protoplazma va hujayralarni tashkil qiluvchi modda hisoblanadi. Azot xloroform tarkibiga ham kiradi.

Fosfor o'simlikning o'sishi va ko'payishida ishtirok etuvchi elementdir. Fosfor o'simlik hayoti uchun zarur bo'lgan fermentlar, vitaminlar tarkibiga ham kiradi. Ayniqsa o'simlik urug'larida murakkab oqsillar sifatida (nukleoproteidlar) ham ishtirok etadi. Fosfor ayniqsa don o'simliklari uchun, ularning hosildorligini oshirishda zarur elementlaridan biri hisoblanadi.

Hayot jarayonlarini idora qilishda kaliyning ahamiyati katta. Kaliy modda almashinish jarayonini va suv rejimini ushlab turuvchi elementlardan biridir.

Shunday qilib yuqorida ko'rsatilgan o'simlik tarkibidagi o'nta elementdan uchta — azot, fosfor, kaliyni ozuqa sifatida qo'llash maqsadga muvofiq, qolgan elementlar esa tuproqda yetarli miqdorda uchraydi. Shuning uchun ushbu uch element ozuqa moddasi sifatida ishlatiladi va ularning tuzlari mineral o'g'itlar deb ataladi.

**O'g'itlarni guruhlash.** O'g'itlar xususiyatiga, tarkibiga, ishlab chiqarish usuliga va kelib chiqish tarixiga qarab bir qancha guruhlariga bo'linadi.

O'g'itlar tarixiy kelib chiqishiga qarab *organik, mineral, organo-mineral va bakteriyali* o'g'itlarga bo'linadi.

Mineral o'g'itlar tarkibiga ishlab chiqarishda sintez qilingan mineral moddalar kiradi. Organik o'g'itlar turkumiga go'ng, torf, poxol, turli sanoat chiqindilari, tarkibida organik moddalarga ega bo'lgan ozuqa moddalar kiradi.

Organik mineral o'g'itlar deb organik va mineral o'g'itlardan tayyorlangan aralashmani aytish mumkin.

Bakteriyali o'g'itlar oxirgi vaqtda qo'llana boshlandi, bular turli mikroorganizmlardan tashkil topgan bo'lib, ular tuproqning tarkibida ozuqa moddalarni to'plash xususiyatiga egadir.

Mineral o'g'itlar tarkibidagi ozuqa moddasining soniga qarab bir komponentli va ko'p komponentli o'g'itlarga bo'linadi. Bir komponentli o'g'itlar birgina ozuqa moddasiga ega bo'lsa, ko'p komponentli o'g'itlar esa ikki va undan ortiq elementlarga ega bo'ladi. Ko'p komponentli o'g'itlar o'z navbatida aralashma va murakkab o'g'itlarga bo'linadi. Aralashma o'g'itlar bir qancha bir komponentli o'g'itlarni aralashtirish orqali olinadi. Masalan, superfosfatning ammoniy selitra bilan aralashmasi.

Murakkab o'g'itlar esa kimyoviy usul bilan sintez qilingan yagona moddaga aytiladi. Masalan ammofos, nitrofoska.

Mineral o'g'itlar bevosita va bilvosita ta'sir etuvchi bo'lishi mumkin. Bevosita ta'sir etuvchi o'g'itlar ozuqa moddasiga ega

bo'lgan N, P, K o'g'itlari bo'lib, bilvosita ta'sir etuvchi o'g'itlar ozuqa moddasiga ega bo'lmay, hosildorlikni oshirishda ishtirok etadilar. Ular tuproqning xususiyatini yaxshilashda ishtirok etishi mumkin. Masalan ohak. Agar tuproq nordon bo'lsa, ohak bilan tuproq ishlansa nordonligi kamayib neytral holatga kelishi mumkin.

Hosildorlikni oshirish bilan bir qatorda mahsulotni yig'ish davrigacha saqlash, kasalliklar, turli zararkunandalar bilan kurashish ham katta ahamiyatga ega. Bu maqsadda qishloq xo'jaligida turli kimyoviy mahsulotlardan foydalaniladi.

O'simlik kasalliklari va zararli hasharotlar bilan kurashish uchun ishlatiladigan kimyoviy moddalar *pestitsidlar* deb ataladi. Hasharotlar bilan kurashuvchi moddalarni *insektitsidlar*, turli kasalliklar bilan kurashuvchi moddalarni esa *fungitsidlar* deb ataladi.

O'simliklarning rivojlanishi, o'sish jarayonini tezlatish maqsadida oxirgi davrda *stimulyator* nomi bilan ataladigan preparatlardan foydalaniladi. Yovvoyi o'simliklar bilan kurashuvchi kimyoviy moddalarni *gerbitsidlar* deb ataladi, o'simliklar bargini tushurish uchun qo'llaniladigan moddalarni *defoliantlar* deb ataladi.

#### NAZORAT SAVOLLARI

1. Qanday elementlar ozuqa moddasi hisoblanadi.
2. Hayotda azotning ahamiyati qanday?
3. Kaliy elementini ahamiyati.
4. Mikroelementlarning ahamiyati.
5. Stimulyatorlarning ahamiyati.
6. Fungitsidlar nima?
7. Insektitsidlar nima?
8. Pestitsidlar nima?

## 1-BOB

# MINERAL O'G'ITLAR TEXNOLOGIYASI NAZARIY ASOSLARI

### 1.1. MINERAL O'G'ITLARNI ISHLAB CHIQRISHDA BIR TURLI TEXNOLOGIK JARAYONLAR

Mineral o'g'itlar va ularni ishlab chiqarishda qo'llaniladigan xomashyoning turlari ko'p bo'lgani sababli ishlab chiqarishda har xil usullar qo'llaniladi. Ishlab chiqarish texnologiyasining omillari ko'p. Biroq ularning sxemalari bir xil texnologik jarayonlardan iborat. Xususan:

1. Termik yoki termokimyoviy xomashyoni qayta kuydirish yoki pishirish.

2. Eritish, kristallash, eritmalarini aralashmalardan turli usullar bilan tozalash, qattiq va suyuq aralashmalarni dekantatsiya qilish, filtrlash, sentrifuga usullari bilan ajratish, bug'latish yo'li bilan suyuq eritmalarini quyuqlashtirish va boshqalar.

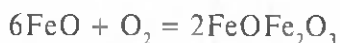
Mineral xomashyolarni mineral o'g'itlarga qayta ishlash ikki usul bilan olib boriladi.

Birinchisini «ho'l», ikkinchisi «termik» usul. Ho'l usulga misol qilib fosforitlarni kislotalar bilan qayta ishlash, azot kislotasi bilan ammiakdan azot birikmalarini olish, kaliy tuzlarini kaliy minerallardan ajratib olishni ko'rsatish mumkin. Ba'zi o'g'itlarni tabiiy xomashyoni yuqori temperaturada ishlash yo'li bilan olish mumkin. Termik usul bilan turli termofosfatlar nomi bilan atalgan o'g'itlar ishlab chiqariladi.

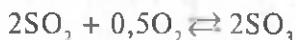
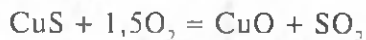
Texnologik jarayonni maqbul sharoitda olib borish hamda bu sharoitlarni aniqlash uchun jarayonning fizik-kimyoviy asoslari mexanizmlarini o'rganish kerak.

**Kuydirish jarayoni.** Ma'lumki ko'p kimyoviy jarayonlar, ayniqsa qattiq moddalar o'rtasidagi katalitik kimyoviy jarayonlar yuqori temperaturada olib boriladi. Kimyoviy jarayonlarning kechish temperaturasiga qarab kuydirish jarayonini bir qancha turlarga bo'lish mumkin. Masalan, oksidlash va qaytarish yo'li bilan kuydirish, kalsinatsiya, pishirish jarayonlari va boshqalar.

Oksidlash yo'li bilan havo ishtirokida kuydirish yuqori temperaturali mahsulot ishlab chiqarishga asoslangan. Masalan, ikki valentli temir oksidi ( $\text{FeO}$ ) ni uch valentli temir oksidiga aylantirish:



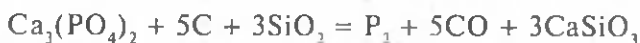
Xrom rudasidagi uch valentli xromni olti valentli xromga aylantirishni misol qilish mumkin. Ko'pincha tabiiy sulfid rudasini sulfat holatga oksidlash ham yuqori temperaturada olib boriladi:



Yuqorida ko'rsatilgan jarayonda avvalo metall oksidi hosil bo'lib gugurt dioksidi uch oksidiga qadar oksidlanadi. So'ngra gugurt uch oksidi metall oksidi bilan birlashib sulfat hosil qiladi.

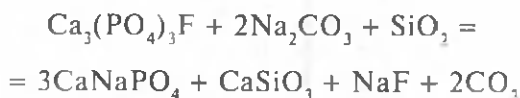
Sulfid rudalarini eruvchan holatga keltirish uchun ba'zan xlor birikmalari bilan kuydiriladi. Bu usul xlorli kuydirish deb ataladi. Buning uchun sulfid birikmalari osh tuzi bilan aralastirib 550—600°C darajada kuydiriladi. Natijada ajralib chiqqan  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$  va  $\text{HCl}$  metalloksidlari bilan reaksiyaga kirishib xloridlar hosil qiladi.

Ba'zi bir kuydirish jarayonlari qaytaruvchi reaksiyalarga asoslangan bo'ladi. Masalan, tabiatdagi fosforitlardan elementlar fosforni olish qaytarish jarayoni bilan ketadi. Qaytaruvchi reagent sifatida ko'mir qo'llaniladi. Jarayon kremniy ishtirokida 1500°C temperaturada ketadi.



Bu reaksiya natijasida gaz holatida elementar fosfor va toshqol hosil bo'ladi. So'ngra fosforni suv bilan ishlash tufayli termik fosfor kislotasi olinadi.

Ko'p holatlarda turli mineral rudalar turli kimyoviy birikmalar bilan yuqori temperaturada pishiriladi. Natijada eruvchan yoki erimaydigan mahsulotlar hosil bo'lishi mumkin. Masalan, fosforitlarni ishqoriy metallar tuzlari bilan pishirish natijasida eruvchan holatga kelgan termofosfat nomi bilan atalgan fosfor o'g'itlari olish mumkin:



Termofosfatlarni ishlab chiqarish texnologiyasining ancha sodaligi va sifatsiz fosforitlar qo'llash imkoniyati bo'lgani sababli sanotda keng qo'llanishi mumkin.



Shunday qilib qattiq moddalarni termik usul bilan qayta ishlash geterogen jarayonlar turkumiga kiradi. Reaksiya bevosita qattiq moddalar zarrachalari o'rtasida yoki qattiq zarrachalar suyuq va gaz fazasi bilan ketishi mumkin.

Ikki kristallik molekulaga kiruvchi modda bir-biri bilan uchrashganda, uchrashish (to'qnashish) nuqtasida reaksiya mahsulotidan iborat bo'lgan monomolekular qatlam hosil bo'ladi. Kristall panjara hosil qilgan zarrachalar to'liq singari harakat qiladi. Harakatning tezligi temperaturaning ortishi bilan tezlashadi. Shuning uchun qattiq zarrachalar kristall panjarasining tebranish amplitudasi qizdirilganda elementlar almashinish jarayoni ketadi, ya'ni ichki diffuziya boshlanadi. Bu boshlanish temperaturasi reaksiyaning boshlanish temperaturasiga teng bo'ladi.

Moddalarning pishish jarayonida zarrachalar sirtining yumshashi va kristall panjara yemirilishi sodir bo'ladi. Ko'p anorganik tuzlarning pishish temperaturasi taxminan erish darajasidan 2 barobar past bo'ladi. Metall oksidlari uchun 0,8 barobar past. Kristall modda qancha mayda va solishtirma yuzasi ko'p bo'lsa, shuncha tez va oson pishadi. Pishish jarayoni polimorf o'zgarishlar va kapillar adsorbsiyalangan suvning yo'qolishi natijasida ham ketishi mumkin.

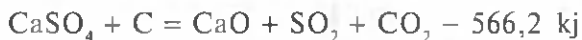
Pishgan materiallarning asosiy xususiyatlari ularning g'ovak va mustahkam bo'lishidir. G'ovak materiallar pishishi natijasida gaz moddasi hosil bo'ladi va xomashyo mayda zarrachalardan iborat moddaga aytiladi.

Yuqori temperaturada pishirilgan mahsulotlar jarayon natijasida yumshagan holatda bo'lib, sovishi natijasida qattiq, kam g'ovak tosh hosil qiladi. Bu *klinker* deb ataladi.

Pishish jarayonida gaz va suyuq faza hosil bo'lmagan qattiq fazadagi kimyoviy reaksiyalarning tezligi juda oz bo'ladi. Shuning uchun qattiq moddalar o'rtasidagi, ya'ni qattiq fazada ketuvchi reaksiyalarning tezligi reaksiyaga kirishuvchi material zarrachalarining yuza sirtiga bog'liq. Zarrachalar bir-biri bilan bevosita kontaktda bo'lishlari uchun ular yaxshi aralashgan bo'lishlari kerak. Qattiq fazada ketuvchi reaksiyalar tezligini oshirishda suyuq yoki gaz fazalarning ishtirok etishi katta ahamiyatga ega, chunki gaz va suyuq fazalar diffuziya jarayonini tezlashtiradi va yuza sirtini oshiradi.

Gaz va suyuq fazalar qattiq materiallarni pishirishda sublimateziya, dissotsiatsiya jarayoni erish natijasida hosil bo'ladi. Ko'p holatda qattiq komponentlardan biri gaz holatiga o'tadi. Masalan, ko'p jarayonlarda qaytaruvchi sifatida qo'shimcha ko'mir, gaz ( $\text{CO}_2$ , CO) ishlatiladi. Masalan, kalsiy sulfati bilan ko'mir o'rtasidagi kimyo

jarayonini quyidagicha tasavvur qilish mumkin, chunki ko'mir qizdirish davrida  $\text{CO}_2$  va  $\text{CO}$  ga aylanadi.



Oz miqdorda hosil bo'lgan suyuq faza qattiq fazadagi reaksiyalarni tezlatishi va turli aralashmalarni hosil qilishi mumkin.

Shunday qilib asosiy jarayonning tezligi faqat kimyoviy reaksiyaning tezligiga bog'liq bo'lmay, balki sublimatsiya, dissotsiatsiya, erish, diffuziya tezligiga ham bog'liq.

Qattiq moddalar aralashmasi reaksiyasi o'zining murakkabligi bilan farq qilib, kinetik qonuniyatlari reaksiyaning mexanizmiga, limit qismdagi bosqichi bilan aniqlanadi. Agarda reaksiya kinetik oblastda ketsa Ginstlint tenglamasi bo'yicha tezlikni aniqlash mumkin:

$$d\beta/d\tau = k(1 - \beta)^{2/3},$$

bu yerda:  $k$  — jarayonning ketish tabiati va reagentning xususiyatiga bog'liq koeffitsient;

$\beta$  — boshlang'ich reagentning mahsulotga aylangan ulushi.

Agarda reaksiyaga kirishuvchi moddalar mayda tuyilgan bo'lsa, ya'ni bu holatda diffuziyaning roli katta bo'lib, jarayon quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$d\beta/d\tau = k((1 - \beta)^{1/3})(1 - (1 - \beta)^{1/3}).$$

Barcha holatlarda qattiq moddalarning o'rtasidagi reaksiya tezligi zarrachalarning o'lchami yuzasiga bog'liq bo'lib, « $k$ » ning qiymati ham shunga qarab o'zgaradi. Masalan, diffuziya oblastida ketuvchi kimyoviy jarayonlarning (sublimatsiya) tezligi moddalarning boshlang'ich zarrachalari o'lchami kvadratiga teskari mutanosib bo'lar edi. Shunday qilib qattiq moddalarning kuydirish jarayonining tezligi turli sharoitlarga bog'liq ekan. Shu maqsadda texnologiyada qo'llaniladigan tadbirlar quyidagilardan iborat.

### **1. Kuydirish jarayonida temperaturani ko'tarish.**

Bu tadbir texnologiyada asosiy hisoblanadi, chunki temperatura kimyoviy reaksiyani va diffuziya jarayonini jadallashtiradi. Temperaturaning ko'tarilishi kimyoviy reaksiyaning tezligini oshirsa ham, uning salbiy tomonlari ham bor. Yuqori temperatura pechlarning futerovkasini yemirishi mumkin, mahsulot erib, futerovkaga yopishib halqalar hosil qilishi mumkin. Shu sababli har bir jarayon uchun maqbul temperatura qabul qilinadi. ~

## **2. Qattiq moddalar aralashmasini maydalash va tarkibini bir xillashtirish.**

Bu tadbir ham ma'lum darajada kimyoviy reaksiyaning tezligini oshiradi, chunki maydalangan davrda zarrachalar soni ko'payadi, ularning sirti bir qancha marta oshadi. Masalan  $1 \text{ sm}^3$  hajmga ega bo'lgan (kub shaklida) ruda  $6 \text{ sm}^2$  sirtga ega, agarda uni  $1 \text{ mm}^3$  qadar maydalansa sirti  $60 \text{ sm}^2$  ga teng bo'ladi, un holatigacha maydalansa  $800 \text{ sm}^2$  ga qadar sirtini oshirish mumkin. Qancha zarrachalar mayda bo'lsa, shuncha kimyoviy reaksiya tezligi yuqori bo'ladi. Shuning uchun xomashyoni maydalash texnologiyasida reaksiya tezligini oshirishda asosiy tadbirlardan biri hisoblanadi. Ammo o'ta maydalash va temperaturani oshirish turli salbiy holatlarga olib kelishi mumkin. Masalan, o'ta mayda material tezda erib yopishqoq mahsulotlar hosil qilishi, chang holatda gaz bilan chiqib yo'qolishi mumkin. Reaksiya gaz hosil qilish bilan ketsa, gaz mayda material orqali o'tishi qiyinlashib, gidravlik qarshilik ko'payadi. Shu sababli maydalash darajasi har bir jarayon uchun konkret maqbul qiymatda qabul qilinadi.

## **3. Kuydirish jarayonida reagentlardan birini gaz yoki suyuq holatga keltirish.**

Yuqorida aytilganidek bu holatda reaksiyada sirt bir necha barobar oshib, diffuziya jarayoni tezlashib, kimyoviy reaksiya past temperaturada ham tezlashishi mumkin. Bu holat pechlarni qizdirish zonasini qisqartirish, energiyani sarfini kamayishiga olib keladi. Reagent aralashmadagi birortasini suyuqlanish temperaturasidan past temperaturada suyultirish mumkin, uning uchun aralashmalarga mineralizatorlar qo'shiladi. Qo'shimchalar yordamida eruvchan-evtetik aralashmalar hosil qilinadi. Masalan, fosfaritni termik usul bilan olishda unga qum qo'shiladi.  $\text{SiO}_2$  ajralgan kalsiy oksidini bog'lab yengil eruvchan silikatlar toshqollarini hosil qiladi.

## **4. Reaksiyaga kirishuvchi moddalarning konsentratsiyasini oshirish.**

Rudadagi asosiy mineralning miqdorini boyitish yo'li bilan oshirib, kimyoviy jarayonni ma'lum darajada tezlatish mumkin. Ammo ba'zi bir sharoitlarda inert gazlar ham ijobiy ta'sir ko'rsatishi mumkin, ular aralashmaning umumiy miqdorini ko'paytirib, massasini erib ketish holatini sekinlashtiradi. Reagentlarni konsentratsiyasini (qattiq moddalarni) oshirish maqsadida ularni turli birikmalardan tozalash mumkin. Pishirish jarayoni gazlar ishtirokida ketsa, gazlarning konsentratsiyasini oshirish ( $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$  va boshqalari) ma'lum darajada reaksiya tezligini oshirishni talab qiladi.

## **5. Qattiq reagentlarni aralashtirish.**

Moddalarni quyiltirish jarayonida uzliksiz aralashtirish ma'lum ijobiy ahamiyatga ega, chunki aralashtirish natijasida moddalarni

sirtida hosil bo'lgan mahsulot qatlami yemirilib yangi reagentlarni reaksiyaga kirishini osonlashtiradi. Shunday qilib yuqorida ko'rsatilgan tadbirlarni joriy qilinsa texnologiyada pishirish jarayonini qulay sharoitda olib borish mumkin.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Eritish usullari qanday ishlab chiqarishlarda qo'llaniladi?
2. Cho'ktirish jarayonining qanday turlari bor.
3. Termofosfatlar ishlab chiqarishda qanday kimyoviy o'zgarishlar sodir bo'ladi?
4. Pishirish jarayonida suyuq fazaning bo'lishi qanday ahamiyatga ega?
5. Qattiq moddalarni pishirish tezligi nimaga bog'liq?
6. Termofosfatlar nima?
7. Fosfatlarni kuydirish davrida nima uchun  $\text{SiO}_2$  qo'shiladi?
8. Qattiq moddalar o'rtasida ketuvchi reaksiyalarni tezlatish tadbirlari nimadan iborat?
9. Kuydirish jarayonining tezlatish tadbirlari-chi?
10. Fosforitni ko'mir bilan qaytarishda qumning ahamiyati nimada?

### 1.2. ERITISH VA ERITIB AJRATIB OLISH

Moddalarning kristallik strukturasi erituvchi orqali buzilishini qattiq moddaning erishi deb atash mumkin. Eritma gomogen tizimni tashkil etgan bo'lib, eruvchi komponent hamda erigan moddaning molekulasi va ionlaridan tashkil topgan.

Har qanday qattiq moddaning suyuqlikda erishini kimyoviy reaksiya deb tasavvur qilish mumkin, chunki jarayon solvitatsiya orqali (agarda erituvchi suv bo'lsa gidratatsiya), ya'ni eritmada tur-g'un holiday erigan birikma zarrachalari (molekula, ionlar) erituv-chining molekulari ionlari bilan hosil bo'ladi.

Eruvchanlik fizik-kimyoviy jarayon bo'lishi mumkin. Fizik eruvchanlikda modda eriydi, shuningdek, uni yana qayta kristallizatsiya qilish mumkin. Kimyoviy eruvchanlikda modda erituvchi modda bilan kimyoviy reaksiyaga kirishib, uni qayta ajratib olish imkoni bo'lmaydi. Barcha holatlarda erish jarayonida suyuq faza eriydigan moddaning sirti bo'yicha harakatda bo'ladi. Natijada zichlik ayirmasi bo'lganligi sababli tabiiy konveksiya eruvchanlikka olib boradi. So'ngra moddaning bunday harakatiga qaramay, fazalar chegarasida suyuq diffuzion qatlam hosil bo'lib, molekular va konvektiv diffu-ziya natijasida erigan modda eritma massasiga o'tadi, erituvchi modda

esa eriyotgan qattiq modda sirtiga qarab harakatlanadi. Shuning uchun qattiq kristall moddalarning erish tezligi diffuzion kinetika qonunlari bilan aniqlanadi. Ba'zi vaqtda tezlik fazalarning sirtidagi uchrashuvi geterogen kimyoviy reaksiyani tezligi bilan aniqlanib, ya'ni kimyoviy kinetika qonunlariga bo'ysunadi. Shunday qilib erish rejimi qattiq-suyuq tizimda kinetik va diffuzion bo'lishi mumkin.

Erish jarayoni ionlarning kimyoviy potensialining eritmada va kristallanish sirtida teng bo'lmaguncha davom etadi va natijada to'yingan eritma hosil bo'ladi. O'ta to'yingan eritma esa qisman hosil bo'lishi mumkin, ammo bunday eritma termodinamik beqaror tizimlar qatoriga kiradi.

Fizik erish tezligini quyidagi tenglama bilan aniqlash mumkin:

$$-dN/Fd\tau = k(x_0 - x)$$

bu yerda:  $N$  — eriydigan moddaning konsentratsiyasi;

$F$  — kristallar sirtining maydoni;

$dN/Fd\tau$  — erish tezligi, ya'ni moddaning vaqt birligida kamayishi;

$k$  — erish tezligi koeffitsiyenti;

$x_0$  — to'yingan eritmaning berilgan temperaturadagi konsentratsiyasi;

$x$  — suyuq fazadagi moddaning konsentratsiyasi.

Erish jarayonida harakatlantiruvchi kuch bo'lib  $(x_0 - x)$  hisoblanadi, erish jarayonining tezligi jarayon boshida yuqori bo'lib, eritmaning to'yinishi bilan tezlik kamaya beradi.

Erish tezligini oshirishning asosiy tadbirlaridan biri temperatura, ko'p hollarda temperaturaning oshishi bilan eruvchanlik oshadi. Harorat  $10^\circ\text{K}$  o'sganda eruvchanlik taxminan 1,5—2 baravar oshadi. Haroratning oshishi yopishqoqlikni kamaytiradi, natijada diffuzion qatlamining qalinligi kamayadi va uning qarshiligi susayib « $k$ » ning qiymati oshadi. Bundan tashqari temperaturaning oshishi bilan  $x_0$  ning qiymati oshib harakatlanuvchi kuch, ya'ni  $x_0 - x$  ning ham qiymati oshadi. Erish tezligi har qanday geterogen jarayonlar kabi fazalarning yuzasiga  $F$  ga bog'liq, shu sababli mayda kristallar tez eriydi.

Kimyoviy erishga kelsak bu jarayon turli kinetik qonuniyatlarga bo'ysunadi. Masalan, agarda reaksiya faqat qattiq moddaning sirtida ketsa va reaksiya natijasida hosil bo'lgan modda eritmaga diffuziyalansa, eruvchanlik tezligi erituvchi moddaning konsentratsiyasiga ( $s$ ) proporsional bo'ladi:

$$-dN/Fd\tau = kc$$

Agarda reaksiya sirtidan tashqari eritma va eruvchan modda o'rtasida ketsa kinetik tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$-dN/Fd\tau = k_1 + k_2c$$

bu yerda:  $k$ ,  $k_1$ ,  $k_2$  — temperatura, gidrodinamika va boshqa sharoitlar bilan bog'langan koeffitsientlar.

Ba'zi bir kimyoviy erish jarayonlari juda murakkab bo'lib, ular murakkab kinetik qonuniyatlarga bo'ysunishi mumkin. Masalan, kislotada qattiq moddalarning erishi. Bu holatda erish tezligi kislotaning konsentratsiyasi faolligiga bog'liq bo'ladi. Agarda reaksiya natijasida eritmada tuz hosil bo'lsa, tezlik keskin pasaya boshlaydi, vodorod ionining faolligi pasayadi. Reaksiyani tezlatish uchun hosil bo'lgan tuzning bir qismini ajratib olish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Erish tezligi tenglamasidagi erish tezligi koeffitsiyentining qiymati eritmadagi ionlar va molekulalar diffuziyasi tezligiga, kristallik panjara-ning energiyasi tizimning fizik va kimyoviy xususiyatiga bog'liqdir. Ayniqsa « $k$ » ning qiymati temperaturaga va diffuzion qatlam qalinligiga bog'liq bo'ladi. Bu holatni gidrodinamik sharoitlarga, erish usuliga, apparatlarning turini o'zgartirish bilan amalga oshirish mumkin. Eritmaning yopishqoqligi kam bo'lsa, diffuzion qatlamning qalinligi kichik bo'lib, diffuzion qarshilik kamayadi, « $k$ » ning qiymati esa oshadi.

Erish tezligi ayniqsa suyuq fazani qattiq fazaga nisbatan harakati, uning yuzasini yuvib erishiga bog'liq. Uning uchun erish jarayoni va aralashtirish usuli katta ahamiyatga ega. Fazalarning bir-biriga nisbatan harakatini ultratovush, past chastotali pulsatsiya usullari bilan tezlatish mumkin.

Erish jarayoni gaz ajralishi bilan ketsa, gaz pufakchalari diffuzion qatlamda konveksiya jarayonini tezlatib, erituvchi moddani qattiq modda bilan uchrashishiga yordam beradi va erish jarayonini tezlatishi mumkin.

Ko'p hollarda kimyoviy erish jarayonida yangi qattiq modda — faza hosil bo'lishi mumkin. Masalan, fosfor kislotasini sulfat kislotasi bilan ekstraksiya usulida olish davrida ko'p miqdorda gips hosil bo'ladi. Natijada yangi hosil bo'lgan qattiq modda asosiy reagentni sirtini qoplab qo'yib diffuziya jarayonini qiyinlashtirish mumkin.

Yangi hosil bo'lgan qattiq modda reagentni sirtini tamomila qoplab, erish jarayonini to'xtatib qo'yishi mumkin. Shuning uchun jarayonni shunday olib borish kerakki, bu sharoitda yangi qattiq faza asosiy eruvchi moddani qoplmasin, kristallari yumshoq, yirik bo'lsin, erituvchi modda osonlik bilan qatlamdan chiqib ketsin.

Texnologiyada tuz qotishmalaridan kerakli tuzlarni ajratib olish jarayoni ham mavjud. Uning uchun kerakli moddani eritish qobiliyatiga ega bo'lgan erituvchi moddalardan foydalaniladi. Bu jarayonni qattiq moddaning suyuq modda bilan ekstraksiya qilish (выщелачивание) desak bo'ladi. Qattiq moddaning ekstraksiya tezligi moddaning tuzilishi, g'ovakligi, g'ovaklarning o'lchami, qattiqligi, eruvchi va erituvchi komponentlarning nisbatiga bog'liq bo'ladi. Modda qancha g'ovak bo'lsa, shuncha tez parchalanadi. G'ovaklar ichida erimagan moddaning miqdori kam qolishi uchun uni maydalash maqsadga muvofiqdir.

### 1.3. SUV ERITMASIDAN MODDALARNI KRISTALLASH

Suv eritmasidagi moddalarni kristallarga aylantirish texnologiyada katta ahamiyatga ega. Odatda kristallar o'ta to'yingan eritmalaridan ajralib chiqadi va cho'kmaga tushadi. Eritmaning o'ta to'yinishi o'ta to'yingan eritmaning konsentratsiyasi ( $x$ ), to'yingan eritmaning konsentratsiyasi ( $x^0$ ) ayirmasi ( $x - x^0$ ) bilan aniqlanadi.

Eritmani o'ta to'yintirish usuliga qarab kristallizatsiya qilish bir qancha xil bo'ladi. Eruvchanlik temperaturaning oshishi, kristallanish esa eritmaning sovishi bilan oshadi. Bu usulni politermik, suvning miqdori kamaymaganligi sababli izogidrik usul deb ataladi.

Agarda tuzning suvda eruvchanligi temperaturaning o'zgarishiga kam bog'langan bo'lsa, u holda kristallash suvni bug'latish yo'li bilan olib boriladi. Bug'latish doimiy temperaturada bo'lganligi sababli bu usulni izotermik kristallanish deyiladi.

Suvni tezroq yo'qotish uchun kristallanish jarayonini qaynatish usuli bilan olib borish mumkin.

Tuzlarni kristallashni to'yingan eritmaga tuzning eruvchanligini kamaytiruvchi moddalar qo'shish bilan ham olib borish mumkin. Bunday qo'shimchalar bo'lib bir jinsli ionga ega bo'lgan tuzlar xizmat qiladi. Bu usulni «высаливание» deb ataladi.

Kristallanish davrida modda o'ta to'yingan eritmada oz energiyaga ega bo'lgan qattiq fazaga o'tadi, shuning uchun ortiqcha energiya issiqlik energiyasiga aylanib, o'ta to'yinish jarayonini pasaytirishi mumkin.

Kristall hosil bo'lish jarayoni ikki bosqichdan iborat bo'ladi:

1. O'ta to'yingan eritmada kristallanish markazi paydo bo'lib, kristallning «kurtagi» hosil bo'ladi.

2. Hosil bo'lgan «kurtagi» asosida kristallning o'sishi.

O'ta to'yingan eritmalar barqaror, yani metastabil holatda bo'lishi ba'zi bir vaqtlarda o'z-o'zidan tushmasligi ham mumkin. Kristallanish

jarayonini boshlanishini tezlatish uchun eritmaga sun'iy kurtak — moddaning mayda kristallari — tomizg'i (затравка) qo'shiladi. Tomizg'ining temperaturasi va kristallarning o'lchami ma'lum me-yorda bo'lishi kerak, agarda mayda bo'lsa erib ketishi mumkin. Yirik kristallar olish uchun tomizg'ining soni ko'p bo'lishi kerak emas.

Texnologiyada kristallanish jarayoniga katta ahamiyat beriladi. Kristallar oson filtrlanishi uchun ular yirik, toza bo'lishlari kerak. Kristallarning o'lchami kurtaklarning paydo bo'lishi va kristallar-ning o'sish tezligiga bog'liq. Agarda kurtaklar hosil bo'lishi tezligi yuqori bo'lsa, hosil bo'lgan kristallar mayda bo'ladi.

Kurtak hosil bo'lish tezligi sekin bo'lsa kristallar yirik holatda hosil bo'ladilar. Kristallarning yirik o'lchamda hosil bo'lishi uchun eritmaning o'ta to'yinganlik darajasi yuqori bo'lishi kerak emas. Politermik usulda kristallash davrida eritmani sekin sovitish, izo-termik usulda suvni sekin bug'latish tavsiya etiladi.

Kristallarning o'lchami va shakli-gabitusiga temperaturaning va eritmadagi begona aralashmalarning ta'siri bo'ladi. Kristallash davrida aralashtirish kristallarni mayda holatda tushishiga olib keladi.

Toza kristallarni olish uchun olingan mahsulot qayta kristallash jarayoniga yuboriladi. Agarda aralashmalar kristallar orasida bo'lsa u holatda kristallar suv bilan yuvilib yuboriladi. Ba'zi holda aralash-malar asosiy kristallar bilan cho'kmaga — kristallga tushishi mumkin, ya'ni kristall panjaraga izomorfizm orqali kirib qolishi mumkin.

Toza kristallarni olish uchun eritmani kristallash jarayonida avval aralashmalar kimyoviy yo'l bilan cho'ktirib olinadi. Masalan, metall ionlarini ishqor ishtirokida gidroksid ko'rinishida cho'ktirish tavsiya etiladi.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Erish jarayoni nima?
2. Kimyoviy erishga misol keltiring.
3. Erish tezligi nimalarga bog'liq?
4. Kristallarning o'lchami nimaga bog'liq?
5. Qanday qilib toza kristall olish mumkin?
6. Kristallanish necha bosqichdan iborat?
7. To'yingan va o'ta to'yingan eritma nima?
8. Qaysi sharoitda yirik kristall va mayda kristallar hosil bo'ladi?
9. Kristallanish jarayonini qanday usullar bilan tezlatish mumkin?
10. Qattiq moddaning eruvchanligini tezlatish tadbirlari.



## 1.4. TUZLARNI AJRATISH

Mineral o'g'itlar texnologiyasida qattiq tuzlar aralashmasidan yoki ularning eritmasidan kerakli tuzlarni ajratib olish jarayoni ko'p uchraydi.

Tuz aralashmalarini ajratish yuqorida ko'rsatilganidek izotermik va politermik kristallash, kimyoviy usul bilan cho'ktirish, suvsiz eritmalar yordami bilan ekstraksiya qilish, ion almashinish, flotatsiya usullari bilan amalga oshirish mumkin.

### 1. Ion almashinish usuli.

Bu usul ion almashinish xususiyatlariga ega bo'lgan ionitlar bilan eritmadagi kerakli ionni ajratib olish yoki boshqa ion bilan almashtirishga asoslangan.

Bu usul yordami bilan eritmadagi keraksiz aralashmalarni ajratib olish yoki almashish reaksiyasi asosida turli moddalarni sintez qilish mumkin.

Kationit almashinish kationitlar yordami bilan — RH (R — yuqori molekullari radikal) vodorod ionni turli kationlarga almashinish mumkin. Masalan, KCl va NaNO<sub>3</sub> dan kaliy nitratni olish texnologiyasi quyidagicha ketadi:

Avvalo osh tuzi eritmasi kationitdan o'tkaziladi:

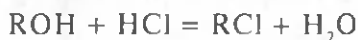


So'ngra RNa orqali kaliy xlorid eritmasi yuboriladi:



Natijada kaliy nitratni olinib, RNa esa yana qayta regeneratsiyaga yuboriladi.

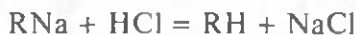
Kaliy nitratni anionitlar yordami bilan ham olish mumkin. Buning uchun avvalo anionit ROH tuz kislotasi bilan ishlanadi:



So'ngra RCl NaNO<sub>3</sub> va KCl bilan ishlanadi:



Ishlatiladigan ionitlar xususiyatini qaytarish (regeneratsiya) uchun ular kuchsiz kislotalar va ishqorlar bilan ishlanadi:



Shu usul bilan qaytarilgan ionitlarni yillar davomida ishlatish mumkin. Buning uchun ionitlar mexanik mustahkamlikka, yuqori faollikka (yutish xususiyatiga), termik kimyoviy barqarorlikka, suvda erimaslikka, kimyoviy barqarorlikka ega bo'lishlari kerak.

Ion almashinish usullari bilan xlorsiz kaliy o'g'itlari, ekstraksiyon fosfor kislotasini turli aralashmalardan (ionlardan) tozalash, fosfor kislotasidan turli fosfatlar olish mumkin. Masalan, kaliy fosfatini quyidagi reaksiya orqali olish mumkin:



Hosil bo'lgan arzon kaliy tuzlari bilan almashtirish mumkin. Ionitlar keng ko'lamda sanoat oqova suvlaridan qimmatbaho elementlarni ajratib olishda va tozalashda, suvni qayta ishlashda yordam beradi.

### 1.5. ORGANIK ERITUVCHI MODDALAR BILAN EKSTRAKSIYA QILISH

Tuz aralashmasi eritmasidagi moddalarni organik birikmalar bilan ekstraksiya qilish, ya'ni ajratish texnologiyada keng ko'lamda qo'llaniladigan usullardan biridir. Bu usul tabiatdagi rudalarni azot kislotasi bilan parchalangan eritmasida nodir metallarni ajratib olishda, ayniqsa kam uchraydigan yer elementlarini nitratlari, tributilfosfat bilan yaxshi ekstraksiya bo'ladi. Ekstraksiya qilingan tuz odatda organik eritmada ion shaklida bo'ladi. Ortofosfat kislotasi yordami bilan turli kationlarga ega bo'lgan eritmalardan kerakli tuzlarni tindirib, ajratib olish mumkin.

Organik erituvchi moddalar bilan ekstraksiya qilish konsentrlangan fosfor kislotasini (80%) olishga imkon beradi. Fosforitlarni azot kislotasi yoki tuz kislotasi bilan parchalansa, fosfor kislotasi, kalsiy xlorid va nitratlari hosil bo'ladi. Shu eritmadan fosfor kislotasini qutbli (полярный) organik erituvchi modda bilan ajratib olinib, distilatsiya yordami bilan fosfor kislotasi ajratib olinadi. Qutbli organik suyuq moddalar sifatida spirtlar, ketonlar, efirlar qo'llaniladi. Birorta tuz va kislotasi olsak, yangi tuz va yangi kislotasi hosil bo'lib muvozanatga erishish kerak:

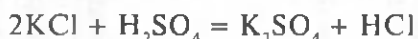


bu yerda:  $V, N$  — kationlar;  
 $X, U$  — anionlar.

Agarda shunga organik erituvchilar qo'shilsa, u vaqtda ikkita suyuq faza — suvli va suvsiz faza hosil bo'ladi. Suvli faza VX va VU tuzlarini

eritmasidan iborat bo'lib, kislotalar esa ikki faza bo'ylab tarqaladi. Ularning tarqalish (bo'linish) koeffitsientlari turlicha bo'lganligi sababli, suvli fazaga asosan kislotalardan biri o'tadi (masalan-NX). U holda muvozanat suvli fazada VU tuzi hosil bo'lish tomoniga siljiydi. so'ngra organik erituvchi moddadan ajralib, tuzni (VU) kristallab olish mumkin.

Shu usul bilan quyidagi reaksiyani olib borish mumkin:

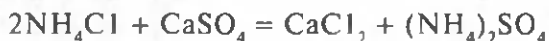


Agarda kaliy sulfati bilan to'yingan eritmaga qattiq KCl va  $\text{H}_2\text{SO}_4$  berib amil spirti bilan ishlansa, HCl to'liq amil spirti tarkibiga o'tadi.  $\text{K}_2\text{SO}_4$  esa suvli fazada kristall holatda cho'kmaga tushadi. Shunday qilib bug'latish jarayonini KCl dan  $\text{K}_2\text{SO}_4$  gacha konversiya qilish mumkin bo'ladi. Ishlatilgan organik erituvchini suv bilan yuvilib, 20% li tuz kislotasi — HCl olish mumkin.

Shu usul bilan KCl dan kaliy nitrat olishni oddiy texnologiya bilan amalga oshirish mumkin:

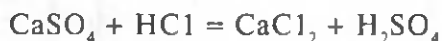


Buning uchun 10% suvli izoamil spirtiga azot kislotasi va mayda kristall kaliy xloridi solinsa, KCl tezda erib, qattiq fazaga nitrat kaliy o'tadi. Organik eruvchi moddalar yordami bilan suv eritmasini o'tkazib bo'lmaydigan almashinish reaksiyalarini amalga oshirish mumkin. Masalan:



Suv muhitida (eritmasida) bu reaksiya teskari tomonga ketishi muqarrar, chunki reaksiya natijasida cho'kmada kalsiy sulfati hosil bo'ladi.

Spirтли eritmada esa:



Ammoniy sulfati ajratib olingandan so'ng HCl ning spirтли eritmasi yana qayta ishlab chiqarishga yuboriladi.

Suvda eruvchan organik erituvchi moddalarning tuzlarini quritishda va tuz eritmalarini quyuglashtirish, hatto kristallarga tushirish maqsadida ham foydalanish mumkin. Shunday qilib mazkur usulni keng ko'lamda qo'llash uchun erituvchi organik moddalar barqaror (stabil), tezda yo'qolmaydigan va yuqori eruvchanlik xususiyatiga ega bo'lishi kerak.

## 1.6. FLOTATSIYA

Tabiiy minerallar va sun'iy tuz aralashmalarini ajratishda flotatsiya usuli eng ko'p qo'llaniladigan usul desa bo'ladi. Flotatsiya jarayoni minerallar sirtining xususiyatiga, ayniqsa ho'llanishiga asoslangan. Ko'pik flotatsiyasini olib borish uchun suvli maydalangan ruda suspenziyasiga havo ko'piklari beriladi.

Suvda yomon ho'llangan (gidrofob) zarrachalar ko'pikchalarga yopishib, aralashma, ya'ni suspenziyani yuzasiga chiqadi. Bu mineraldan tashkil topgan ko'pik aralashmadan ushbu mineral ajratib olinadi. Buni flotatsiya konsentrati deb ataladi. Suv bilan yaxshi ho'llanuvchi zarrachalar (gidrofil) suyuqlikda qoladi. Bu qismni flotatsiya dumlari deb ataladi. Eriydigan tuzlar aralashmasini flotatsiya qilish to'yingan eritmalarda olib boriladi. Flotatsiya o'tkazish uchun maxsus flotoreagentlardan foydalaniladi, ular turli organik va noorganik moddalar bo'lib, flotatsiya suspenziyasiga oz miqdorda qo'shiladi. Masalan, suspenziyada barqaror mayda dispers ko'pik hosil qilish uchun maxsus ko'pik hosil qiluvchi moddalar qo'shiladi (masalan, ishqoriy moddalar). Rudalar zarrachalarining ko'pikka yopishqoqlik xususiyatini (gidrofob xususiyatini) oshirish uchun suvda eruvchan sirt — faol moddalar qo'shiladi.

Bu reagentlarni kollektorlar deb ataladi. Flotatsiya, ya'ni mineralarni ajratish jarayonini to'liq o'tkazishda modifikator, aktivator (faollashtirgich) nomi bilan ataladigan flotoreagent ham qo'shiladi. Flotatsiya jarayoni maxsus flotatsiya mashinalarda olib boriladi.

**Eruvchanlik diagrammasi.** Mineral o'g'itlar va tuzlar texnologiyasi bilan bog'liq masalalarni tahlil qilish, ratsional texnologik tizimlar va rejimlarni aniqlash uchun texnologik fizik-kimyoviy tizimlardagi moddalarning tarkibiy o'zgarishlari, holat o'zgarishlari, bir-biri bilan bog'liqligini bilish kerak. Fizik-kimyoviy tizim moddalar tarkibining fizik-kimyoviy o'zgarishlarining yig'indisi deyiladi. Har qanday kimyoviy o'zgarishlarda tizim muvozanat holatiga intiladi. Ya'ni, hamma fazalarda temperatura, bosim, har bir komponentning kimyoviy potentsiali barobarlashadi. Shuning uchun turli texnologik masalalarni hal qilish uchun tizimlarning muvozanat shartlarini bilish kerak.

Kimyoviy tizimlarning tarkibi, holati, xususiyatlari va bir-birlari bilan bog'liqligini o'rganuvchi kimyoviy fanni fizik-kimyos tahlil deyiladi. Bu fanning asoschisi rus olimi N.S. Kurnakov bo'lib, so'ngra Lomonosov, Dalton, Mendeleev, Gibbs, Vant-Goft va boshqalar tomonidan rivojlantirilgan. N.S. Kurnakov fizik-kimyos tahlilini kimyoviy o'zgarishlarni geometrik usul bilan o'rganish deb ta'riflaydi.

## NAZORAT SAVOLLARI

1. Tuzlarni ajratish usullari nima?
2. Ion almashinish usuli nimaga asoslangan?
3. Qanday organik erituvchilar qo'llaniladi?
4. Flotatsiya usuli nimaga asoslangan?
5. Eruvchanlik diagrammasini texnologiyada ahamiyati.
6. Flotagenlar deb nimaga aytiladi?
7. Kaliy sulfatni kaliy xloriddan olish usullari.
8. Kationitlar va anionitlar nima?
9. Ionitlar qanday talablarga javob berishi kerak?
10. Ionitlarni regeneratsiya qilish jarayoni nimadan iborat?

### 1.7. FOSFOR O'G'ITLARI, XOMASHYO VA FOSFOR O'G'ITLARINI GURUHLASH

**Xomashyo.** Fosfor va fosfor o'g'itlarining ishlab chiqarishda xomashyo sifatida tabiatdagi tog' qazilmalari fosforit va apatitlardan foydalaniladi. Apatitlar va fosforitlar o'zining tarixiy paydo bo'lishi bilan farqlanadi. Apatitlar vulqon natijasida hosil bo'lib, magmatik tog' jinslariga, fosforitlar esa cho'kma tog' jinslari turkumiga kiradi. Fosforitlarning tarkibidagi asosiy mineral  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  — uchkalsiy-fosfat, apatitlar esa  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$  — ftorapatit,  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$  gidroksil apatit,  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCl}_2$  - xlorapatitdan iborat. Fosforitlar yer ostida qatlam shaklida uchrab tarkibida qum va boshqa kimyoviy birikmalar bilan kulrang, jigarrang, mayda yoki yirik tosh holatda uchraydi. Rudaning tarkibida 18—36%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 2—3%  $\text{P}_2\text{O}_3$ , Mg, F va ko'p miqdorda qum bor. Fosforitning asosiy konlariga Qozog'istonda Qaratog' koni, Boltiqbo'yi mamlakatlarida, Rossiya Yegoryev koni, Vyatka-Kama koni, Respublikamizda esa Qizilqum konlari kiradi.

Apatit kam uchraydigan minerallardan bo'lib Rossiyada Xibin tog'larida uchraydi. Xorijda fosforitlarga boy bo'lgan mamlakatlar qatoriga AQSH, Marokash, Aljir, Tunis va boshqalar kiradi. Fosforitlarning ba'zi bir vakillari tarkibini quyidagi jadvaldan ko'rish mumkin.

T/r	Fosfatlar soni	$\text{P}_2\text{O}_5$	CaO	MgO	$\text{P}_2\text{O}_3$	$\text{CO}_2$	F	Tuz kislotasida erimagan qismi, %
1.	Xibin apatiti	39,4	52	0,1—0,2	1—2	—	2,8—3,1	0,2—1 3

T/r	Fosfatlar soni	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	F	Tuz kislota-sida erimagan qismi, %
2.	Qaratau fosforiti	16—28	27—44	0,4—4,2	2,1—3,5	2,1	1,5—2,3	13
3.	Chilisay fosforiti	23—24	39	0,7	3,6	5,3	3,1	19
4.	Marokash fosforiti	33—35	51—53	0,2—0,8	0,5—0,7	2,5	2,1—4,2	3—4
5.	Florida fosforiti	30—36	45—50	0,1—1	1,4—3,7	1,5—4,4	3,3—4	7—10

Fosforitlar qayta ishlash jarayonidan ilgari tog' jinsi bo'lgani sababli, ular boyitiladi va un shakliga qadar maydalanadi. Fosforitni boyitish uchun maxsus elaklardan o'tkaziladi, suv bilan yuviladi, so'ngra oldin oddiy maydalash apparatlarida, oxirida tegirmonda maydalab flotatsiya apparatlariga yuboriladi. Flotatsiya eng qulay usullardan bo'lib, deyarli keraksiz chiqindilardan to'liq tozalaydi. Ba'zi bir fosforitlar tuproqda erish qobiliyatiga ega bo'lgani sababli un shaklida bevosita o'g'it sifatida qo'llanishi mumkin. Fosforitlar asosan kislota yordamida qayta ishlanadi. Oddiy va qo'sh superfosfat, ammosfos va boshqalar fosforitning kislota bilan ishlash natijasida olingan mahsuloti bo'lib hisoblanadi.

**Fosfor o'g'itlarini guruhlash.** Fosfor o'g'itlari o'zining eruvchanligiga qarab, ya'ni o'simlik tomonidan o'zlashtirish tezligiga qarab 4 guruhga bo'linadi.

**Suvda eruvchan fosfor o'g'itlari.** Bular turkumiga oddiy va qo'sh superfosfat kiradi.

**Sitrat eruvchan fosfor o'g'itlari.** Bu guruh o'g'itlari suvda yomon erib, ammo limon kislotasi, ammoniy tuzining ammiakdagi eritmasida, ya'ni Peterman refaolida yaxshi eriydi. Bu o'g'itlarni nordon tuproqlarda qo'llash ma'qul hisoblanadi.

**Limon eruvchan fosfor o'g'itlari.** Bu guruh o'g'itlari 2% limon kislotasida erishi mumkin, shu sababli bunday o'g'itlar nordon tuproqlardagina samara berishi mumkin.

**Yomon eruvchan fosfor o'g'itlari.** Bu guruh o'g'itlariga oddiy apatit yoki fosforitning maydalangan uni kiradi.

## NAZORAT UCHUN SAVOLLAR

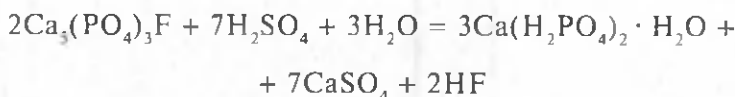
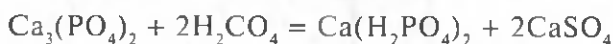
1. Fosfor o'g'itlar olishda qanday xomashyolarning turlari ishlatiladi?
2. Fosfor o'g'itlar qanday xususiyatlariga qarab guruhlariga bo'linadi?
3. Fosfor o'g'itlarining guruhlarini keltiring.
4. Fosforitlar qayerlarda uchraydi?
5. Sekin eruvchan o'g'itlarga misol keltiring.
6. Fosforit unidan o'g'it sifatida foydalanish mumkinmi?
7. Qora-tog' fosforitining tarkibi.
8. Flotkonsentrat deb nimaga aytiladi?
9. Fosforitlarda qanday aralashmalar uchraydi?

## 2-BOB

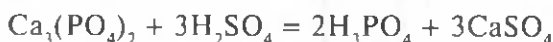
# ODDIY SUPERFOSFAT ISHLAB CHIQRISHNING NAZARIY ASOSLARI VA TEXNOLOGIYASI, APPARATLARI

### 2.1. ODDIY SUPERFOSFAT

Oddiy superfosfat deb fosforitlarning sulfat kislota bilan parchalash natijasida olingan mahsulotga aytiladi.



Bu ko'rsatilgan kimyoviy tenglamalar yig'indi tenglama bo'lib, reaksiyani haqiqiy ketish jarayoni ikki bosqichdan iborat ekanligini ko'rsatadi. Birinchi bosqichda fosforitning bir qismi zarrachalari erkin holatdagi fosfor kislotasiga qadar parchalanadi.



Birinchi bosqich tez, ya'ni 20—40 minut davomida superfosfat kamerasida ketadi. Reaksiya ekzotermik bo'lgani uchun temperatura 110—120°C qadar ko'tariladi. Suyuq fazada esa  $\text{P}_2\text{O}_5$  ning konsentratsiyasi 42—46% yetadi. Bu sharoitda kalsiy sulfati angidritga ay lanadi (2.1-rasm).

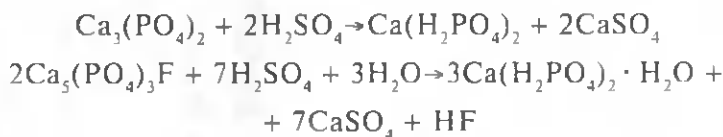
Reaksiyani birinchi bosqichi bo'yicha sulfat kislota to'liq sarf bo'lgandan so'ng ikkinchi bosqich boshlanadi.



Hosil bo'lgan monokalsiyfosfat avval eritmada paydo bo'lib, so'ng-ra eritma to'yingan sari cho'kmaga kristall holatda tusha boshlaydi.

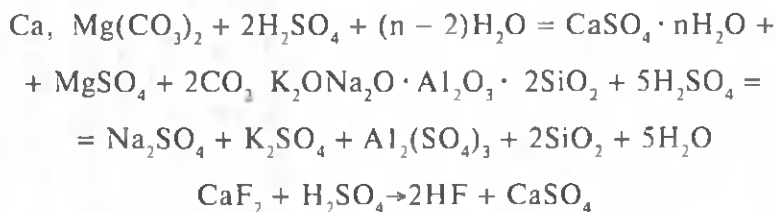


Birinchi va ikkinchi bosqich tenglamalari yig'indisini olsak quyidagi yig'indi tenglamalar chiqadi.



Yuqorida ko'rsatilgan tenglamalar bo'yicha birinchi bosqichda 70% ga yaqin fosforit, ikkinchi bosqichda esa qolgan 30% parchalanadi.

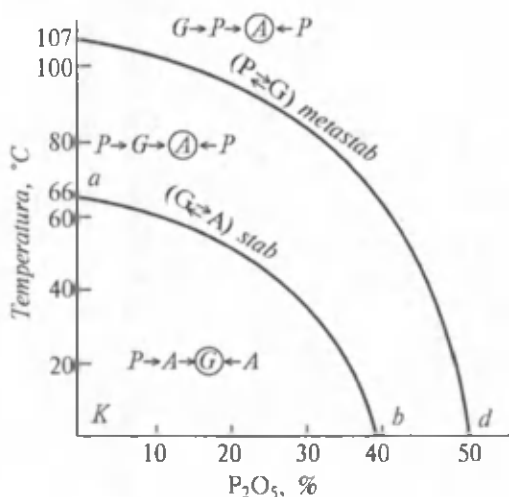
Fosforitlar murakkab tarkibga ega bo'lgani sababli, bir vaqtda tarkibidagi aralashmalar ham reaksiyaga kirishadi. Masalan:



Hosil bo'lgan HF qum bilan reaksiyaga kirishadi.



$\text{SiF}_4$  gazining bir qismi gaz fazasida HF bilan reaksiyaga kirishib kremneforit kislotasini hosil qiladi.



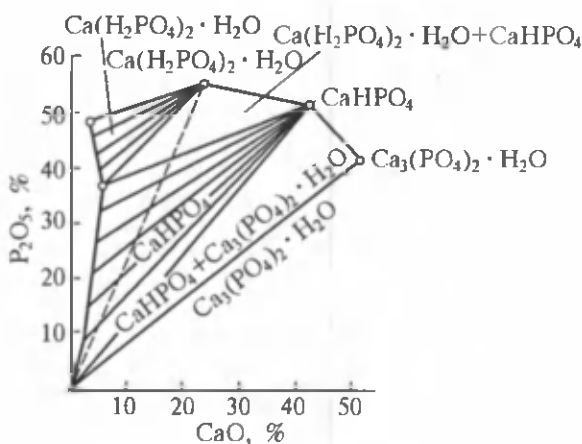
2.1-rasm.

Temir birikmalari ikkinchi bosqichda yomon eruvchan temir fosforitga  $\text{FeRO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  aylanishi mumkin. Shunday qilib temir birikmalari eruvchan fosforni yomon eruvchan holatga keltirishi mumkin. Bu hodisani, ya'ni eruvchan fosforni, qiyin eruvchan holatga o'tishi *retrogradatsiya* deb ataladi. Shuning uchun tarkibida temir birikmasi ko'p bo'lgan fosforit, qayta kislotaga bilan ishlashga noloyiq hisoblanadi. Fosforitning tarkibidagi karbonatlar sulfat kislotasining ko'p miqdorda sarflanishiga olib keladi.

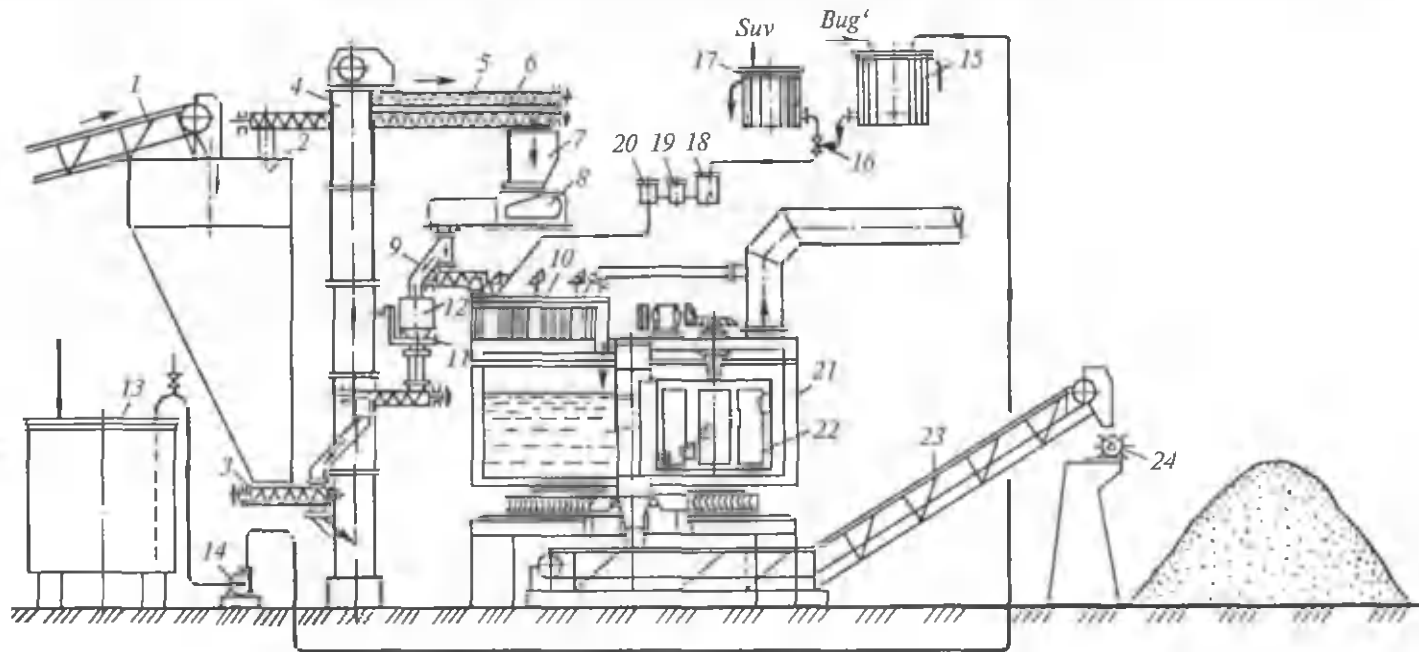
Fosforit sulfat kislotasi bilan parchalanish jarayonida, monokalziy hosil bo'lishi sulfat kislotasining miqdoriga bog'liq. Ortafosfor kislotasi kalsiy ioni bilan uch xil birikma:  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ -uchkalsiyfosfat,  $\text{CaHPO}_4$ -ikkikalsiyfosfat (dikalsiy fosfat) va  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  monokalziy fosfat hosil qilishi mumkin. Fosforitni, ya'ni uchkalsiy fosfatning sulfat kislotasi bilan reaksiyaga kirishish natijasida hosil bo'lgan birikma suyuq fazadagi  $\text{CaO}$ .  $\text{P}_2\text{O}_5$  ning nisbatiga bog'liq. Qaysi birikma qanday sharoitda hosil bo'lishini  $\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{H}_2\text{O}$  tizimining eruvchanlik izotermasida ( $80^\circ\text{C}$ ) ko'rish mumkin (2.2-rasm).

Rasmdan har bir komponentning hosil bo'lish maydonlari yaqqol ko'rinib turibdi. Superfosfat ishlab chiqarish jarayonida sulfat kislotasining miqdori —  $\text{N}_2\text{SO}_4 : \text{P}_2\text{O}_5$  nisbati 1,61 deb qabul qilinadi. Masalan, apatit uchun sulfat kislotaning stexiometrik normasi agarda apatitda  $\text{P}_2\text{O}_5$  39,4%ga teng bo'lsa,  $39,4 \times 1,61 = 63,4$  qism 100 qism apatitga teng bo'ladi.

Ishlab chiqarishda parchalanish jarayonini tezlashtirish maqsadida normani ortiqroq, ya'ni 68—72 qismga teng deb qabul qilinadi. Superfosfatni fosforitlardan olish uchun sulfat kislotasining normasini



2.2-rasm.  $\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{H}_2\text{O}$  tizimida eruvchanlik izotermasi  $t = 80^\circ\text{C}$ .



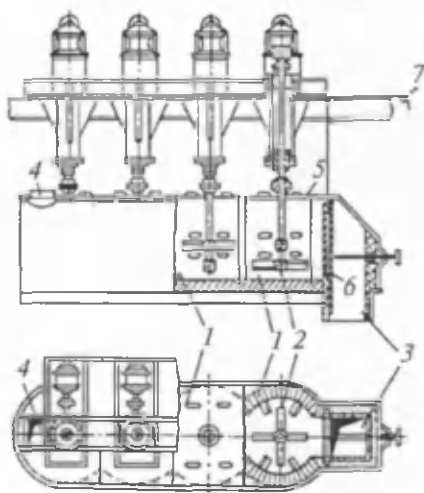
2.3-rasm. Superfosfat ishlab chiqarish texnologik tizimi:

1 — fosforit uchun transportlar; 2 — bunker; 3 — shnekli ta'minlagich; 4 — cho'michli elevator; 5, 9 — shneklar; 6 — ortiqcha fosforit uchun teskari shnek; 7 — ulushlagich bunkeri; 8 — ulushlagich; 10 — aralashtirgich; 11 — o'lchovchi ulushlagichning nazorat qiluvchi tarozisi; 12 — nazorat o'lchamlari uchun bunker; 13 — sulfat kislotasi uchun sig'im; 14 — kislotasi nasosi; 15 — kislotasi uchun bak; 16 — kislotasi aralashtirgich; 17 — suv uchun bak; 18 — mineral sulfat kislotasini suyuqlantirganda ajralib chiqadigan azot oksidlari uchun ajratgich; 19 — kislotasi uchun konsentratsiya o'lchagichi; 20 — kislotasi uchun tirqishli o'lchagich; 21 — superfosfat kamerasi; 22 — frezer; 23 — kameradagi superfosfat uchun transportyor; 24 — omborga superfosfatni sochuvchi moslama.

hisoblashda fosforitning tarkibidagi aralashmalar bilan amalga oshirilgan reaksiyalarni ham nazarda tutish kerak.

Fosforitlarning sulfat kislotasi bilan parchalanish jarayoni yuqorida aytganimizdek ikki bosqichda ketgani sababli birinchi bosqich sulfat kislotasi bilan reaksiya tez ketadi. Birinchi bosqichda asosan fosforitning mayda zarrachalari parchalanib fosfor kislotasi hosil bo'ladi. Ikkinchi bosqichda esa fosforitning qolgan qismi fosfor kislotasi bilan parchalanadi va fosfor kislotasining birinchi vodorod ioni kalsiy bilan almashina boshlaydi. Fosfor kislotasining faolligi pasaygan sari reaksiyaning tezligi pasaya boradi. Shu sababli ikkinchi bosqich reaksiyasining to'la ketishi uchun yangi ishlangan superfosfat massasi omborda 10 kunga qadar saqlanadi. Superfosfatning yetiltirish jarayonini tezlatish maqsadida maxsus qurilma yordami bilan massa shopirib turiladi. Oddiy superfosfatning ishlab chiqarish texnologiyasini (2.3-rasm) quyidagicha tasavvur qilish mumkin.

Apatit yoki fosforit konsentrati transportyor (1) orqali bunkerga (2), bunkerdan esa shnek orqali cho'michli elevatorga (4) yuborilib, elevator orqali va shnek (5) yordami bilan fosforit uni ulushlagich (tarozi)ga uzatiladi. Ulushlagichda xomashyo o'lchanib, shnek (9) orqali aralashtiruvchi apparatga uzatiladi.

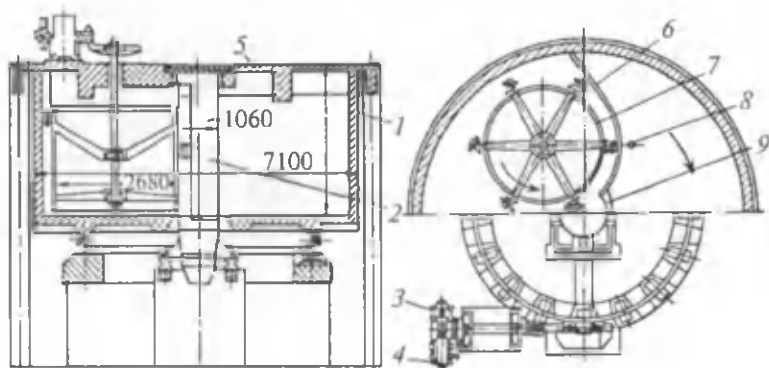


2.4-rasm. To'rt kamerali aralashtirgich:

- 1 — kamera; 2 — aralashtirgich;
- 3 — oqib chiquvchi kamera;
- 4 — massani kirish teshigi;
- 5 — qopqoq; 6 — to'siq (shiber).

Aralashtirgich ellips shaklida bir necha bo'limdan iborat (2.4-rasm) bo'lib maxsus aralashgich qurilmalar bilan jihozlangan. Aralashmada bir bo'limdan ikkinchi bo'limga va hokazo to'siqlar orqali harakatga kelib fosforit uni sulfat kislotasi bilan bir jinsli holatga keladi. Bu jarayon, ya'ni aralashtirish 3—7 daqiqada bajariladi. Hosil bo'lgan atalasimon aralashma asosiy reaktor-superfosfat kamerasiga oqib tushadi (2.5-rasm).

Superfosfat kamerasi tik joylashgan temir betondan yasalgan konsentrik ikki silindr shaklidagi apparat bo'lib, qobig'i po'latdan yasalib, ichi esa kislotaga chidamli materiallar bilan qoplangan bo'ladi. Kamera 16 tayanchli



2.5-rasm. Uzlüksiz ishlovchi superfosfat kamerasi.

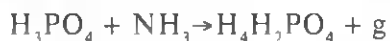
- 1 — kameraning silindrik qobug'i; 2 — silindrik quvur; 3 — elektrmotor;  
4 — reduktor; 5 — kameraning qopqog'i; 6 — to'siq; 7 — pichoq;  
8 — massa tushish teshigi.

roliklarga joylashgan bo'lib 1—2 soatda bir marta qo'zg'almas quvur atrofiga aylanadi.

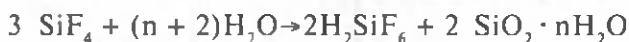
Temir betondan qilingan qopqoq harakatsiz ichki quvurga (silindrga) o'rnatilgan. Qopqoqqa (5) cho'yandan yasalgan tik holatda to'siq joylashgan (6). To'siq yordami bilan oqayotgan massani pishgan mahsulotdan ajratilib turiladi. To'siq yonida mahsulotni kesish uchun maxsus pichoq (7) o'rnatilgan.

Kesish qurilma-pichoq (7) silindr shaklidagi quvur bo'lib, quvur sirtiga o'tkir randasimon pichoq o'rnatilgan. Quvur bir minutda 8—10 marta aylanib superfosfat massasini qirib kamera ostiga tushiradi. Shunday qilib kamera tushgan qaymoqsimon massa kamera bir marta aylanish davrida qotib pichoqqa yaqinlashadi va kesiladi. Kesilgan superfosfat kameraning ostidagi teshik orqali transportyorga (23) tushadi. Transportyor yordami bilan tayyorlangan mahsulot omborga yuboriladi. Omborda yuqorida aytilgandek 2—3 hafta ichida pishirish maqsadida saqlanadi. Saqlanish davrida kran orqali shopirib turiladi.

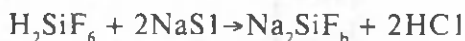
Oddiy superfosfat ishlab chiqarish texnologiyasining asosiy afzalligi uning soddaligi va arzonligidir. Ammo tarkibida fosfor angidridi 14—18%  $P_2O_5$ ga, shu jumladan 4—5%  $P_2O_3$  erkin holatda yana kislota holatda, 15% qadar namlikka ega. Bunda superfosfatni xususiyatini yaxshilash uchun ammiak bilan ishlab, mahsulotni neytrallashtirish va namsiz qilish kerak bo'ladi. Bu maqsadda oddiy superfosfat maxsus aylanuvchi silindr shaklidagi apparatda gaz holatdagi ammiak bilan ishlanadi:



Reaksiya ekzotermik bo'lgani sababli temperatura ko'tariladi va asosiy namlik bug'lanib mahsulot quriydi. Neytrallanish jarayoni bilan bir vaqtda mahsulot granul holatga ham keladi. Bu usul bilan tayyorlangan mahsulotni ammoniylashtirilgan superfosfat deb ataladi. Superfosfat ishlab chiqarish davrida fluor gazi ajralib chiqadi, fluor gazi asosan  $\text{SiF}_4$ , qisman HF holatida chiqib atmosferani zaharlashi mumkin. Shuning uchun fluor gazlari alohida bo'limda ushlanib, qayta ishlanadilar. Buning uchun fluor gazlari suv bilan uyuladi.



Yuvish jarayoni maxsus absorberlarda olib boriladi va 8—10%li kremneftorid kislotasi ( $\text{H}_2\text{Si} \cdot \text{F}_6$ ) hosil bo'ladi. Kremneftorid kislotasini osh tuzi bilan ishlab kremneftorid natriy olish mumkin.



Olingan mahsulot pestitsid sifatida qo'llanadi.

#### NAZORAT SAVOLLARI

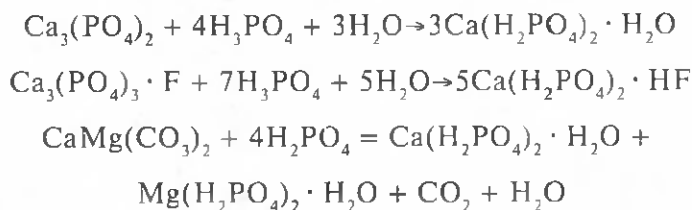
1. Parchalash kamerasining ishlash prinsipi.
2. Fosforitning miqdorini o'lchash apparatlari (dozatorlar).
3. Oddiy superfosfatning kamchiliklari nimadan iborat?
4. Reaksiyon kameraning qurilishi.
5. Parchalanish koeffitsiyenti nima?
6. Oddiy superfosfatning tarkibi.
7. Qanday qilib oddiy superfosfatni neytrallash mumkin?
8. Parchalash kamerasining aylanish tezligi.
9. Oddiy superfosfat olish jarayonida sulfat kislotasining miqdori qanday bo'lishi kerak?
10. Fluor birikmalari qanday qilib ushlanadi?

#### 2.2. QO'SHSUPERFOSFAT ISHLAB CHIQRISHNING NAZARIY ASOSLARI VA TEXNOLOGIYASI

**Qo'shsuperfosfat.** Qo'shsuperfosfat deb tabiatdagi fosforitlarni fosfor kislotasi bilan parchalash natijasida olingan mahsulotga aytiladi. Shuning uchun qo'shsuperfosfat asosan monokalsiydan iborat bo'lib, deyarli kalsiy sulfati bo'lmaydi. Odatda qo'shsuperfosfat olish uchun ekstraksiyon kislotasi ishlatilgani sababli oz miqdorda kalsiy sulfati hosil bo'lishi mumkin, chunki EFKda erkin holatdagi sulfat kislotasi bo'lishi mumkin.

Qo'shsuperfosfat oddiy superfosfatga nisbatan  $\text{P}_2\text{O}_5$ ga ikki-uch marta boy, ya'ni 42—50%ga qadar  $\text{P}_2\text{O}_5$ ga ega bo'lgan konsentrlangan

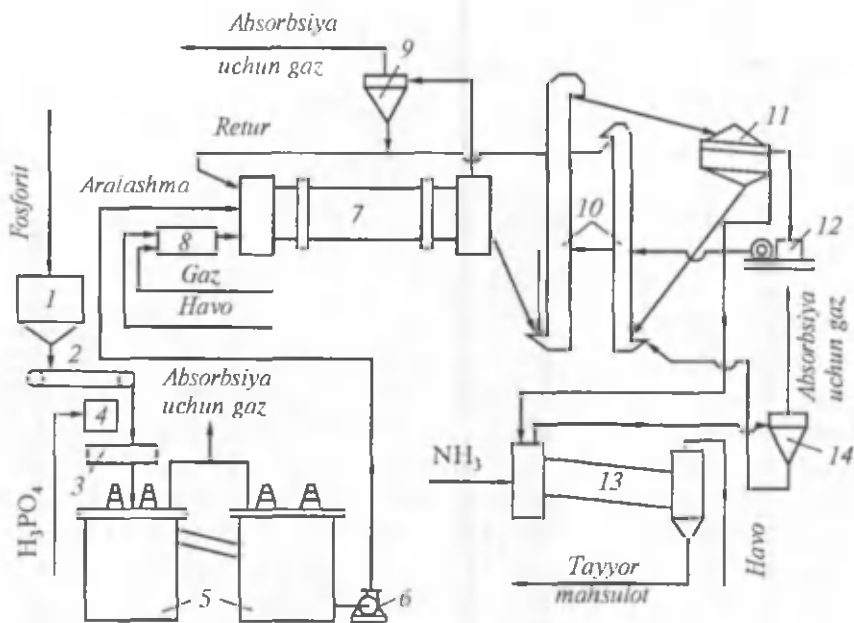
o'g'itlar turkumiga kiradi. Fosforitni fosfor kislotasi bilan parchalanish jarayoni quyidagi reaksiyalar bo'yicha ketadi:



Fosfor kislotasining miqdori yuqorida ko'rsatilgan tenglamalar va fosforitning tarkibida aralashmalarni nazarga olib hisoblash mumkin. Qo'shsuperfosfat ishlab chiqarishda ikki usul bilan olinadi. Birinchi kamera usuli, oddiy superfosfat olishga o'xshash fosforit yuqori konsentratsiyali (52—54%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) fosfor kislotasi bilan ishlanadi. Ikkinchi kamerasiz usul, bu usul bo'yicha fosforit 24—36%  $\text{P}_2\text{O}_5$  fosfor kislotasi bilan parchalanadi. Qo'shsuperfosfatning olish jarayoni ikki bosqichdan iborat. Birinchi bosqichda fosforit fosfor kislotasi bilan aralashtirish jarayonida mahsulot, ya'ni monokalsiyfosfat suyuq fazada hosil bo'ladi. Ikkinchi bosqichda esa eritma asta-sekin monokalsiy bilan boyib, to'yina boshlaydi, ya'ni kristall hosil bo'lib, eritma quyuqlasha boradi. Hosil bo'lgan kristallar fosforit zarrachalarini qoplab, vodorod ionini reaksiyaga kirishga imkoniyat bermaydi. Shuning uchun reaksiya tezligi pasaya boshlaydi. Eritma monokalsiy va dikalsiyfosfat bilan to'yingandan so'ng parchalanish reaksiya deyarli to'xtaydi. Fosforitning parchalanish jarayonini tez ketishi uchun kamerasiz usulda birinchi bosqich suyuq fosfor kislotasi (EFK) bilan olib boriladi. Ikkinchi bosqichni tezlatish uchun temperatura ko'tariladi, natijada fosfor kislotasining, yani vodorod ionining konsentratsiyasi oshadi va reaksiya davom etadi. Bu jarayon maxsus quritgich-donalashtirish (granulatsiya) barabanida (BGS) olib boriladi.

Qo'shsuperfosfatni kamerasiz usul bilan ishlab chiqarish 2.6-rasm-da tasvirlangan.

Fosforit bunkerdan trasportyor tasmasi orqali taroziga yuboriladi (2.6-rasm) va tortilgan fosforit aralashtirgich apparatiga (3) yuboriladi. Aralashtirgichga bir vaqtda ekstraksiyon fosfor kislotasi (28—36%  $\text{P}_2\text{O}_5$  EFK) keladi. Aralashtirgichdan uzluksiz ravishda aralashma reaktorga (5) jo'natiladi. Aralashma 60—90 minut davomida reaktorda 70—100°C temperaturada 50%ga qadar parchalanadi, massa quyuqlashgani sababli parchalanish jarayoni sekinlashadi. Jarayonni davom ettirish va tezlatish uchun, aralashma nasos (6) yordami bilan BGS apparatiga (7) yuboriladi. Aralashma suyuq bo'lgani sababli BGSga ma'lum bir miqdorda retur (mahsulotni mayda fraksiyasi)



2.6-rasm. Qo'shsuperfosfatni kamerasiz usul bilan ishlab chiqarish texnologik tizimi:

1 — fosforit bunkeri; 2 — tasmalik transportyor; 3 — aralashtirgich; 4 — fosfor kislotalari o'lovchi; 5 — reaktorlar; 6 — nasos; 7 — BGS apparati; 8 — pech; 9, 14 — siklonlar; 10 — elevatori; 11 — elak; 12 — maydalovchi apparat; 13 — ammoniator; 14 — maydalovchi apparat.

berib turiladi. BGS apparatida bir vaqtda massa quritiladi va donashtiriladi. Qurigan mahsulot BGS dan elakka (11) yuboriladi va elanadi. Yirik bo'lakchalar maydalanib yana elakka yuboriladi, mayda fraksiyasi (elakdan o'tib ketgan) retur sifatida BGSga ishlatiladi, birinchi elakdan o'tgan fraksiya ammiak bilan neytrallanib (13) tayyor mahsulot sifatida omborga jo'natiladi.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Uzluksiz ishlovchi reaktorning ishlash prinsipi.
2. Fosforitning parchalanish kinetikasi.
3. Qo'shsuperfosfatning kamchiligi va afzalligi nimadan iborat?
4. Kamerali usulning kamchiligi.
5. Qo'shsuperfosfatning tarkibi.
6. Retur nima va nima uchun qo'shiladi?
7. Qo'shsuperfosfat olishda birinchi bosqichda qanday jarayon sodir bo'ladi?
8. Ikkinchi bosqichda qanday jarayon ketadi?
9. BGS apparatining vazifasi.



### 3-BOB

## FOSFOR KISLOTANI ISHLAB CHIQRISH USULLARI. EKSTRAKSION VA TERMİK USULLAR

### 3.1. FOSFOR KISLOTANI ISHLAB CHIQRISH

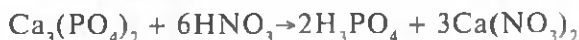
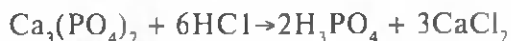
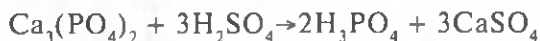
Fosfor kislotasining asosiy qismi konsentrik fosfor o'g'itlari va turli kompleks o'g'itlari olish uchun qo'llaniladi. Qisman fosfor kislotasi natriy tuzlari, trinatriyfosfatlar, polifosfatlar, kir yuvish mahsulotlari. Oziq-ovqat sanoatida qo'llaniladi. Fosfor kislotasi fosfor angidridini (fosfor 5 oksidining) suv bilan gidratatsiya qilish natijasida hosil bo'ladi.

Polimer kondensirlangan fosfor kislotasi turkumiga umumiy formulaga ega bo'lgan  $H_p \cdot 2P_{3p+1}O_{3p+1}$  va umumiy formulasi  $H_p(PO_3)_p$  bo'lgan polimetafosfor kislotalari kiradi. Polimetafosfor kislotasi 88,7%  $P_2O_5$ ga ega. Polifosfor kislotasi guruhiga  $H_4P_2O_7$  — pirofosfor kislotasi,  $H_5P_3O_7$ -tripolifosfor kislotasi,  $H_6P_4O_{10}$  — tripolifosfor,  $H_6P_4O_{13}$  — tetrapolifosfor kislotasi kiradi.

Ortofosfor kislotasini yuqori temperaturada degidratatsiya qilinsa kondensirlangan kislotalar aralashmasi hosil bo'lib, buni polifosfor kislotasi deb ataladi. Texnikada 72,4%  $P_2O_5$  dan ortiqqa ega bo'lgan fosfor kislotasini superfosfor kislotasi deb ataladi.

Fosfor kislotasi hozirgi davrda texnikada ikki usul bilan — ekstraktsiya va termik usullari bilan olinadi.

Ekstraksiya usuli fosforitlarni mineral kislotalar bilan parchalash jarayoniga asoslangan.

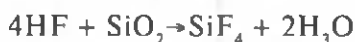
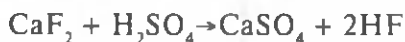
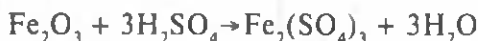
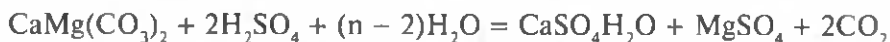


Agarda parchalash uchun tuz yoki azot kislotasi qo'llansa eritmada yaxshi eruvchan kalsiy xloridi yoki kalsiy nitrati hosil bo'ladi. Bunday aralashmada fosfor kislotasini ishlatish uchun butunlay yoki qisman kalsiy tuzlarini ajratish kerak.

Fosforitlarni sulfat kislotasi bilan parchalaganda yomon eruvchan kalsiy sulfati cho'kmaga tushadi, shunday qilib eritmani filtrlash yo'li

bilan fosfor kislotasini ajratib olish mumkin. Shuning uchun hozir ishlab chiqarishda sulfatkislotali ekstraksiya nomi bilan adabiyotlarga kiritildi va fosforitlarni sulfat kislotasi bilan parchalash usuli yagona usul bo'lib kelmoqda.

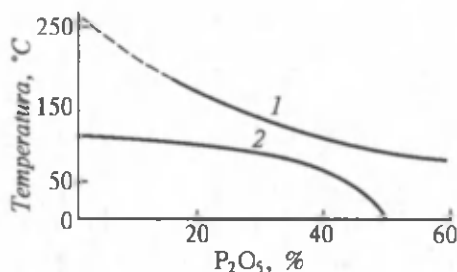
Fosforitlarni sulfat kislotasi bilan parchalash davrida, asosiy kimyoviy jarayondan tashqari, fosforitning tarkibidagi aralashmalar ham reaksiyaga kirishadi.



Fosforitning sulfat kislotasi bilan parchalash natijasida katta miqdorda cho'kma-gips hosil bo'ladi. Cho'kmaning tarkibida oz miqdorda fosfor birikmalari bo'lgani sababli cho'kma «fosfogips» deb ataladi. EFKning ishlab chiqarish jarayonini qulay joriy qilish uchun cho'kmani yirik kristallar holiga, ya'ni oson filtrlanadigan holga keltirish lozim. Bu apparatlar va texnologik rejimlarini to'g'ri tanlashni taqozo qiladi. Ma'lumki kalsiy sulfati uch xil birikma hosil qilishi mumkin: suvsiz  $\text{CaSO}_4$  — anhidrid,  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  — yarimgidrat va  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — digidrat (gips). Ekstraksiya davrida bu birikmalarni u yoki bu holda cho'kishi temperatura va fosfor kislotasi konsentrasiyasiga bog'liq (3.1-rasm).

Ikkinchi egri chiziq ostida kalsiy sulfati gips shaklida cho'kib,

birinchi egri chiziq yuqorisida kalsiy sulfati, ya'ni anhidritga tegishli. Ikki egri chiziqning o'rtasi esa yarimgidrat cho'kindisiga mos keladi. Shunday qilib, kalsiy sulfatining tarkibi temperatura va  $\text{P}_2\text{O}_5$  ning eritmadagi miqdoriga bog'liq ekan. Ishlab chiqarishda filtrlash oson bo'lishi va texnologik rejimni qulay bo'lishi uchun gips ko'rinishida cho'kadigan rejim qabul qilingan.

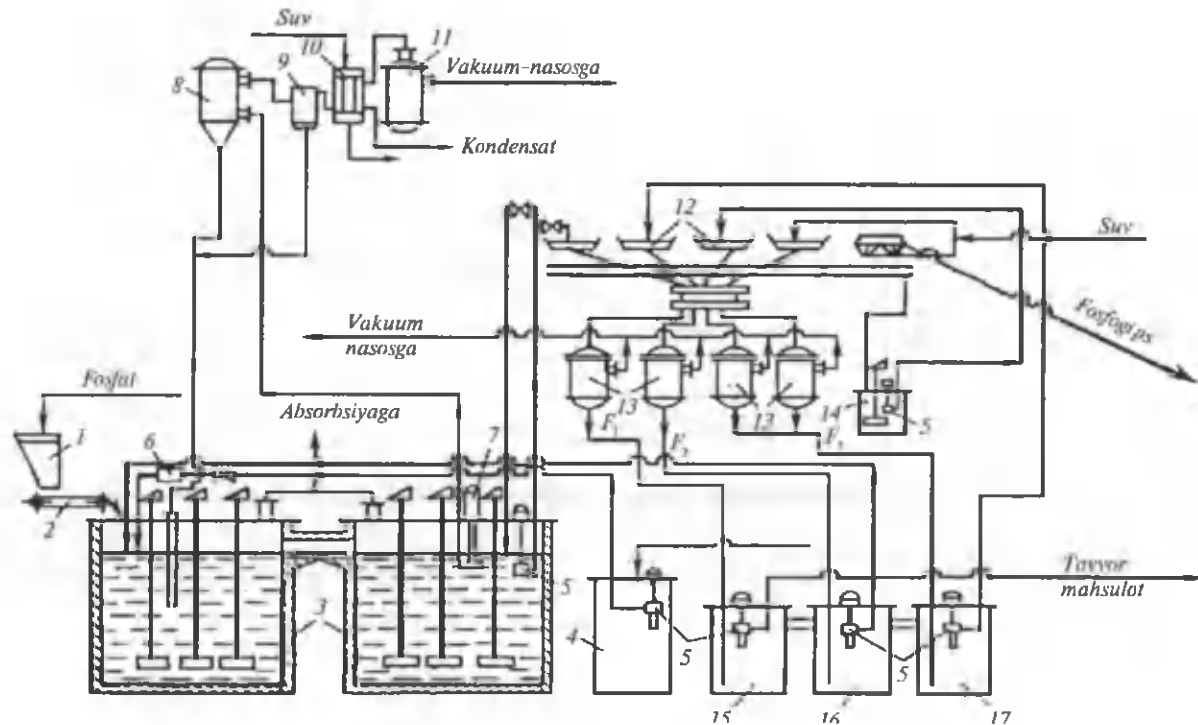


3.1-rasm. Temperatura va fosfor kislotasining cho'kma tarkibiga ta'siri.

Bu rejimni digidrat rejimi deb ataladi. Bu rejim bo'yicha fosfor kislotasining konsentratsiyasi (24—28%  $P_2O_5$ ) va temperaturasi (70—80 dan) past bo'lishi kerak. Yarimgidrat rejimini yuqori temperatura-da va konsentratsiyada olib borish mumkin. Bunday rejimda apparatlar korroziyaga uchrashi va yarimgidratning qotib qolishi mumkinligi uchun yarimgidratlik rejim deyarli qo'llanmaydi. Kalsiy sulfatining kristallarini yirikligi eritmadagi  $SO_4^-$  va  $Ca^{++}$  ionining miqdoriga ham bog'liq. Kristallarning yirik bo'lishi uchun suyuq fazada  $SO_3 : CaO$  ga nisbati doimiy turishi va 1,5—4,0 ga teng bo'lishi shart. Ekstraksiya jarayonida harakatchan suyuq massa hosil bo'lishi kerak, chunki fosforitning parchalanish davrida juda katta miqdorda qattiq faza — cho'kma hosil bo'ladi. Fosforitning birlik miqdoridan hosil bo'lgan quruq fosfogipsning miqdorini gips soni deb aytiladi. Gips soni fosforitlarning turiga qarab 1,4—1,7 teng bo'ladi. Fosforitning sulfat kislotasi bilan aralastirilsa quyuuq — harakatga kelmaydigan massa hosil bo'ladi. Massaning harakatga kelishi uchun suyuq fazaning quyuuq fazaga nisbati C : K  $2,1 \pm 3,5 - 1$  ga teng bo'lishi kerak. Bu ko'rsatilgan fazalarning nisbatini maromga keltirish uchun reaksiyon massa suyultiriladi. Suyultirish uchun filtrdan kelayotgan yuvindi suvi, EFKning suyulib ketmasligi uchun fosfor kislotasi mahsulotidan foydalaniladi. Bu eritmani suyultirish eritmasi deb ataladi.

Fosforitning parchalanish jarayonini tezligi qulay (maqbul) sharoitlarda yuqori bo'lsa ham jarayonning ketish muhlati kalsiy sulfatining cho'kish va kristallarining yiriklashishi bilan aniqlanadi. Shuning uchun fosforitlarning turiga qarab parchalanish jarayoni 4—8 soatda ketadi. Bunday jarayonni joriy qilish uchun maxsus apparat-ekstraktor qo'llaniladi. Bu reaktorga reaksiyon massa uzluksiz ravishda aralastirilgan holda sekin-asta bir tomondan ikkinchi tomonga oqiziladi. Mazkur rejimni joriy qilish uchun kaskad reaktorlardan foydalaniladi. EFK ishlab chiqarishning prinsipial texnologik sxemasini 3.2-rasmda berilgan.

Parchalanish jarayoni  $900 \text{ m}^3$  hajmga ega bo'lgan ikki bakli ekstraktorda (3) olib boriladi. Ekstraktor ikkita silindrik bakdan iborat bo'lib ( $d = 13 \text{ m}$   $N = 5,3$ ) xromnikel molibden po'latidan yasalgan. Korroziyaga uchramasligi va sirti ishqalanmasligi uchun bir qavat rezina yoki kislotaga chidamli g'isht bilan qoplangan bo'ladi. Har bir reaktor markaziy parraklik va 8 ta turbin aralastirgichlar bilan jihozlangan. Fosfat xomashyosi bunkerdan (1) ulushlagich orqali 1-reaktorga yuboriladi. 1-reaktorga nasos yordami bilan aylanma fosfor kislotasi va sulfat kislotasi yuboriladi. Ekstraktorda temperaturani bir me'yorda ushlab turish uchun bir qism eritma vakuum-bug'latgichga (8) yuboriladi va sovib qayta 1-ekstraktorga tushadi.



3.2-rasm. Degidratli rejimda ishlovchi fosfor kislotasi ekstraksiya qilish sxemasi:

1 — fosfor xomashyosi bunkeri; 2 — tarozili dozator; 3 — ikki bakli ekstraktor; 5 — nasos; 6 — sulfat kislotasini sarfini o'lchagich; 7 — nasos; 8 — buglatgich; 9 — tomchi tutgich; 10 — kondensator; 11 — ko'piklantiruvchi neytralizator; 12 — vakuumfiltrning oxurchalari; 13 — separator; 14 — filtr matosini regeneratsiyalanganda hosil bo'ladigan oraliq suspenziyani yig'uvchi idish; 15, 16, 17 — barometrik yig'uvchi idishlar: birinchi filtr uchun (15), aylanma fosfor kislotasi uchun (16), yuvuvchi filtr uchun (17).

Hosil bo'lgan gazlar, shu jumladan ftor gazlari vakuum bug'latgichdan (8) neytralizatorga (11) yuboriladi. Mahsulot (aralashma holda) ekstraktordan vakuum-filtrga (12) yuboriladi.

Vakuum-filtr aylanuvchi bir qancha oxurchalardan (lotok) iborat bo'lib, oxurchalar chidamli Lavsan matosi bilan qoplangan bo'ladi. Birinchi filtrat  $F_1$  — tayyor mahsulot va aylanma kislotasi sifatida kuzatiladi. Cho'kma uchfiltratlik sxema bo'yicha yuviladi. Birinchi navbatda cho'kmani yuvish uchun issiq ( $60-70^{\circ}\text{C}$ ) suv oxirigacha berilib,  $F_3$  hosil bo'ladi. Filtrat  $F_3$  oldingi cho'kmani yuvish uchun berilib  $F_2$  hosil bo'ladi. Shunday qilib bir-biriga qarama-qarshi sxema bo'yicha fosfogips yuvilib oxiri oxurchadan tashlab yuboriladi. Filtrlanish va yuvish natijasida uchta filtrat olinadi, ularning tarkibida ma'lum miqdorda fosfor kislotasi bo'ladi:

$F_1$  — 24—28%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $F_2$  — 18—22%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $F_3$  — 3—8%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Fosfor kislotasining digidrat usuli bilan olish jarayonida ftor asosan mahsulotda  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  holatida qolib, hammasi bo'lib 3—5%gina gaz fazasiga va ftorning 15—17% fosfogips tarkibiga o'tadi.

Fosfor kislotasining ishlab chiqarish jarayonida katta miqdorda cho'kma fosfogips tashlamaga tashlanadi. Fosfogips katta maydonni egallab, tashqi muhitga salbiy ta'sir qiladi.

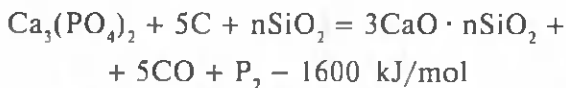
Shuning uchun fosfogipsning qayta ishlash muammosi xalq xo'jaligi katta ahamiyatiga egadir. Fosfogipsdan meliorator sifatida, sementga qo'shimcha sifatida, qurilish materiali sifatida foydalanishi mumkin. Fosfogipsdan ohak va sulfat angidridi olib, gaz qismini sulfat kislotasiga qayta ishlash mumkin, bu esa ayniqsa katta ahamiyatga ega. Nihoyat fosfogipsdan sulfomineral sementlarni sintez qilish fosfogips muammosini hal qiladi desak bo'ladi.

Ekstratsion fosfor kislotasi, ayniqsa Qara-Tau fosforitidan olingan mahsulot ma'lum kamchiliklarga ega. Kislotasi konsentratsiyasi past (22—24%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), tarkibida turli aralashmalarning mavjudligi, ko'p miqdorda tashlandiq fosfogips hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Texnikada yuqori konsentratsiyali, toza fosfor kislotasi olish maqsadida termik usuldan foydalaniladi.

### 3.2. TERMIK USUL

Termik usulda fosforitlar tarkibidagi fosfor yuqori temperatura-da ko'mir bilan elementar fosfor qadar qaytarilib olinadi. Fosforit fosfor angidridiga aylantirish va angidridni suv bilan yuvishga asoslanib olinadi.

Shunday qilib, kislotasi olish uchun birinchi navbatda elementar fosfor olish kerak. Fosfor uch komponentlik aralashma-shixtadan olinadi:

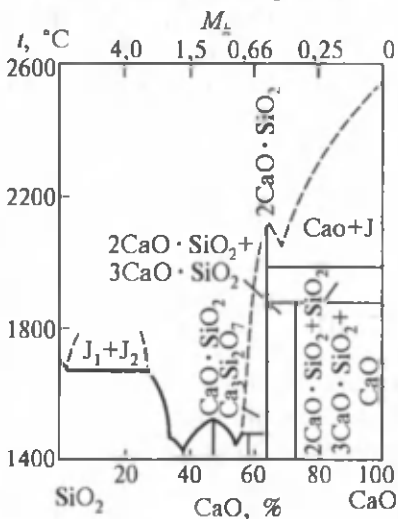


Reaksiya o'ta endotermik bo'lgani sababli faqat yuqori temperaturada 1400—1600°C o'tadi. Bu reaksiyada ma'lum rolni  $\text{SiO}_2$  o'ynaydi, chunki  $\text{SiO}_2$  kalsiy oksidini bog'lab fosforitlarning dissotsiatsiyasini tezlashtiradi va yomon eruvchan kalsiy oksiddan oson eruvchan kalsiy silikati holida toshqolga aylantiriladi. Kalsiy fosfatining ko'mir bilan reaksiyaga kirishish tezligi temperatura va kislotada moduli  $M_k$  ( $\text{SiO}_2 : \text{CaO}$ ) bilan aniqlanadi. 3.3-rasmda ko'rilgandek  $M_k$  0 dan 2 ga qadar bo'lganda kalsiy ortosilikat  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  diortosilikat  $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$  va metasilikat kalsiy  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  hosil bo'ladi.

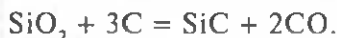
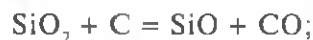
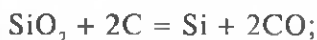
Tarkibi 51,7%  $\text{SiO}_2$  va 48,3%  $\text{CaO}$ ga ega bo'lgan metasilikatning kislotada moduli  $M_k$  1,07ga teng bo'ladi. Ishlab chiqarishdagi pechlar 0,7—0,9 kislotada moduli bilan ishlaydilar. Bu sharoitda fosfor ancha toza va energiya kam sarf bo'ladi. Agarda kislotada modulining qiymati chegaradan oshsa, energiyani ko'p sarf bo'lganligi kuzatiladi.

Fosforitning ko'mir ishtirokida termik parchalanish davrida bir qator qo'shimcha kimyoviy reaksiyalar kechishi sodir bo'ladi. Masalan: temir birikmalari fosfor bilan bir qator birikmalarni: ( $\text{Fe}_3\text{P}$ ,  $\text{Fe}_2\text{P}$ ,  $\text{FeP}$ ) hosil qiladi:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 2\text{Fe} + 3\text{CO}$ ;  $2\text{Fe} + \text{P}_2 = 2\text{FeP}$ ;  $4\text{Fe} + \text{P}_2 = \text{Fe}_2\text{P}_3$ ;

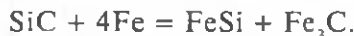
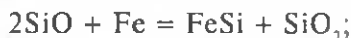
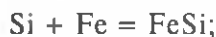
Bu aralashmalar ferrososfor nomi bilan atalib, tarkibida 15—18% Pga ega bo'lib pechdan qotishma sifatida olinadi. Xomashyoning tarkibidagi qum  $\text{SiO}_2$  esa ko'mir bilan reaksiyaga kirishib monooksid va kremniy karbidini hosil qiladi.



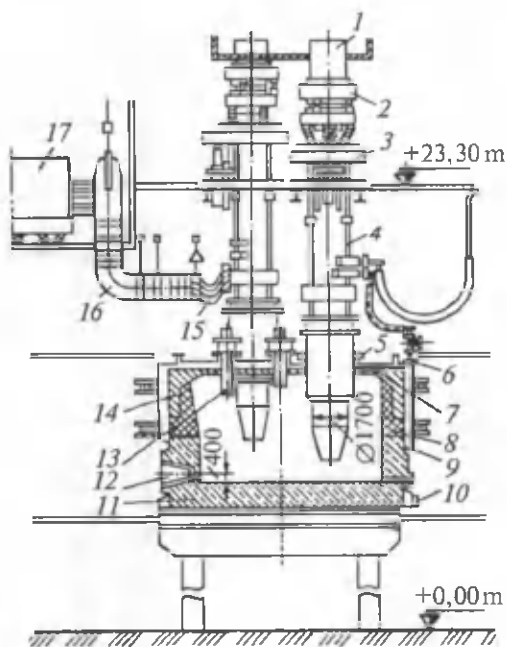
3.3-rasm.  $\text{CaO}-\text{SiO}_2$  tizimining holat diagrammasi.



Hosil bo'lgan moddalar temir bilan birlashib ferrosilitsiy qotishmasini hosil qiladi.



Shunday qilib, qaytarilgan kremniyni 40%i ferrosilitsiyga aylanib, 60%i esa pechdan chang holatda chiqib ketadi.



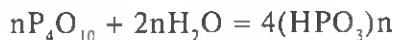
3.4-rasm. Elektr pech: 1 — elektrod; 2 — elektrodni harakatga keltiruvchi qurilma; 3 — ko'taruvchi mexanizm; 4 — elektrodni ushlab turuvchi; 5 — salnik; 6 — suvli sovitgich; 7 — qopqoq; 8 — futerovka; 9 — qobig; 10 — ferrosplav qotishmasi teshigi; 11 — pechning tubi; 12 — toshqol to'kuvchi teshik; 13 — shixta ag'daruvchi teshik; 14 — svod; 15 — tok o'tkazuvchi sim; 16 — qisqa sim; 17 — transformator pechi.

Kalsiy fosfatining fosforgacha qaytarilish jarayoni maxsus uch fazali elektropechlarida (3.4-rasm) amalga oshiriladi.

Pech silindrik qobig'dan iborat bo'lib, ichi o'tga chidamli g'isht bilan qoplangan va o'z-o'zidan qotishuvchi grafit elektrodu bilan jihozlangan. Pech tashqari tomondan suv bilan sovitilib turiladi. Pechning ustida germetik joylashgan qopqoq bo'lib, uchburchak shaklida elektrod o'rnatilgan. Elektrodlar maxsus qurilma yordami bilan pastga tushirib turiladi, chunki elektrodning past qismi asta-sekin yemirila boshlaydi. O'z-o'zidan qotuvchi elektrod 1,4—1,7 m diametrli 3 mm po'latdan yasalgan qobig'dan iborat bo'lib, qobig termoantrasit, koks, grafit, ko'mir smolasi aralashmasi bilan uzluksiz to'ldirib turiladi.

Pechda hosil bo'lgan fosforning fosfor besh oksidiga oksidlab, so'ngra suv bilan ishlanadi  $P_4 + 5O_2 = P_2O_{10}$ .

Gidratatsiya jarayonida avvalo metafosfor kislotasi hosil bo'lib, so'ngra ortofosfor kislotasiga aylanadi:





Jarayonning yig'indi tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:



Fosforning yonish va gidratatsiya jarayoni issiqlik chiqish bilan ketadi. 1 kg fosfor yonish davrida 23614 kJ issiqlik beradi, gidratatsiya davrida 3035 kJ, yoki har 1 t fosfor kislotasiga 1017 kJ issiqlik to'g'ri keladi. Termik fosfor kislotasini ikki usul bilan bir bosqichli va ikki bosqichli texnologiya bo'yicha olish mumkin.

Bir bosqichli texnologiya sodda bo'lib, fosforning fosfor angidridiga qadar oksidlab maxsus minorada suv bilan ishlashga asoslangan. Bu usul bo'yicha pechdan chiqqan fosfor gazining tarkibidagi aralashmalar fosfor kislotasini ifloslantirishi sababli minoralar hajmi katta bo'lishi kerak. Shuning uchun sanoatda ko'proq ikkinchi usul, ya'ni ikki bosqichli texnologiya qo'llaniladi. Bu texnologiya bo'yicha pechdan chiqqan fosfor kondensatsiyalanadi va so'ngra fosfor kislotasiga qayta ishlanadi. Bu sharoitda fosfor kislotasi toza va fosfor ajratib olingandan so'ng qolgan gazning issiqligidan foydalanish mumkin.

Shunday qilib, elementar suyuq fosfor maxsus yoqish minorasiga yuborilib, havo ishtirokida yondiriladi. Hosil bo'lgan fosfor angidridi gidratatsiya minorasiga yuborilib, suv bilan ishlanadi. Harorat yuqori (800—1000°) bo'lgani sababli avvalo metafosfor kislotasi, gazlar sovigandan so'ng tuman holatda ortofosfor kislotasi hosil bo'ladi. Maxsus sovitgichda sovitilgan kislota mahsulot sifatida jo'natiladi. Gidratatsiya minorasidan chiqqan gaz elektrofiltr orqali atmosferaga chiqazilib yuboriladi.

Termik fosfor kislotasi toza va yuqori konsentratsiyalik bo'lgani sababli asosan fosfor tuzlari olish uchun xomashyo sifatida qo'llaniladi, ammo bu navli kislota katta energiya sarf bo'lgani sababli EFKdan ancha qimmatga tushadi.

#### NAZORAT SAVOLLARI

1. Nima uchun fosfor kislotasini konsentratsiyasi past bo'ladi?
2. Ftor gazi qanday qilib ushlanadi?
3. Filtrdan chiqqan yuvindi suvdan nima maqsadda foydalaniladi?
4. Degidrat rejimining afzalligi nimada?
5. Sulfat kislotasi nima uchun qo'llanadi?
6. Termik kislotaning afzalligi.
7. Aralashmaga qo'shilgan qumning roli nimadan iborat?
8. Sublimatsiya jarayoni deb nimaga aytiladi?
9. Polifosfat kislotasi nima?
10. Toshqolning xususiyatlari.



## 4-BOB

### AZOT O'G'ITLARI ISHLAB CHIQRISH NAZARIY ASOSLARI VA TEXNOLOGIYASI

**Azot o'g'itlari.** Tarkibida azot bo'lgan ma'lum birikmalarni azot o'g'iti sifatida qo'llash mumkin. Masalan:  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ,  $\text{NH}_3$  va boshqalar. Tarkibidagi azotning shakliga qarab azot o'g'itlarini 3 guruhga bo'lish mumkin. 1-tarkibida ammoniy shakldagi azot birikmalari, masalan:  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  va boshqalar. 2-nitrat shaklidagi azot birikmalari:  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  va amin shaklidagi azotga ega bo'lgan birikmalar:  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ -karbamid. Agregat holatiga qarab azot o'g'itlari qattiq va suyuq bo'lishi mumkin.

Hozirgi davrda qishloq xo'jaligida asosan ammoniy selitrasi, karbamid, ammoniy sulfati va qisman ammiakning suvdagi eritmasi qo'llaniladi.

#### 4.1. AMMONIY SELITRASI

Ammoniy selitrasi 35,5% azotga boy bo'lgan o'g'itlar turkumiga kiradi. Ammoniy selitrasi yaxshi eruvchan, o'simlik tomonidan yaxshi o'zlashtirishga ega. Ammoniy selitrasi kristallik modda bo'lib, temperaturaning o'zgarishiga qarab 5 kristallik shaklda bo'ladi.

Agarda temperatura  $169,3-125,2^\circ\text{C}$  bo'lsa kubik shaklda,  $125,2-84,2^\circ\text{C}$  da tetragonal shaklda,  $84,2-32,3^\circ\text{C}$  rombik shaklda;  $32,3-(-17)^\circ\text{C}$  rombik, bipiramidal va  $-17-(-50)^\circ\text{C}$  da tetragonal shaklda bo'ladi. Bir shakldan ikkinchi shaklga o'tish jarayoni issiqlik chiqishi bilan ketadi.

Ammoniy selitrasining salbiy tomonlaridan biri namning o'ziga tortish qobiliyati, ya'ni gigroskopikligidir. Ayniqsa ammoniy selitrasi omborlarda qopda turgan holda kristallarining yopishqoqlik qobiliyati tufayli ularni ishlatish uchun qo'shimcha ishchi kuchi talab qilishi salbiy xususiyatlaridan biridir. Yopishqoqlikning sabablaridan biri uning gigroskopik xususiyatga ega bo'lishligi bo'lsa, ikkinchidan ammoniy selitra tuzlari temperatura  $32,3^\circ\text{C}$  dan o'zgarganda solishtir-ma sig'imi (zichligi) o'zgarib turadi. Bu hodisa kristallar jipslashi-

shiga olib keladi. Namni o'ziga tortmasligi uchun ko'p qavatli qog'oz qopda saqlashlik tavsiya etiladi.

Yopishqoqlik xususiyatini kamaytirish uchun selitra granul shaklida ishlab chiqariladi va turli qo'shimchalar qo'shiladi. Qo'shimchalar sifatida magniy nitrati, dolomitning azot kislotasidagi eritmasi, fosforit va apatitning azot kislotasi eritmasi qo'llanishi mumkin.

Hozirgi davrda AC-72 qurilmasida oz miqdorda sulfat va fosfor kislotasi eritmasidan foydalaniladi. Yuqorida ko'rsatilgan qo'shimcha moddalar bir modifikatsiyadan (kristall shakldan) ikkinchi shaklga o'tish jarayonini sekinlashtiradi va maydakristalli zarrachaga ega bo'lgan mustahkam granul hosil bo'lishiga yordam beradi.

Ammoniy selitrasi oddiy sharoitda turg'un modda bo'lib 169, 6°C eriydi. Ammo temperaturani oshishi bilan ammoniy selitrasi temperaturaga qarab turli yo'nalish bo'yicha parchalanadi, masalan: 110°C darajadan yuqori temperaturada  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{NH}_3(\text{g}) + \text{HNO}_3(\text{g}) - 174,4 \text{ kJ}$ , temperatura 200—270°C bo'lganda esa:  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 36,8 \text{ kJ}$ .

Agarda 400—500°C selitra tez qizdirilsa parchalanish portlash bilan ketishi mumkin.



Ammoniy selitrasi 300°C da portlash xususiyatiga ega.

Yuqori temperaturada ammoniy selitrasi kislorod ajratib chiqargani uchun portlovchi modda sifatida ham keng ko'lamda qo'llaniladi. Buning uchun ammoniy selitrasini yog'och qipig'i yoki bironta organik moddalar bilan aralashtirish kerak. Shu sababli ammoniy selitrasini moyli lattalar bilan birga saqlash mumkin emas.

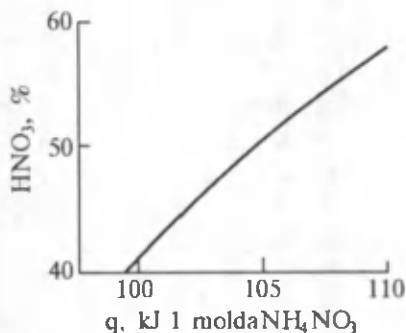
**Ammoniy selitrasini ishlab chiqarish.** Ammoniy selitrasi suyuq azot kislotasini gaz holatdagi ammiak bilan neytrallash usuli bilan olinadi.



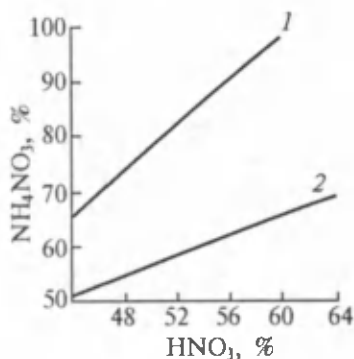
Reaksiya ekzotermik reaksiyalar turkumiga kirib ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori azot kislotasining konsentratsiyasiga bog'liq (4.1-rasm).

Shunday qilib suyuq azot kislotasini ammiak bilan neytrallaganda ammoniy selitrasining eritmasi hosil bo'ladi. Selitrani ajratib olish uchun suvni bug'latish zarur.

Ishlab chiqarishda energiyani tejash maqsadida reaksiya natijasida chiqqan issiqlikdan bir qismi suvni bug'latish uchun ishlatiladi.



4.1-rasm. Reaksiya issiqligining  $\text{HNO}_3$  konsentratsiyasiga bog'liqligi.



4.2-rasm. Ammiak selitrasining konsentratsiyasini  $\text{HNO}_3$  konsentratsiyasiga bog'liqligi: 1 — issiqlikdan foydalangan holda; 2 — issiqlikdan foydalanmagan holda.

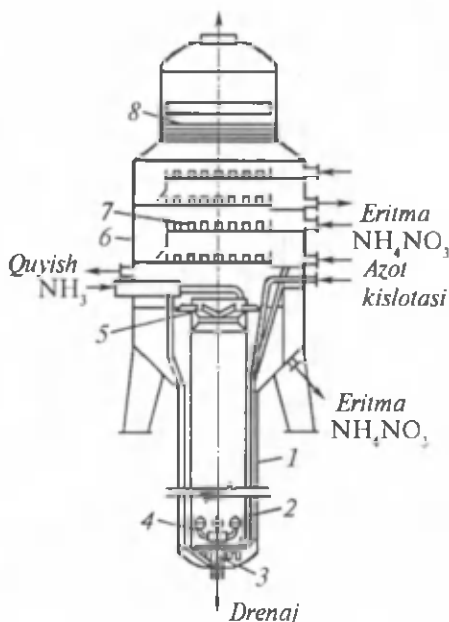
Bu jarayon maxsus ITN (neytralizatsiya issiqligidan foydalangich) nomi bilan atalgan reaktorda olib boriladi.

Reaktordan chiqayotgan eritmaning konsentratsiyasi azot kislotasining konsentratsiyasiga bog'liq (4.2-rasm).

Agarda selitra olish uchun azot kislotasining konsentratsiyasi 56—58% bo'lsa, reaktorda 92—93%li ammoniy selitrasini olish mumkin. Agarda reaksiya issiqligidan foydalanilmasa temperatura ko'tarilib, azot kislotasi va ammoniy selitrası parchalanishi mumkin.

Oxirgi davrlarda ishlab chiqarish yuqori quvvatli (1360 t/sutka) AS-72 agregatlari bilan jihozlangan. Yuqori quvvatga ega bo'lgan AS-72 agregati, AS-67 agregatidan o'zining quvvati, mahsulotining sifati, ko'p texnik iqtisod ko'rsatkichlari bilan farq qiladi. Masalan, qo'shimcha sifatida sulfatlar o'rniga yuqori effektli sulfat-fosfor kislotasi qo'llaniladi, donalarning o'lchami bir xilligi, energiyaning tejamliligi va boshqalar. Bu agregatlarda hozirgi zamon talablariga javob beradigan ITN reaktorlaridan foydalaniladi (4.3-rasm).

ITN reaktori  $03 \times 18H$ ,  $12 \times H10T$  po'latdan yasalgan bo'lib, ikki konsentrik holatda joylashgan silindrdan iborat. Past qismi reaksiyon qismi  $d = 1,6m$  bo'lib, yuqori qismi esa separatsion qism deb ataladi ( $d = 3,8m$ ). Reaktorning umumiy balandligi 10m. Reaksiyon qismining qobig'ida (1) reaksiyon stakan (2) joylashgan. Reaksiyon stakanining ostida teshikchalar bo'ladi. Reaksiyon zonaga ko'piklagichlar orqali ammiak va azot kislotasi beriladi. Ammiak ko'piklagichda 3 mm diametrli 6650 teshikchalar bo'lib, ammiak 30—50m/s tezligi



4.3-rasm. ITN apparati:

1 — reaksiyon qismning qobig'i;  
 2 — reaksiyon stakan; 3 — ammiak ko'piklagichi; 4 — azot kislotasining ko'piklagichi; 5 — aylantiruvchi qurilma; 6 — separatorning qobig'i; 7 — qalpoqli tarelka; 8 — elaksimon qaytargich.

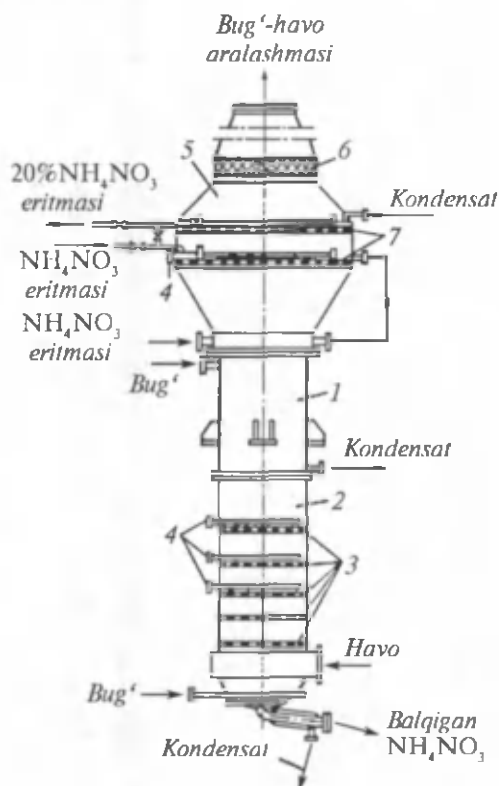
butunlay tozalanadi. Shunday qilib, hosil bo'lgan ammoniy selitra eritmasi (90—92%) ITN reaktoridan bug'latish vakuum apparatiga yuboriladi. AS-72 agregatida bug'latish uchun 08X22H6T po'latidan yasalgan kombinatsiya qilingan bug'latish apparatlari qo'llaniladi (4.4-rasm). Apparatning umumiy balandligi 16m.

Ammoniy selitra eritmasi quvurli bo'shliq orqali berilib, quvur o'rtasidagi bo'shliqqa esa 1,3—1,5MPa bosimli suv bug'i beriladi.

Suv bug'idan tashqari issiqlik manbai sifatida 180°C darajali issiq havo beriladi. Havo konsentratsion qismining pastiga kirib, yuqoridagi uchta elaksimon tarelkalar orqali o'tadi. Havoning namligi 20gr/kg oshishi mumkin emas. Ergan ammoniy selitrasi 175—185°C temperatura bilan konsentratsion qismining pastidan oqib tushadi. Bug'latish apparatining tozalovchi qismida (7) ikkita elaksimon to'rdan yasalgan tarelka joylashgan bo'lib yuqori tarelka kondensat,

bilan beriladi. Azot kislotasi esa ko'piklagich orqali (2160 teshikcha ( $d = 1,5 \text{ mm}$ ) 2—3 m/sek. tezlik bilan beriladi.

Natijada reaksiyon qismida neytrallash reaksiyasi issiqlik chiqarish bilan o'tadi. Isigan bug' va eritma aralashmasi yuqoriga maxsus qurilma yordamida ko'tariladi (5) va sochiladi, natijada ajralgan eritma (suv bug'idan) stakan darchalaridan bug'latish qismiga kiradi. Bu yerda reaksiya natijasida chiqqan issiqlik hisobiga bug'lanadi. Apparatning yuqori qismi separatorlik (6) vazifasini bajaradi. Suv bug'i yuqoriga ko'tarilib, past qalpoqlik tarelkada azot kislotasi bilan nordonlashgan ammoniy selitrasi bilan yuviladi va suv bug'i ammiakdan tozalanadi. Yuqoridagi 2 tarelkada azot kislotasi bug'lari va selitra tomchilari ushlanadi. Nihoyat suv bug'i elaksimon tomchi qaytargichga (8) kelib



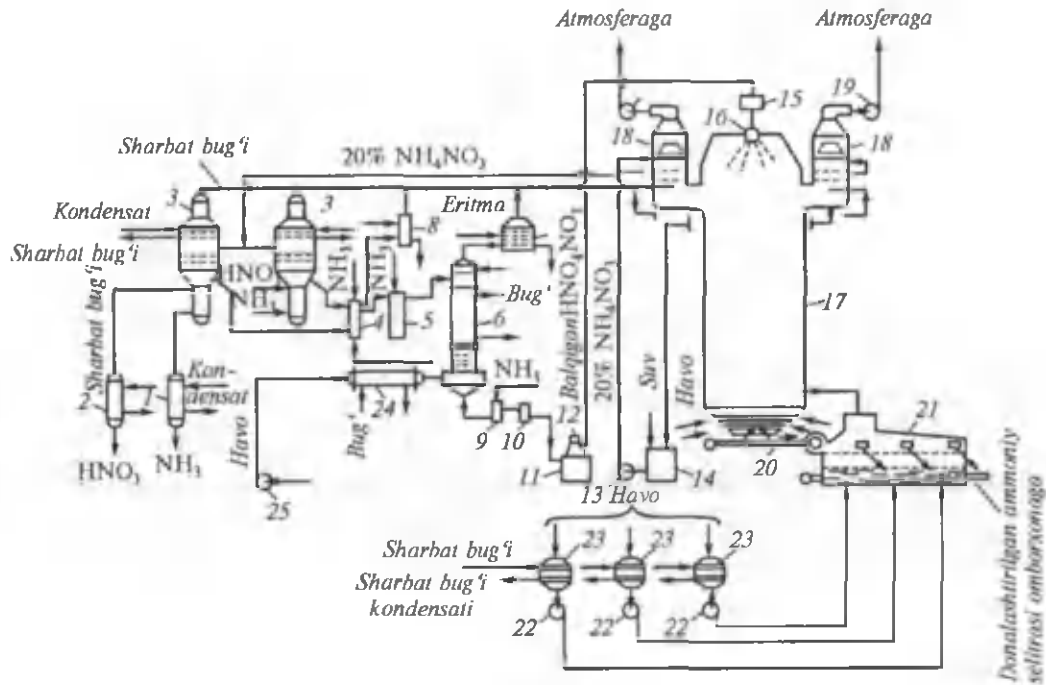
4.4-rasm. Kombinatsiyalangan bug'latish apparati:

1 — qobiq quvurli qismi; 2 — konsentrllovchi qism; 3 — turli teshik tarelkalar; 4 — issiqlik berish uchun zmayeviklar; 5 — tozalovchi qism; 7 — elaksimon tomchilarni qaytaruvchi; 8 — turli tarelkalar.

past tarelkaga ammoniy selitrasining eritmasi beriladi, natijada bu mazkur tarelkalarda havo bug' aralashmasi yordamida yuviladi va qisman eritma bug'latiladi.

AS-72 m agregati texnologik sxemasi 4.5-rasmda keltirilgan.

Texnologik sxemada ko'rsatilganidek, gaz holatdagi ammiak isitgichga (1) o'tib 120—160°Cga qadar isib, 50—60% azot kislotasi isitgichda (2) 80—90°Cgacha qizdirilib ikkita parallel ishlovchi ITNga (3) yuboriladi. Ammiakning suv bug'i bilan chiqib yo'qolmasligi uchun reaksiyani ozroq nordon muhitda olib boriladi. Eritmani temperaturasi 150—170°Cga qadar ko'tarilib konsentratsiyasi 89—92%  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ga boradi. ITN apparatidan chiqqan ammoniy selitraning nordon eritmasi neytralizatorida (4,5) ammiak bilan neytral-



4.5-rasm. Ammoniy selitra ishlab chiqarish texnologik tizimi:

1 — ammiak isitgich; 2 — nitrat kislota isitgich; 3 — ITN-reaktori; 4, 5 — doneytralizatorlar; 6 — kombinatsiyalangan bug'latish uskunasi; 7 — bug'-havo aralashmasini yuvish; 8, 18 — skrubberlar; 9 — gidravlik zatvor-neytralizatorgich oldi; 10 — eritma filtri; 11 — eritma uchun bak; 12 — nasos; 13 — markazdan qochma nasos; 14 — ammoniy nitrat eritmasi uchun bak; 15 — siquvchi bak; 16 — akustik donalashtirish (granulyator); 17 — donalashtirish minorasi; 19, 22 — ventilatorlar; 20 — tasmali transportyor; 21 — qaynovchi qatlamdagi sovitgich; 23, 24 — havo isitgichi; 25 — havo haydagich.

lanadi va bir vaqtning o'zida magnezit (MgO) azot kislotasi eritmasi yuboriladi.

0,1—0,5 gr/l ga ammiakka ega bo'lgan eritma kombinatsiya-langach bug'latish apparatiga (6) yuboriladi. Bug'latilgan ammoniy selitra eritmasi bakka (11) tushadi. So'ngra bakdan nasos (12) orqali minora (17) ustidagi siquvchi bakka (15) jo'natiladi.

Bakdan erigan ammoniy selitrasi akustik donalash tiruvchi (granulyator) qurilmaga yuboriladi. Minoraning tepasidan (balandligi 63,5 m) ammoniy selitrasi eritmasi sochilib, pastdan havo beriladi. Natijada ammoniy selitraning tomchilari qotadi va dona-dona (granul) shakliga o'tadi.

Eritma donalash qurilmasiga qotish nuqtasidan 5—7°ga balandroq keladi. Namligi 0,2% ammoniy selitrasi 167°Cda kristall holga kela boshlab 140°C larda to'liq qotadi. AS-72 qurilmasida donalash jarayoni to'g'riburchakli (8×11 metrli), balandligi 50—55 m teng bo'lgan minorada bajariladi. Bunda yuqori balandlik tomchining oz miqdorda havo bilan 90—110°C qadar sovishini ta'min qilishi uchun qabul qilingan. Hozirgi davrda minoralarining bug'latish bo'limi minoraning ustida emas, balki pastda joylashgan bo'ladi. Bu narsa minoraning konstruksiyasini soddalashtiradi va arzonlashtiradi. AS-67 qurilmasida bug'latish bo'limi minora ustida joylashgan edi. Buning uchun minora murakkab va mustahkam konstruksiyali bo'lishi kerak.

Ammoniy selitra donachalari minoraning konus qismidan tasma transportyor uch seksiyali qaynovchi qatlam sovitgichida sovitiladi (yozda 40—50°, qishda esa 20—30°C gacha) va namligi 0,1—0,15% qadar quritiladi.

Ammoniy selitra ishlab chiqarish AS-67 va AS-72 qurilmalarini maqbul rejimda ushlab turish, xomashyo, energiyani tejash, xavfsizlik texnikasini joriy qilish maqsadida maksimal avtomatlashtirilgan. Agregatlarni idora qilish yagona markaziy pult orqali olib boriladi. Markaziy pult mnemosxema, parametrlarni chaqirish knopkalari, ko'rsatuvchi asboblardan iborat bilan jihozlangan.

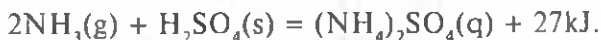
Ammoniy selitrasi oksidlovchi modda bo'lib, yonish jarayonini kuchaytirish xususiyatiga ega, uni yopiq holatda qizdirilsa portlashi mumkin. Portlovchi moddalar ishtirokida parchalanadi. Shuning uchun selitrani qizdirish yoki turli aralashmalar bilan saqlash mumkin emas. Ishlab chiqarish davrida ham temperaturani mo'tadil sharoitda ushlab turish tavsiya qilinadi. Harorat hamma jarayonlarda 190°C dan oshmasligi lozim, ya'ni hamma jarayonlarda temperaturani mo'tadil ushlab turuvchi avtomatik ravishda ishlovchi asboblardan iborat bilan jihozlash lozim.

Ammoniy selitrani omborlarda va vagonlarda jo'natish davrida yong'inlarga sabab bo'lishi mumkin. Shuning uchun ammoniy selitra saqlangan omborda begona materiallar bo'lishi qat'iy man qilinadi, vagonlar toza bo'lishi kerak. Ishchi xodimlarning turli hodisalardan saqlash uchun maxsus kiyimlar bilan ta'min qilingan bo'lish kerak.

## 4.2. AMMONIY SULFATI

Ammoniy sulfati qishloq xo'jaligida qo'llaniladigan azot o'g'itlaridan biridir. Ammoniy sulfati rangsiz kristall modda bo'lib tarkibida 21,21% azotga egadir. Suvda yaxshi eriydi, o'zining agrokimyoviy xususiyati bilan nordon o'g'itlar turkumiga kiradi. Fizik xususiyatlariga ko'ra ijobiy, namni o'ziga tortmaydi, yopishqoqlik xususiyati yo'q, ammo azotga kambag'al va nordonligi bilan yuqori o'g'itlar turkumiga kiradi. Agarda ammoniy sulfatini ko'p yillar davomida qo'llanilsa tuproqni ohak bilan neytrallash zarur bo'ladi. Ammoniy sulfatini sulfat kislotasining ammiak bilan neytrallash usulida olish mumkin. Bu maqsadda sintetik ammiakdan foydalanish iqtisodiy nuqtayi nazardan qimmatga tushgani sababli hozirgi davrda ammoniy sulfati deyarli chiqindi ammiaklardan olinadi. Masalan, eng ko'p tarqalgan usul koks gazidagi ammiakdan olish, kaprolaktam ishlab chiqarishdagi chiqindini qayta ishlash va h.k.

Sulfat kislotasini ammiak bilan neytrallash jarayonini quyidagi reaksiya bo'yicha ifodalash mumkin:

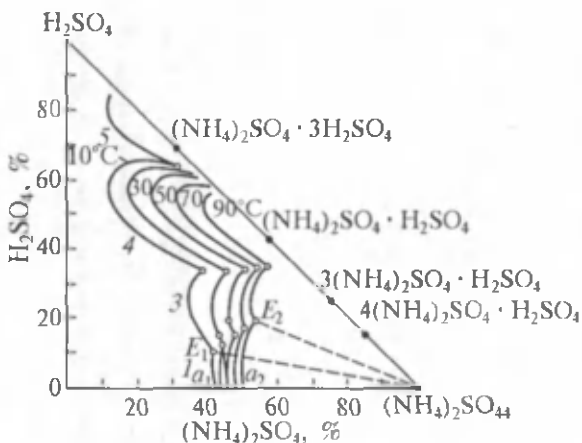


Bu rasmdan ko'rinib turganidek sulfat kislotaning miqdoriga qarab turli nordon tuzlar hosil bo'lishi mumkin. Biz sintez qilmoqchi bo'lgan ammoniy sulfatining hosil bo'lish maydoni 10°C A<sub>1</sub>, E<sub>1</sub>, C va A<sub>2</sub>, E<sub>2</sub>, C 90°Cda.

Reaksiya natijasida katta miqdorda issiqlik chiqib eritma tarkibidagi suvni bug'latib, eritmani o'ta to'yingan darajaga olib kelishi mumkin. Bunday eritmadan ammoniy sulfati kristall holatga keladi. Eritmadan kristallar tushish davrida ammoniy sulfatining nordon holatdagi birikmalar hosil bo'lishiga yo'l qo'ymaslik katta ahamiyatga ega. Nordon birikmalarning hosil bo'lishi, eritmadagi erkin holatdagi sulfat kislotasining miqdoriga bog'liq (4.6-rasm).

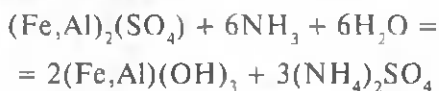
Eritmani to'yinish uchastkalari. 1-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 2-4(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 3-3(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 4-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 5-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 3H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>





4.6-rasm.  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — $\text{H}_2\text{SO}_4$ — $\text{H}_2\text{O}$  tizimida eruvchanlik izotermasi. 10, 30, 50, 70 va 90°C.

Neytralizatsiya davrida nordon mahsulotlar hosil bo‘lmasligi uchun eritmadagi sulfat kislotasi miqdori  $E$  nuqtasidan pastda bo‘lishi, masalan 10°C 11,8%, 90°Cda esa 19,77 kam bo‘lishi kerak. Ishlab chiqarishda sulfat kislotasining (erkin holatdagi) eritmadagi miqdori 4—12% atrofida ushlab turiladi. Sulfat kislotasining tarkibidagi temir va aluminiy birikmalari gidroksidlar berib ammoniy sulfatining kristallanishiga salbiy ta‘sir qilishi mumkin:

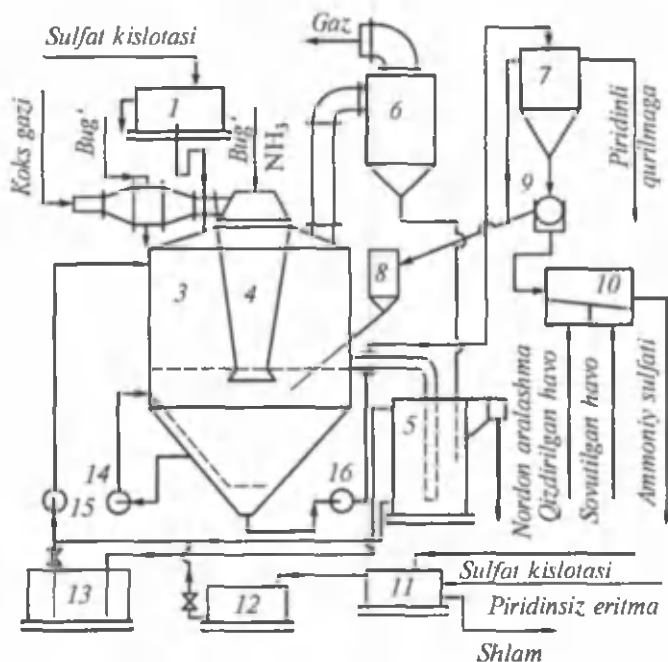


Eritmadagi erkin holatdagi sulfat kislotasi gidroksidlarni  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  hosil bo‘lishiga yo‘l qo‘ymaydi.

Ammoniy sulfatning koks gazidan ikki usul bilan bevosita va bilvosita olish mumkin:

Bevosita sxemasi bo‘yicha 6—14 gr/m<sup>3</sup> ammiakli koks gazi smoldan tozalanib, maxsus qurilma (saturator (3) ga yuboriladi 4.7-rasm).

Saturator po‘latdan yasalgan silindrik apparat, tubi konus shaklida bo‘lib kislotaga chidamli plitalar bilan qoplangan bo‘ladi. Saturatorning ichki qismi eritma bilan kristallar aralashmasi bilan to‘ldirilgan bo‘lib, to‘lgan hajmi aylanma (sirkulatsiya) bak (5) bilan boshqariladi. Koks gazi va ammiak (agarda sxema bevosita texnologiya bo‘yicha ishlasa) markaziy quvur orqali hosil bo‘lgan eritma ko‘piklagichga (4) yuboriladi. Eritmani aralastirish uchun, nasoslardan (14,15) foydalaniladi. Kristall aralashmasi sentrifugaga (9) jo‘natiladi. Sentrifugada tuzning tarkibidagi kislotani kamaytirish

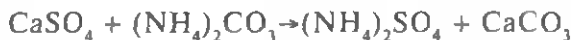


4.7-rasm. Ammoniy sulfatning saturator usuli bilan olish sxemasi:

1 — sulfat kislotasi baki; 2 — koks gazini isituvchi; 3 — saturator; 4 — ko'piklagich (barbator); 5 — sirkulatsiya baki; 6 — kislota ushlagich; 7 — kristall qabul qilgich; 8 — qaytarma eritma qabul qilgich; 9 — sentrifuga; 10 — qaynovchi qatlam quritgichi; 11 — piridindan tozalangan eritma idishi; 12 — nordonlangan eritma idishi; 13 — qaytarma eritma idishi; 14, 15 — nasoslar.

uchun issiq suv bilan yuviladi. Yuvindi suv esa sulfat kislotasini suyultirish uchun ishlatiladi. Sentrifugadan chiqqan 1—3% namlikka ega bo'lgan ammoniy sulfati maxsus quritgichda (10) quritiladi va sovitiladi. Mahsulot mayda kristall holatda chiqadi, yirik donachalar holatda olish uchun maxsus pressda presslanadi. Ammoniy sulfatni saturator sxemasi bilan olish ko'p energiya sarf qilishi uchun sanoatda saturatorsiz sxemalar ham qo'llaniladi. Bu sxemalarda saturator o'rniga skruberlar qo'llaniladi.

**Ammoniy sulfatning gipsdan olinishi.** Ammoniy sulfati tabiiy gips yoki fosfogipsni ammoniy karbonati bilan konversiya qilish usuli bilan olish mumkin.



Bu reaksiya 50—55°C temperaturada va 32—33% ammoniy karbonati eritmasida ketishi mumkin, bu reaksiyaning ketishini asosiy

sababi  $\text{CaSO}_3$  ning eruvchanligi  $\text{CaSO}_4$  ga nisbatan ozligidir. Ammoniy sulfat eritmasi 40% ga yaqin bo'lib kalsiy karbonatidan filtrlab ajratib olinadi. Eritma so'ngra bug'latiladi va kristall holatga keltiriladi. Ammoniy sulfatini gipsdan ammoniy karbonati o'rniga gazlar — ammiak va karbon angidridi yordami bilan olish ham mumkin:



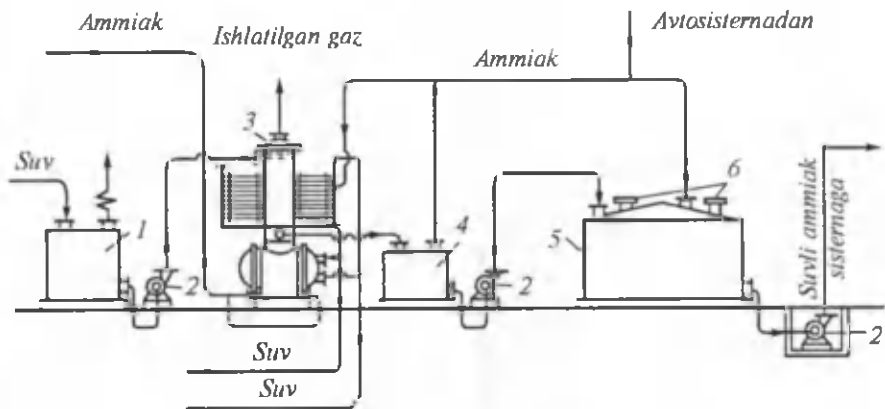
Bu gaz usuli karbonat ammoniyning sintez qilishni talab qilmay, texnologiyasi bir oz soddaga bo'ladi, ammo cho'kkan kristallar mayda bo'lgani sababli filtrlash jarayoni ancha sekin ketadi.

### 4.3. SUYUQ AZOT O'G'ITLARI

Suyuq o'g'itlar qattiq o'g'itlarga nisbatan arzon va ba'zi bir ijobiy xususiyatlarga ega bo'lgani sababli yerga berish osonligi, mexanizatsiya qilish qulayligi, tuproqda bir xil tarqalishi tufayli qishloq xo'jaligida samarali qo'llaniladi. Suyuq azot o'g'itlari sifatida suyuq ammiak, ammiakning suvdagi eritmasi, ammiaklar — azot tuzlarining suyuq ammiakdagi eritmasi ishlatiladi. Suyuq o'g'itlarni samolyot yordamida yerga sepish mumkin. Ammiakning va uning suvdagi eritmasini o'g'it sifatida qo'llash, ammiakni azot kislotasi va ammoniy selitrage qayta ishlash jarayonini bajarishga hojat bo'lmaydi. Bunda texnologik sikl ancha qisqargan bo'ladi. Suyuq azot o'g'itlaridagi azotning narxi ammoniy selitradagi azotga nisbatan 35% ga arzonlashadi. Suyuq o'g'itlarni qo'llashning ijobiy tomonlaridan tashqari salbiy tomonlari ham bor. Masalan, agarda suyuq o'g'it yuqori konsentratsiyali bo'lsa, temperatura pasayishi bilan kristall hosil bo'ladi, saqlash uchun katta rezervuarlar kerak bo'ladi, tuproqqa berish uchun maxsus qurilmalar yasash lozim. Ba'zi suyuq o'g'itlar ta'sirida metallar korroziyaga uchraydi, shuning uchun qurilmalar, saqlovchi rezervuarlar qimmatbaho metallardan yasaladi. Ammiaklar ammiak bug'iga ega bo'lgani sababli tupoqqa (12—15 sm) solishda maxsus mashinalardan foydalaniladi.

Suyuq azot o'g'itlarining ishlab chiqarishning texnologik sxemalaridan eng soddasi ammiak suvini ishlab chiqarish sxemasi hisoblanadi (4.8-rasm).

Ammiak ishlab chiqarish sexidan 0,2MPa bosim bilan qalpoqli tarelka bilan jihozlangan kolonnaga (3) yuboriladi. Kolonnaning past qismi quvurli issiqlik almashgichdan iborat. Bu yerda ammiak erishi natijasida ajralgan issiqlik suv bilan sovitiladi. Quvur oralig'idagi bo'shliqdan suv yurib, berilgan ammiak eriydi, quvur bo'shlig'iga



4.8-rasm. Ammiak suvini olish sxemasi:

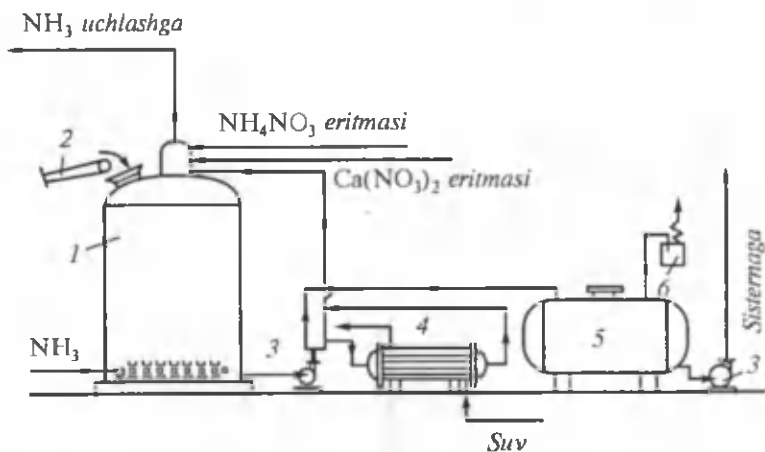
- 1 — yig'uvchi baklar; 2 — nasos; 3 — kolonna; 4 — saqlovchi rezervuar;  
5 — saqlovchi klapan.

esa sovitish uchun sovuq suv beriladi. Ammiakning erigan qismi kolonnaning yuqori qismi — qalpoqli tarelkalarga ketadi.

Ammiakat deb azot birikmalarining  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  suyuq ammiakdagi eritmasiga aytiladi. Tuzlar suyuq ammiakda eriganidan so'ng, ammiak gazining bosimi keskin kamayadi.

Ammiakatlar ishlab chiqarish uchun gaz holatdagi ammiak maxsus reaktorda ammoniy nitrat eritmasi orqali yuboriladi (4.9-rasm).

Ammoniy selitralli ammiakat olish uchun reaktor (I) suv bilan to'ldiriladi, so'ngra ammiak yuborib, ammiak bilan to'yintiriladi.



4.9-rasm. Ammiakatlar ishlab chiqarish sxemasi:

- 1 — reaktor; 2 — qattiq tuzni beruvchi transportyor; 3 — nasos; 4 — sovitgich;  
5 — yig'uvchi bak; 6 — gidrozotvor.

To'yingan eritmaga qattiq selitra yoki ITN dan kelgan selitra eritmasi beriladi. Hosil bo'lgan suyuq o'g'it sovutilib saqlovchi rezervuarga yuboriladi.

#### NAZORAT SAVOLLARI

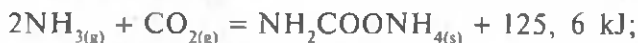
1. Azot o'g'itining turlari.
2. Ammoniy nitratning ijobiy va salbiy xususiyatlari.
3. Ammoniy nitratning yopishqoqlik xususiyatini qanday tadbirlari orqali kamaytirish mumkin?
4. Ammoniy selitrasi qanday kristallik holatida bo'ladi?
5. Ammoniy sulfatning fizik va agrokimyoviy xususiyatlari.
6. Koks gazining tarkibi.
7. Ammoniy sulfati qanday ishlab chiqarishlarda chiqindi sifatida olinadi?
8. Suyuq azot o'g'itlari ishlatishda nimalarga e'tibor berish kerak?
9. Ammiakatlar nima va qanday olinadi?

#### 4.4. KARBAMID

Karbamid yuqori konsentratsiyalik azot o'g'itlaridan biri bo'lib, tarkibi 46,6% azotga ega, o'simlik tomonidan oson o'zlashtiruvchi, suvda yaxshi eruvchan modda. Karbamid xavfsiz, gigroskopik xususiyati deyarli yo'q, tuproqdan sekin yuviluvchan, yopishqoqlik xususiyati ancha kam.

Rangsiz, hidsiz, zichligi 25°C da 1330 kg/m<sup>3</sup>, erish nuqtasi 132,7°C modda. Texnik mahsulot oq ninasimon rombik prizma shaklidagi kristall modda. Karbamid mochevina nomi bilan yuritilib amid shakldagi azot o'g'itlari guruhiga kiradi. Karbamid suvda yaxshi eriydi: 20°C 51,8%; 60°C-71,9%; ammiak bilan reaksiyaga kirishib (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CaNH<sub>3</sub> hosil qiladi. Kuchsiz asos xususiyatiga ega bo'lgani sababli, kislotalar bilan reaksiyaga kirishadi va tuzlar hosil qiladi: (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO · HNO<sub>3</sub>, (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO · H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, tuzlar bilan esa kompleks birikmalar hosil qiladi. Birinchi marta 1868-yilda A. I. Bazarov tomonidan ammiak va ko'mir kislotasidan sintez qilingan. Karbamid ammiak va CO<sub>2</sub> dan 150—220°C va 7—100 MPa bosim ostida sintez qilinadi.

Sintez davrida avvalo qaytar reaksiya natijasida oraliq mahsulot karbomat ammoniy hosil bo'ladi:



so'ngra karbomat parchalanib karbamid hosil qiladi:



Reaksiya natijasida gaz fazasida  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  suyuq fazada esa ammiak, karbomat ammoniy, karbamid, ammoniy karbomat tuzlari hosil bo'ladi. Karbamid suyuq fazada erigan karbomat ammoniydan qizdirish natijasida suv ajralgandan so'ng hosil bo'ladi.

Karbamat ammoniy 150—200°C da ammiak va karbon 4 oksidga ( $\text{CO}_2$ ) parchalanishi mumkin. Shuning uchun, parchalanish jarayonini to'xtatish uchun jarayonni bosim ostida olib boriladi.

Karbomat ammoniyning hosil bo'lish tezligi bosimning kvadrata proporsional bo'ladi. Atmosfera bosimida va past temperatura-da jarayon juda sekin ketadi, 10MPa bosimda va 150°C temperatura-da reaksiya shiddat bilan tez ketadi. Bosimning oshishi bilan karbomatning karbamidga konversiyasi ham tezlashadi.

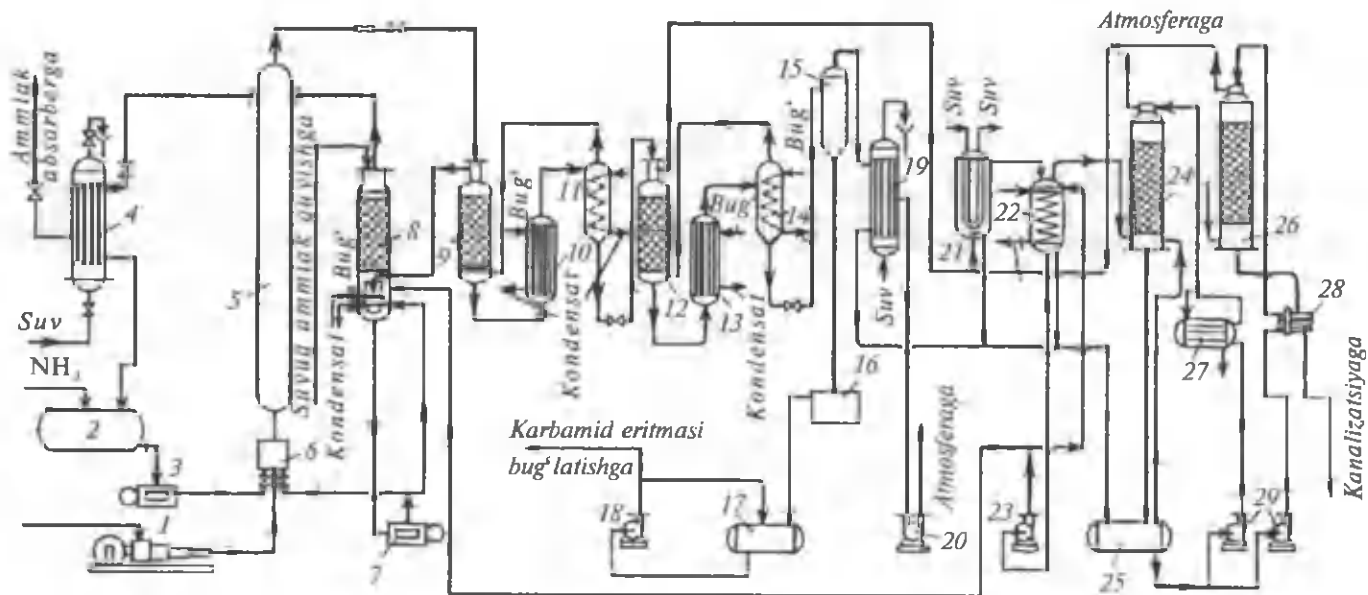
Karbamidning chiqishiga aralashmadagi ammiakning miqdori ta'sir qiladi. Shu sababli ammiak stexiometrik miqdorga nisbatdan  $\text{NH}_3 : \text{CO}_2 = 2$  ko'proq olish maqsadga muvofiq bo'ladi, chunki ammiakning ortiqcha miqdori reaksiyaning (muvozanatning) karbamid hosil bo'lish tomoniga yo'naltiradi. Ammo berilgan ortiqcha ammiak ishlab chiqarishga qaytarilishi kerak, birorta mahsulotga qayta ishlanishi kerak.

**Karbamid ishlab chiqarish usullari.** Karbamidning sintez qilish jarayonida eritma hosil bo'lib, tarkibida suv, karbamid, karbomat, karbonat ammoniy va ammiak bo'ladi. Bu eritma termik parchalanish natijasida distillatsiya qilinib karbamid eritmasi olinadi.

Karbamid ishlab chiqarish usullari chiqindilarni ushlab olish va ularni qayta ishlash usullariga bog'liq bo'ladi. Kichik karbamid ishlab chiqarish korxonalari ammiakni ammoniy selitrasiga qayta ishlashga moslashtirilgan. Bu usul bo'yicha ajralgan gaz aralashmasi ishlab chiqarishga qaytarilmay azot kislotasi bilan ammoniy selitrase ishlab chiqariladi. Hozirgi zamon karbamid ishlab chiqarish korxonalari esa yopiq sikl usuli bo'yicha ajralgan gazlar qayta karbamid ishlab chiqarishga qaytariladi.

Gaz chiqindilarini karbamid ishlab chiqarishga qaytarish usuli o'z navbatida ikki xil bo'lishi mumkin. 1) Gaz holatda ishlab chiqarishga qaytarish, ya'ni distillatsiya qilish; 2) qisman yoki to'liq suyuq holatda, ammiak va karbomat ammoniy birikmalarini eritma holatda qaytarish.

Sxema 1-usul bo'yicha ishlasa gaz holatdagi  $\text{NH}_3$  va  $\text{CO}_2$  yuqori temperaturada boshlang'ich bosimgacha siqilishi kerak. Bundan tashqari gazlar ( $\text{NH}_3\text{CO}_2$ ) bir-birlaridan ajratilishi kerak. Masalan  $\text{CO}_2$  monoetanolin bilan yutilib qolgan  $\text{NH}_3$  suyultirilib yana siklga qo'shib yuborish mumkin.

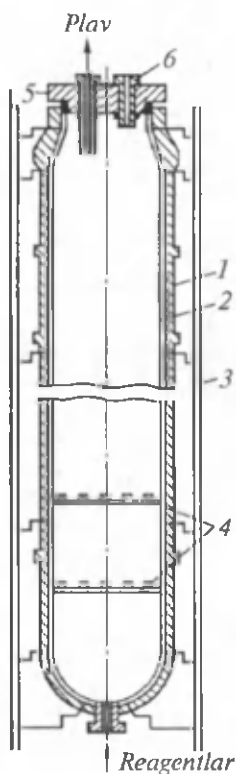


4.10-rasm. Karbamid ishlab chiqarishning texnologik tizimi.

Hozirgi zamon korxonalarida chiqindilarni suyuq holatda qaytarish usuli ko'proq tarqalgan. Bu usul bo'yicha gazlar suv bilan eritilib, hosil bo'lgan to'yingan ammoniy karbomat tuzlarini eritmasi karbamid sintez qilishga yuboriladi.

Bunday sxemalarning biri 4.10-rasmda ko'rsatilgan. Bu sxema bo'yicha gaz holatdagi  $\text{CO}_2$  quritilib,  $\text{H}_2\text{S}$  dan tozalanib kompresorda 20MPa gacha bosimda 95–100°C da aralashtirgich (6) ga yuboriladi. Aralashtirgichga ikkinchi tomonidan nasos (3) orqali suyuq ammiak (90°C) va nasos (7) orqali karbomat ammoniy tuzlari eritmasi (95°C) yuboriladi.

Komponentlar aralashishi natijasida 175°C temperaturada karbomat ammoniy hosil bo'la boshlaydi. So'ngra reaksiyon aralashma ( $\text{NH}_3:\text{CO}_2:\text{H}_2\text{O} = 3,8-4,5:1:(0,5-0,8)$ ) sintez kolonnasiga (5) jo'natiladi. Sintez kolonnasida 185°C temperatura va 20MPa bosimda karbomat ammoniyning hosil bo'lishi va uning parchalanishi oxiriga



4.11-rasm. Sintez kolonnasi.

yetadi (4.11-rasm). Sintez kolonnasi bo'sh silindrik shakldagi apparatdan iborat bo'lib xromnikel po'latdan yasalgan. Reaksiyon massa pastki shtutser orqali yuborilib, asta-sekin yuqoriga ko'tarila boshlaydi. Aralashma yaxshi aralashishi uchun kolonnaning ichida to'rtli to'siq joylashgan bo'ladi. Kolonnaning quvvati 1250 t/sutkasiga (450ming t/yil) diametri 2–2,5m, balandligi 30–35m, hajmi – 160 m<sup>3</sup>. Kolonnada hosil bo'lgan eritma, 30–31% karbamid, 21–22% karbomat ammoniy, 33–34% ammiak va 16–17% suvdan tashkil topgan bo'lib, ikki bosqichli distillatsiyaga yuboriladi. Distillatsiya agregati rektifikatsiya kolonnasi, separator va isitgichdan iborat bo'ladi.

Ikki bosqichli distillatsiya yordami bilan gaz fazasi suyuq fazadan ajraladi. Rektifikatsion kolonnadan (9) chiqayotgan gaz fazasi (75–76%  $\text{NH}_3$ ; 21–22%  $\text{CO}_2$ ; 3% suv) yuvish kolonnasini (8) past qismiga yuboriladi. Bir vaqtda ikkinchi bosqich distillatsiyadan chiqayotgan karbomat ammoniy tuzlari eritmasi keladi. Bu yerda  $\text{CO}_2$  ning asosiy qismi yuboriladi, suv bug'i kondensatsiyaga uchraydi va hosil bo'lgan eritma (38–45%  $\text{NH}_3$ ; 30–37%  $\text{CO}_2$ ; 22–27%  $\text{H}_2\text{O}$ ) aralashtirgich (6) qaytarilib sikl yopiladi.



Suyuq faza 11-bosqich distillatsiyaga yuboriladi (55—61% karbamid, 4—5% karbomat ammoniy, 6—7%  $\text{NH}_3$  va 28—35% suv bo'ladi) ammiakning bug'lanishi va karbamat ammoniyning parchalanish hisobiga  $110^\circ\text{C}$  qadar soviydi, shuning uchun isitgichda (13) yana  $140\text{—}142^\circ\text{C}$  isitiladi, natijada karbomat ammoniy parchalanishi,  $\text{NH}_3$  va  $\text{CO}_2$  ning haydalishi tamom bo'ladi. 70—72% karbamidga ega bo'lgan eritma separatordan (14) chiqib  $90^\circ\text{C}$  gacha sovitiladi tayyor mahsulotga ishlashga yuboriladi.

Buning uchun karbamid eritmasi ikki bosqichli bug'latish apparatida quyuqlashtiriladi:

1-bosqichda  $118\text{—}125^\circ\text{C}$  da 92—95% gacha, 2-bosqichda  $135\text{—}140^\circ\text{C}$  da 99,5—99,8% gacha quyuqlashtiriladi. Quyuqlashtirilgan karbamid eritmasi donalash minorasiga yuboriladi. Minorada havo yordami bilan karbamid tomchisi sovitiladi va qotadi, sovitish jaryonining davomi ( $40\text{—}50^\circ\text{C}$  gacha) minoraning ichiga joylashgan qaynovchi qatlam apparatida joriy qilinadi.

## 5-BOB

### KALIY O'G'ITLARI: SILVINITNI QAYTA ISHLASH NAZARIY ASOSLARI VA TEXNOLOGIYASI, KALIY SULFATI

**Kaliy o'g'itlari.** Kaliy elementi o'simlik uchun ozuqa moddasi bo'lgan elementlarning biridir. Kaliy birikmalari asosan tabiatda turli minerallar ko'rinishida uchraydi. Tabiatdagi kaliy qazilmalarining 95% kaliy o'g'iti sifatida, qolgan 5% esa kaliy birikmalari KOH, KClO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub>, KCN va boshqalar sintez qilish uchun ishlatiladi. Kaliy o'g'iti sifatida asosan kaliy xloridi va sulfati qo'llaniladi. Kaliy xloridi kub shaklidagi rangsiz kristall modda bo'lib erish nuqtasi 776°C, zichligi 1990kg/m<sup>3</sup>. Suvda eruvchan modda, 20°C da 25, 6, 100°C da 35,9% eriydi. KCl birikmasida kaliyning miqdori 52,4%, K<sub>2</sub>O ga hisoblaganda K<sub>2</sub>O — 63,1 %.

Kaliy sulfati rombik (α) (584°C darajagacha), geksaganol (b) (584°C dan yuqori) shaklda uchraydi, erish nuqtasi 1069°C ga ega bo'lgan rangsiz kristallik modda bo'lib yaxshi eruvchan: 20°C da 10,0%, 100°C da — 19,49% eriydi. Kaliy xloridi asosan kaliy xlorid (silvin) va natriy xloriddan (galit) tashkil topgan silvinit mineralidan olinadi. Bundan tashqari karnalit KCl · MgCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O dan ham olinadi. Kaliy sulfati esa K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · MgSO<sub>4</sub> lagbeynitdan, KCl · MgSO<sub>4</sub> · 3H<sub>2</sub>O — kainitdan, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · MgSO<sub>4</sub> · 6H<sub>2</sub>O sheinitdan olinadi. Kaliy sulfatini yomon eruvchan yoki erimaydigan mineralardan ham olish mumkin. Masalan: K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · MgSO<sub>4</sub> · 2CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O, leysit K<sub>2</sub>O · Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 4SiO<sub>2</sub>, alunit K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> · 4Al(OH)<sub>3</sub> va boshqalar. Bu minerallar bevosita kaliy tuzini olish uchun ishlatilmasa ham, ularning qayta ishlash davrida K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yoki K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> qo'shimcha mahsulot sifatida olinadi. Kaliy tuzlari konlari asosan Shimoliy Uralda, mustaqil hamdo'stlik mamlakatlaridan Belorussiyada, G'arbiy Ukrainada, O'rta Osiyoda (Gaurdak, Tyubegatan) joylashganidir. Xorijiy mamlakatlarda kaliy asosan Germaniya, AQSH, Isroil, Ispaniya, Fransiyada uchraydi.

Yer kurrasidan tashqari kaliy tuzlari dengiz suvlarida ham uchraydi. Dengiz suvlarida kaliyning miqdori 0,05% qadar bo'ladi. Bulardan tashqari kaliy birikmalari sanoat chiqindilarida ham uchra-

shiga mumkin. Masalan, sement changlarida kaliyning miqdori 10—15% ga qadar bo'lishi mumkin.

Shunday qilib kaliy o'g'itlarida KCl 17% dan 40% gacha,  $K_2O$  ning miqdori esa 10—12% ga qadar bo'lishi mumkin.

Silvinit va karnalit rudalarining KCl ga qayta ishlash ikki usul bilan olib borilishi mumkin.

Birinchi usul — mexanik usul bo'lib, asosan flotatsiya jarayoniga asoslangan.

Ikkinchi usul kaliy minerallarining tarkibiga kirgan tuzlarning eruvchanlik temperatura koeffitsiyenti turlicha qiymatga ega bo'lganiga asoslangan bo'lib, bu usulni texnikada Gallurgiya usuli deb ataladi.

Silvinitning flotatsiya usuli bilan qayta ishlash uchun avvalo silvinit zarrachalari 1—3 mm bo'lguncha maydalanadi. Avvalo o'rta darajaga, ya'ni zarrachalar 15 mm qadar juvali yoki to'qmoqli maydalovchi mashinalarda maydalanadi, so'ngra zo'ldir tegirmonlarda maydalanadi.

Loy-karbonat aralashmalaridan tozalash uchun asosiy flotatsiyadan ilgari aralashmalarining turlicha suvda cho'kishiga asoslangan gidravlik usul, gravitatsiya usuli qo'llanishi mumkin.

Shunday qilib, tozalangan ruda flotatsiya jarayoniga yuboriladi. Flotatsion mashinaga turli birikmalar solinadi, ularni flotoagentlar deb ataladi. Birinchi navbatda yig'uvchi agent sifatida, silvinning sirtini gidrofobizatsiya qilish va havo pufakchalariga yopishishi uchun kollektorlar sifatida kationfaol yuqori molekulyar organik moddalar —asetatlar yoki birlamchi alifatik aminlarning xloridlari, parafin, naften uglevodorodlari qo'llaniladi.

Modifikatorlar flotatsiyasiga kerak bo'lmagan zarrachalarning kollektorlar tomonidan sorbsiya qilishini kamaytiradi va loy zarrachalarini kaogulatsiya bo'lish jarayonini tezlashtiradi. Flokulyantlar sifatida noorganik (kremniy kislotaning kolloid eritmasi, ishqoriy metallarning metafosfat tuzlari), organik moddalar (poliakrilamid, karboksilmetilselluloza, mochevino-formaldegid smolasi va boshqalar) qo'llaniladi.

Muhitning PH ni qulay darajada ushlab turish uchun ishqor yoki kislotalar qo'llaniladi. Silvinitning flotatsiya qilish davrida ko'pik hosil qiluvchi modda berilsa yoki qo'shmasa ham bo'ladi, chunki NaCl va KCl bilan to'yingan eritma suvining barbotaj usuli bilan berganda o'z-o'zidan ko'pira boshlaydi.

Flotatsion usul odatda yuqori sifatli silvinit rudalari uchun qo'llaniladi. Tarkibida loy zarrachalari ko'p bo'lgan past sifatli rudalar uchun gallurgiya usuli qo'llaniladi.

## 5.1. GALLURGIYA USULI

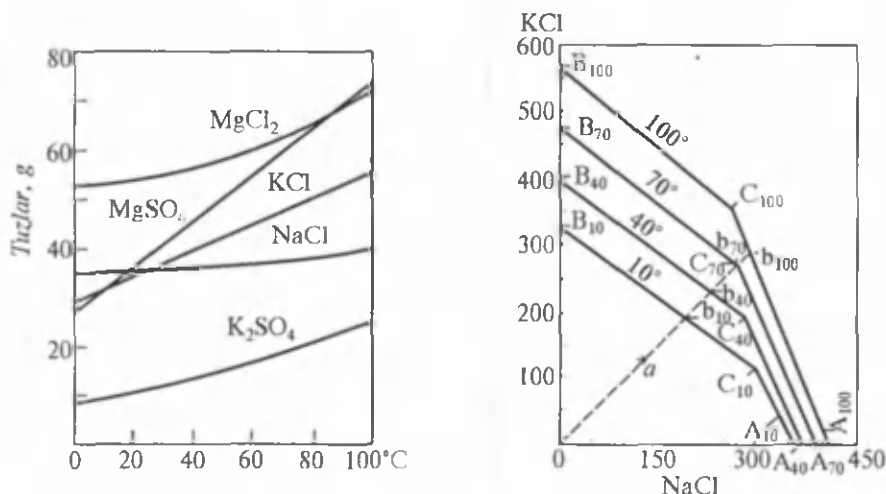
Gallurgiya usulining nazariy asoslarini kaliy xloridning silvinitdan olish misolida ko'rish mumkin. Silvinit KCl va NaCl tuzlaridan tashkil topgan bo'lib, ularni bir-biridan ajaratish jarayoni, eruvchanligi turlicha bo'lganiga asoslangandir. 94-rasmda xlorid va sulfat tuzlarining 0° dan 100°C gacha eruvchanligi ko'rsatilgan.

Bu diagrammada ko'rsatilganidek  $MgCl_2$ , KCl va NaCl ning past temperaturada eruvchanligi bir xil desak bo'ladi. Ammo temperaturaning oshishi bilan KCl ning eruvchanligi keskin oshadi, NaCl ning esa deyarli o'zgarmaydi. Demak tuzlarning temperatura eruvchanlik koeffitsiyenti turlicha bo'lar ekan. Mazkur diagrammada tuzlarning sof holatda bo'lgan holatlaridagi eruvchanligidir, agarda bir vaqtda eritmada turli tuzlar ishtirok etsa, eruvchanlik albatta boshqa qiymatga ega bo'ladi.

5.1-rasmda KCl-NaCl- $H_2O$  tizimda 10, 40, 70 va 100° eruvchanlik izotermsi bayon qilingan. Bu diagramma bo'yicha KCl va NaCl sharoitga qarab bug'latish davrida kristallga tushish yoki erib ketish hollarini aniqlash mumkin.

Agarda to'yinmagan eritmani to'yinguncha bug'latilsa bug'latishi nuri, koordinat boshi bilan «a» nuqtasini birlashtirish chizig'i bo'ylab ketadi.

Diagrammaning BC chizig'i eritmaning KCl bilan to'yingan holatini, AC chizig'i esa NaCl bilan to'yinganini ko'rsatadi. C nuqtasi esa evtonik nuqta bo'lib, eritma KCl va NaCl bilan to'yingan holatdir. Agarda boshlang'ich eritmamizning tarkibi «a» nuqta bilan belgilansa, u vaqtda eritmani bug'latish natijasida 10°, 40°C



5.1-rasm. KCl erish va kristallanish sxemalari.

darajada cho'kmaga KCl tushishi, 70° KCl va NaCl 120°C esa NaCl larni cho'ktirish mumkin, ya'ni 100°C darajadagi evtonik aralashmani sovitilsa cho'kmaga KCl tushadi. Shunday qilib diagrammani tahlil qilib boshlang'ich eritmaning tarkibiga qarab temperaturani o'zgartirib eritmadan KCl va NaCl cho'kmaga cho'ktirish mumkin.

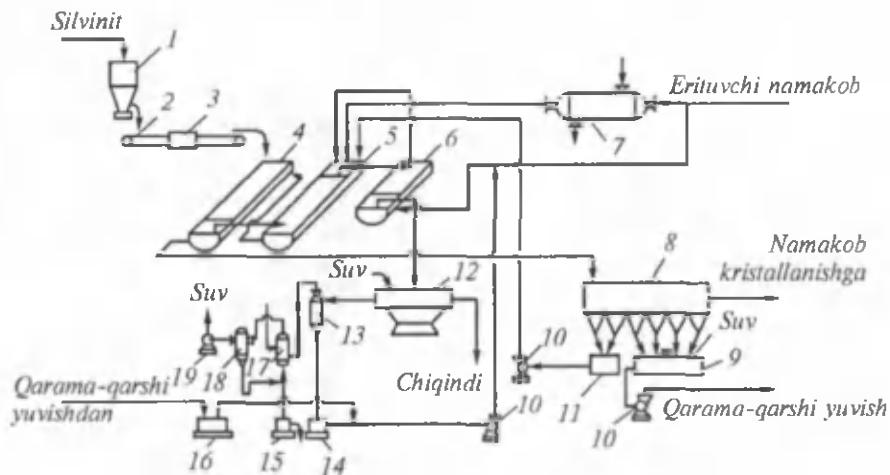
Kaliy xloridning eritib va kristallab olish usuli KCl-NaCl-H<sub>2</sub>O tizimining xususiyatlariga asoslangan.

Silvinitni qayta ishlash sxemasi ikki turli bo'lishi mumkin. 1-silvinitni to'liq eritish usuli. Bu sxema bo'yicha silvinit suvda to'liq eritilib, erimagan zarrachalardan tozalanib (cho'ktirish yo'li bilan) so'ngra eritma bug'latiladi. Bu sxema bo'yicha KCl va NaCl ni toza olish mumkin. Lekin energiya ko'p sarf bo'ladi. Ikkinchi usul bo'yicha silvinit suvda emas, balki osh tuzi bilan to'yingan namakopda eritiladi. Bu holda silvinitdan asosan KCl erib chiqib qattiq fazada esa osh tuzi erimay qoladi.

## 5.2. SILVINITNI QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIK SXEMASI

Texnologik sxemasini 5.2-rasmdan ko'rish mumkin.

Tabiatda olingan silvinit quyidagi tarkibga ega bo'lib, KCl 24–33%; NaCl 61–71%; MgCl<sub>2</sub> 0,2–0,3%; CaSO<sub>4</sub> 1,3–1,7%; erimagan qoldiq 1,4–3,2% avvalo zarrachalari 5 mm qadar maydalanadi.



5.2-rasm. Silvinitdan kaliy xlorid olishning texnologik sxemasi:

1 – bunker; 2 – transportyor; 3 – avtomatik tarozi; 4 – I shnekli erituvchi; 5 – II shnekli erituvchi; 6 – shnekli aralashtiruvchi; 7 – quvurchali isituvchi; 8 – cho'ktiruvchi-quyuqlashtiruvchi; 9 – loyqa aralashmani aralashtiruvchi; 10 – nasos; 11 – tuz aralashmasini saqlovchi bak; 12 – filtr; 13 – vakuum-kondensator; 15 – barometrik bak; 17 – barometrik kondensator; 18 – tomchi ushlagich; 19 – vakuum nasos.

Maydalangan silvinit shnek orqali tarozida (3) tortilib, birinchi erituvchi shnekka (4) beriladi. Birinchi erituvchi shnekdan (uzunligi  $8\text{ m}$   $d = 2,76$ ), ikkinchi erituvchi shnekka yuboriladi. Namakop quyidagi tartibga ega bo'lgan  $110\text{--}130\text{ gr/l}$   $\text{KCl}$  va  $240\text{ gr/l}$   $\text{NaCl}$  maxsus isitgichda  $110\text{--}115^\circ$  gacha isitilib, ikkinchi erituvchi shnekning oxiriga beriladi, natijada silvinit namakopda erib, tarkibi quyidagicha bo'ladi:  $245\text{--}265\text{ gr/l}$   $\text{KCl}$  va  $215\text{--}270\text{ gr.}$   $\text{NaCl}$  bilan yuvilib filtrlanadi (12), so'ngra tashlanadi. Eritma erituvchi shnekdan cho'ktiruvchi-quyuqlashtiruvchi bakka (8) yuboriladi. Bu 6-konuslik cho'ktiruvchi bakda mayda loy zarrachalari cho'kadi, jarayonni tezlatish uchun kaogulyantlar (masalan: poliakrilamid) qo'shiladi. Cho'ktirgichda tiniqlashtirilgan eritma 14-bosqichli vakuum kristallagichga yuboriladi. Bu kristallagichlarda eritma vakuum ostida qaynab, temperaturasi pasayadi, natijada  $\text{KCl}$  kristallari cho'kmaga tushadi. Shunday qilib, ketma-ket 14 bosqichni o'tib eritmadan  $\text{KCl}$  ning asosiy qismi cho'kmaga tushadi va cho'kma ajratilib, sentrifuga-ga yuboriladi. Sentrifugadan quritish barabanida quritilib, tayyor mahsulot sifatida omborga jo'natiladi.

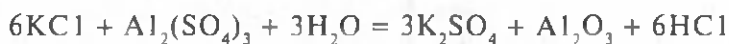
Kaliy xloridning ajratib olinganidan so'ng qolgan eritma (namakop) quvurchali isitgichda (7) isitilib, yana silvinitning yangi qismini eritish uchun erituvchi shnekka yuboriladi.

### 5.3. KALIY SULFATI

Ma'lumki, kaliy birikmalaridagi xlor ioni qishloq xo'jaligi mahsulotlarining sifatiga salbiy ta'sir qiladi. Shuning uchun xlorsiz kaliy o'g'itlarini qo'llash maqsadga muvofiq. Xlorsiz o'g'itlardan biri kaliy sulfati hisoblanadi. Afsuski, tabiatda kaliy sulfati kam uchraydi, shu sababli kaliy sulfatni kaliy xloriddan konversiya qilib olish maqsadga muvofiqdir. Bu usullardan biri gidrotermik usul bo'lib, bu sulfat tuzlarini kaliy xlorid bilan yuqori temperaturada ( $800^\circ$ ) konversiya qilish jarayoniga asoslangan.



Xuddi shunday jarayonni gips bilan ham olib borish mumkin. Gidrotermik usul bilan alunitni ham qayta ishlash mumkin.



Gidrotermik usul energiya ko'p talab qiladigan jarayon bo'lganligi sababli, ancha qimmatga tushadi. Shu tufayli konversion usul

ahamiyatidir. Konversion usul kaliy xloridning turli sulfat birikmalari bilan almashinish reaksiyasiga asoslangan:



Kaliy sulfatini ion almashinish usuli bilan ham olish mumkin. Buning uchun magniy sulfatning issiq eritmasi K-kationit orqali yuboriladi.



Eritma 10–15 °C qadar sovitilsa, kaliy sulfati kristallanadi va cho‘kmaga tushadi, kationitni regeneratsiya qilish uchun kaliy xlorid bilan ishlanadi.



Bu jarayon, ya’ni sorbsiya va regeneratsiya ma’lum katta hajmli kolonnalarda ketadi.

#### NAZORAT SAVOLLARI

1. Gallurgiya usuli nimaga asoslangan?
2. Kaliy minerallari nima?
3. Xlorli kaliy o‘g‘itlarining qishloq xo‘jaligidagi ahamiyati.
4. Qanday usullar bilan xlorsiz kaliy o‘g‘itlarini olish mumkin?
5. Magniy tuzlaridan nima maqsadda foydalaniladi?
6. Kaliy birikmalari — rudalari qayerda uchraydi?
7. Kaliy minerallarining asosiy vakillari?
8. Gallurgiya usullari qanday qonuniyatlarga asoslangan?
9. Silvinitdan KCl ni ajratib olish usullari?
10. Kaliy sulfatni olish usullari.

## 6-BOB

### MURAKKAB O'G'ITLAR

Murakkab o'g'itlar deb tarkibida ikki va undan ortiq ozuqa elementlari bo'lgan, kimyoviy sintez natijasida olingan, ma'lum kimyoviy tarkibga ega bo'lgan ko'p komponentli o'g'itga aytiladi. Bu o'g'it zarrachalarining tarkibi deyarli bir xil bo'ladi. Masalan, ammosfos, nitrofos, kaliy nitrati va boshqlar. Murakkab o'g'itlarning afzalligi, ularning bir vaqtda bir qancha o'simlik uchun kerak bo'lgan ozuqa moddalarga ega bo'lishi, ishlab chiqarish texnologiyasining qisqaligi, yerga berish uchun sarflangan ish kuchining tejamliligi va boshqalar kiradi. Shuning uchun hozirgi davrda qishloq xo'jaligida murakkab o'g'itlarni ko'proq qo'llash va ishlab chiqarishda ularning xilini ko'paytirish dolzarb muammolardan biridir.

Murakkab o'g'itlarning ta'siri qoniqarli bo'lishi uchun elementlarning nisbati agrokimyoviy talablarga javob berishi kerak. Masalan, ko'pchilik o'simliklar uchun elementlarning nisbati  $N:P_2O_5:K_2O = 1:1:0,5; 1:1,5:1$  bo'lishi kerak.

Paxtachilikda eng ko'p qo'llanilayotgan murakkab o'g'itlardan biri ammosfos hisoblanadi.

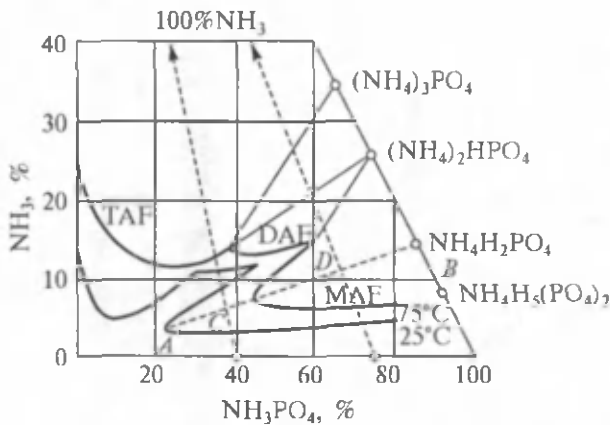
#### 6.1. AMMONIY FOSFATLAR

Ammosfos deb ekstratsion fosfor kislotani ammiak bilan neytrallash natijasida olingan mahsulotga aytiladi. Ortofosfoat kislotasi ammiak bilan birlashib, uch turli  $NH_4H_2PO_4$  — monoammoniy fosfat,  $(NH_4)_2HPO_4$  — ikki ammoniy fosfat va  $(NH_4)_3PO_4$  — uch ammoniy fosfat birikmalarini berishi mumkin. Bu birikmalar ichida monoammoniy fosfat asosiy birikma bo'lib  $100-110^{\circ}C$  gacha deyarli parchalanmaydi. Ikki ammoniy fosfat esa  $70^{\circ}C$ da ammiakni yo'qotib parchalanadi va monoammoniy fosfatga o'ta boshlaydi.



Uch ammoniy fosfat esa havoda oddiy sharoitda ( $30-40^{\circ}C$ ) parchalanib ketadi. Shuning uchun bunday mahsulot sanoatda ishlab chiqarilmaydi.





6.1-rasm.  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{PO}_4\text{-H}_2\text{O}$  tizimida izotermik eruvchanlik  $25^\circ\text{C}$ ,  $75^\circ\text{C}$ .

Ammofos kristallik modda, monoammoniy fosfatning erish nuqtasi  $190,5$ , yaxshi eruvchan, masalan  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  ning  $20^\circ\text{C}$  eruvchanlik  $27,2\%$  ( $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  niki esa  $40,8\%$ , namni deyarli tortmaydi.  $\text{NH}_3\text{-H}_3\text{PO}_4\text{-H}_2\text{O}$  tizimidagi eruvchanlik izotermasi  $25^\circ\text{C}$  va  $75^\circ\text{C}$  6.1-rasmda ko'rsatilganidek monoammoniy fosfatning konsentratsiyasini oshishi ( $25^\circ\text{C}$ ) bilan ikki ammoniy fosfatning eruvchanligi o'zgar-maydi. Ikki ammoniy fosfat konsentratsiyasi oshishi bilan mono-ammoniy fosfatning eruvchanligi oshadi: mol nisbati  $\text{NH}_3; \text{H}_3\text{PO}_4$   $1,5$  bo'lganda eruvchanlik maksimal (qo'shimcha) qiymatga ega bo'ladi.

Toza ammoniy fosfat tarkibida  $12,2\%$  azot va  $61,7\%$   $\text{P}_2\text{O}_5$ ; ikki ammoniy fosfatda esa  $21,2\%$  azot va  $53,8\%$   $\text{P}_2\text{O}_5$  bo'ladi.

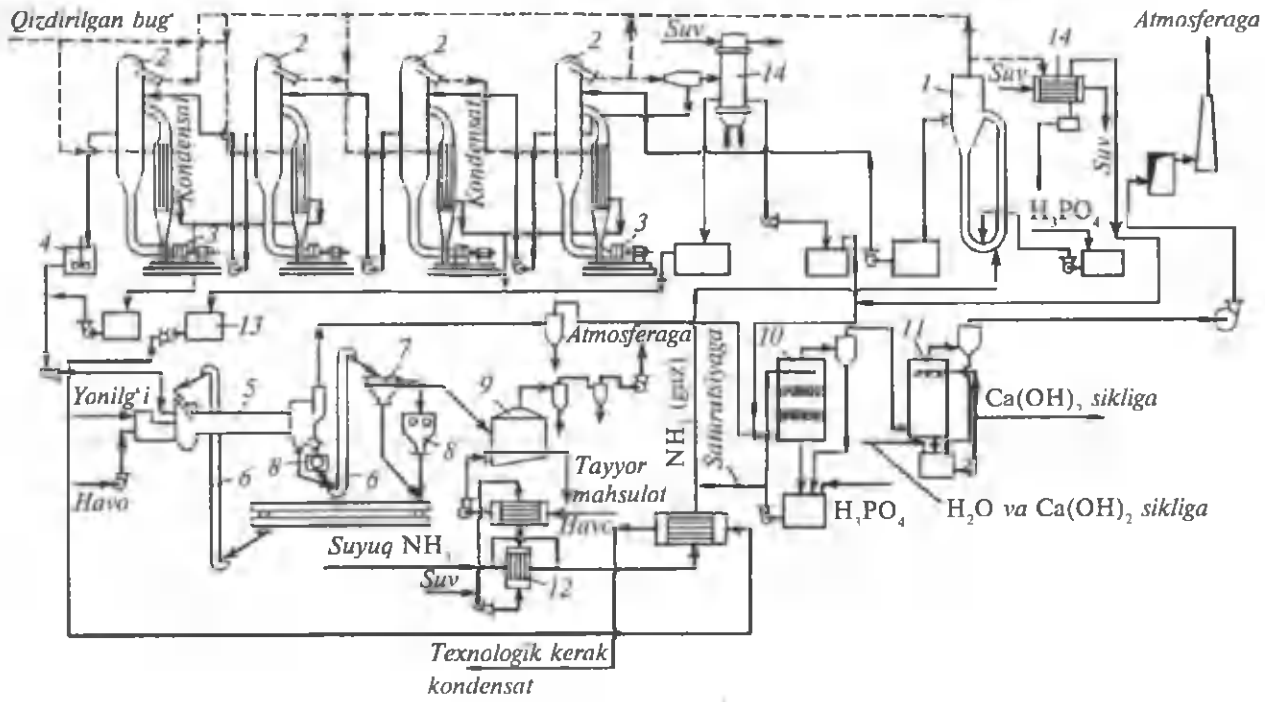
Ammofos nomi bilan atalgan o'g'it asosan monoammoniyfosfatdan iborat bo'lib,  $10\%$  ga yaqini ikki ammoniyfosfat bo'ladi;  $\text{P}_2\text{O}_5$  ning miqdori  $42\text{--}44\%$  azotning miqdori esa  $10\text{--}12\%$  tashkil qiladi.

Fosfor kislotasining ammiak bilan neytrallash reaksiyasi katta issiqlik ajralishi bilan ketadi:



Reaksiya natijasida ajralgan issiqlikdan eritmaning neytrallashda (CAI) bug'latish uchun foydalaniladi.

EFKning tarkibida turli aralashmalar bo'lgani sababli ammiak bilan  $\text{pH} = 3$  qadar neytrallanganda bir qator temirning ortofosfat tuzlari, aluminining fosfatli  $\text{RPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  tipidagi tuzlari, temir-aluminiy, ammoniy birikmalari  $\text{NH}_4(\text{Fe,Al}) \cdot (\text{HPO}_4)_2 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -ikki kalsiy fosfat, ftorbirikmalari hosil bo'lishi mum-



6.2-rasm. Ammofos ishlab chiqarishning texnologik tizimi.

kin. Ammofos eritmasining tarkibi neytrallash davrida pH ning qiymati o'zgarishi bilan o'zgarishi mumkin.

Sanoatda ammofosni uch turli sxema bo'yicha olinadi. I. Bug'latilmagan suyuq EFKning neytrallab hosil bo'lgan eritmani changlatilgan, baraban yoki qaynovchi qatlam quritgichlarda olish sxemasi. II. Bug'latilmagan suyuq Ekstratsion fosfor kislotasi (EFK) neytrallab ammofos suspenziyasini qurituvchi, donalastiruvchi barabanda bug'latishga va donalastirishga asoslangan sxema. III. Konsentrlangan fosfor kislotasini (48—54%  $P_2O_5$ ) ammiak bilan neytrallash sxemasi.

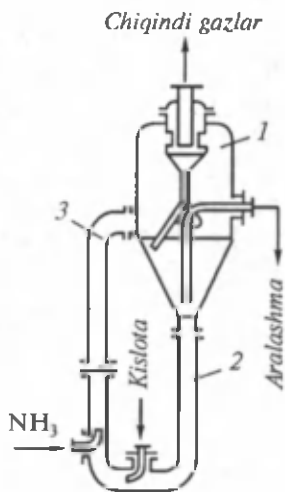
Bularning ichidan II sxema ancha qulay bo'lgani sababli hozirgi davrda hamma ammofos zavodlarida ammofos eritmasini barabandonadorlashtirgichda (BGS) qayta ishlanadi (6.2-rasm).

EFK avvalo ftor birikmalaridan tozalash uchun natriy yoki kaliy sulfati bilan ishlanadi. Natijada ftor, ftorsilikatlar holda cho'kadi, bu jarayonda kalsiy va boshqa aralashmalar ham qisman cho'kishi mumkin. Cho'kmadan tozalangan EFK neytralizatsiya jarayoniga ( $pH = 5-5,5$  bo'lguncha) Tezkor ammoniyator bug'latgich (TAB) apparatiga yuboriladi (6.3-rasm). TAB — tez bug'latuvchi neytralizator bo'lib, vertikal joylashgan quvurdan iborat ( $H = 6m, d = 0,6m$ ). Apparatning past qismida joylashgan Venturi qurilmasi orqali ammiak va fosfor kislotasi beriladi. Reaksiya natijasida chiqqan issiqlik hisobiga eritma qaynab yuqoriga harakatlanadi va 1—2 minutda apparatning yuqori qismi separatorga (1) yetib boradi. Separatorda pulpaning bir qismi bug'latish qurilmasiga (2), bir qismi esa sirkulatsion quvur orqali (2) reaksiyon qismga yuboriladi.

TAB qurilmasidan chiqqan ammofos suspenziyasi tarkibida 55—56% suvi bo'lib ko'p korpuslik bug'latish apparatiga yuboriladi. Bu apparatda 18—25%ga qadar quyultiriladi. 1-korpus vakuum, 2-korpus atmosfera bosimida, 3-korpus esa bosim ostida ishlaydi.

Bug'latilgan, ya'ni quyuqlashtirilgan suspenziya 112—115°C temperatura bilan BGS apparatiga yuborilib, donalastiriladi va quritiladi. BGSga kelayotgan suspenziya suyuq bo'lgani sababli barabanga mayda mahsulotdan retur sifatida beriladi.

BGSning o'txonasidan issiq gaz barabanga yuboriladi, gaz changdan tozalanib atmosferaga chiqazib yuboriladi. Mahsulot esa elakda (7) elanib yirik fraksiyalar maydalagichda



6.3-rasm.

maydalanadi, elakdan o'tib ketgan mayda fraksiyasi retur sifatida BGSga yuboriladi. Zarrachalari 1—3 mm o'lchamga ega asosiy qismi mahsulot sifatida sovitiladi (9) va omborga jo'natiladi.

## 6.2. NITROAMMOFOSFAT VA KARBOAMMOFOSFATLAR

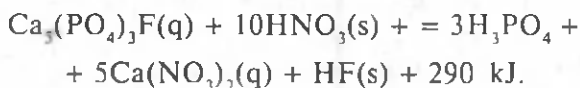
Ma'lumki, ammosfosning asosiy kamchiliklaridan biri azot va fosfatning nisbatini noqulayligidir ( $N:P_2O_5 = 1:4$ ). Chunki azot fosfarga nisbatan anchagina kam. Shuning uchun agrokimyoviy talablarga javob beruvchi qulay nisbatga ega bo'luvchi o'g'itlarning sintez qilish katta ahamiyatga ega. Uning uchun fosfor kislotasining ammiak bilan neytrallash davrida aralashmaga azotga ega bo'lgan moddalar azot kislotasi, yoki azot birikmalarining eritmasini qo'shish kerak. Bunday o'g'itlar nitroammofoslar, agarda karbamid qo'shilsa karboammofoslar deb ataladi. Agarda bu o'g'itlarga kaliy birikmalari ( $KCl$  yoki  $K_2SO_4$ ) qo'shilsa, u vaqtda nitroammofoska yoki karboammofoska deyiladi. Shunday qilib qo'shilayotgan qo'shimchalarning miqdoriga qarab istagan nisbatli ( $N:P:K$ ) o'g'it olishimiz mumkin. Masalan 1:1:1 nisbatli o'g'it nitroammofoska 17%  $P_2O_5$  va 17% N, 17%  $K_2O$  ga ega bo'ladi.

Karboammofosning tarkibida 26% N, shuncha  $P_2O_5$  bo'ladi. Bu o'g'itlar yuqori konsentratsiyalik boy o'g'itlar turkumiga kiradi.

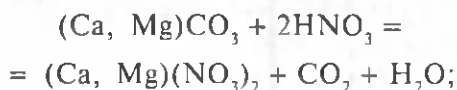
Nitrofosfatlar fosforitlarning azot kislotasi bilan parchalab olingan eritmaning ammiak bilan ishlash natijasida olinadi. Fosforitlarni azot kislotasi bilan ekstraksiya qilish (parchalash) ma'lum afzalliklarga ega. Birinchidan azot kislotasi sulfat kislotasi kabi fosforitlarni fosfor kislotasiga qadar parchalaydi, ikkinchidan esa parchalash bilan bir qatorda azot kislotasining o'zi azot birikmasiga aylanib o'g'it tarkibida qoladi. Shunday qilib azot kislotasining ham kimyoviy energiyasidan ham o'g'itlik xossasidan foydalaniladi. Shu sababli fosforitlarni azot kislotasi bilan qayta ishlash usuli kelgusida keng ko'lamda qo'llanishi bejiz emas.

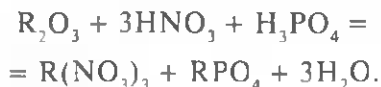
Bu usulning asosiy kamchiligi eritmadan bir qism kalsiy ionini bog'lamasdan qayta ishlab bo'lmaydi.

Fosforitlar azot kislotasi bilan quyidagi tenglamalar bo'yicha parchalanadi:



Fosforitning tarkibidagi aralashmalar ham parchalanadi:



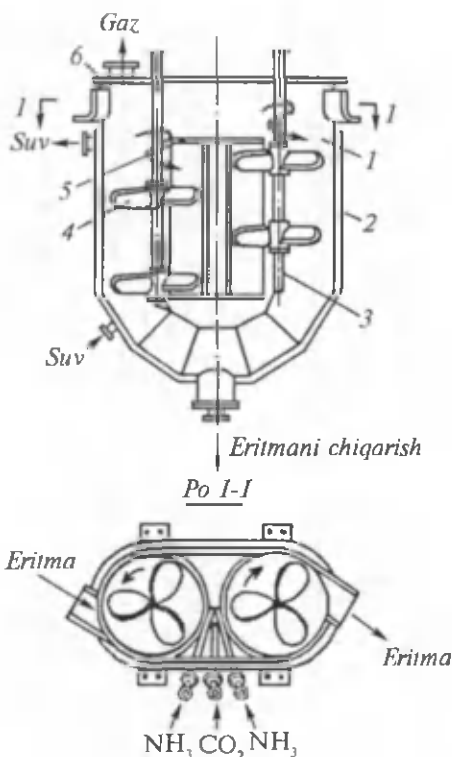


Kalsiy fluoridi parchalanib oxirida  $H_2SiF_6$  ga aylanadi. Fosforitning tarkibidagi CaO va MgO miqdoriga mo'ljallangan azot kislotasini stexiometrik normasi bo'lsa 1,5—2 soat ichida fosforitning 98—99% parchalash mumkin. Reaksiyani tezlatish uchun azot kislotasining miqdori nazariy normaga nisbatan 2—5% ortiq, ba'zi vaqtda 20% qadar ortiq olinadi.

Fosforitni azot kislotasi bilan parchalash jarayoni 45—50°C darajada olib boriladi. Harorat 45°C dan pasaysa parchalanish tezligi ham kamayadi. Tezlik temperaturaning oshishi bilan oshadi, lekin apparatning korroziya bo'lish jarayoni kuchayadi. Shuning uchun parchalanish jarayoni maqbul temperaturasi 45—50°C deb qabul qilinadi.

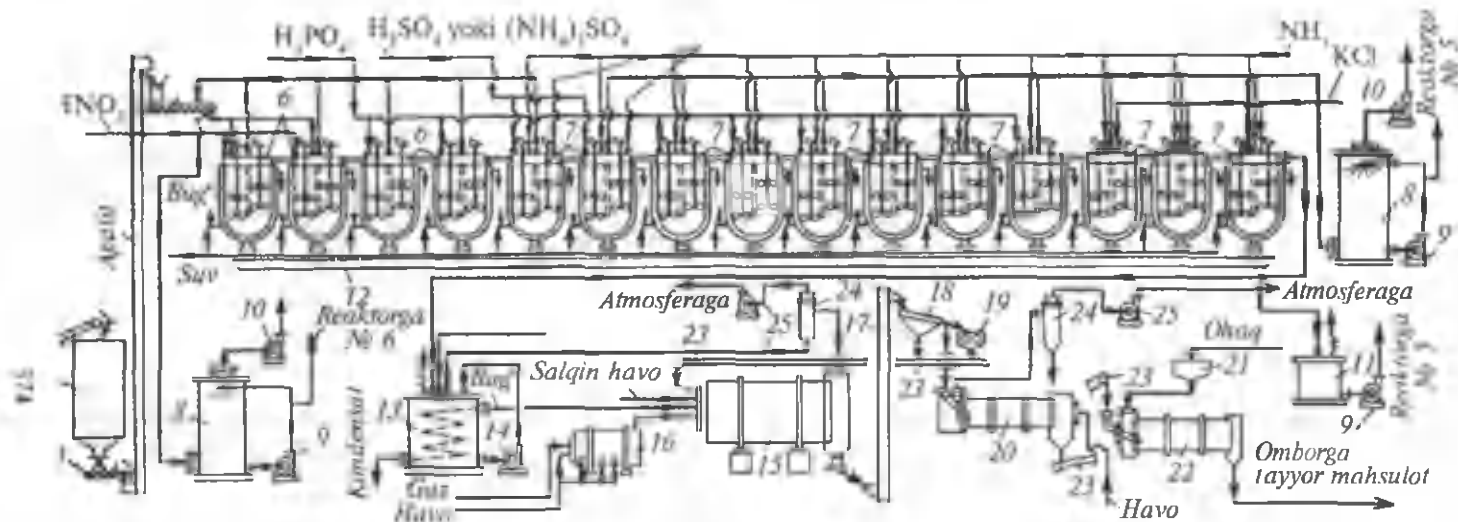
Fosforitning parchalanish darajasi azot kislotasining konsentratsiyasiga deyarli bog'liq bo'lmagani sababli past konsentratsiyalik azot kislotasidan ham foydalanish mumkin. Fosforitlarni azot kislotasi bilan parchalanish jarayoni uzluksiz ketma-ket ishlovchi, aralastiruvchi qurilma bilan jihozlagan reaktorda ketadi (6.4-rasm).

Fosforit parchalangandan so'ng erimagan qismdan cho'ktirish yo'li bilan ajratilib ftor birikmalari esa eritmada asosan  $N_2SiF_6$  holda bo'ladi. Ftordan eritmani tozalash uchun  $Na_2CO_3$  bilan ishlanadi, natijada ftor  $Na_2SiF_6$  holda cho'kmaga tushadi. Cho'kmadan va ftordan tozalangan azot kislotasi bilan parchalangan fosforit eritmasi ammiak bilan qayta ishlanib o'g'it olish jarayoniga boriladi. Eritmada kalsiy ioni ko'p bo'lgani sababli ammiak bilan neytrallash natijasi suvda erimay-



6.4-rasm.

1 — korpus; 2 — sovutuvchi qobiq;  
3 — val; 4 — aralastirgichning  
parragi; 5 — to'siq; 6 — qopqoq.



6.5-rasm. Nitrofoska ishlab chiqarish sxemasi.

1, 23 — tasmali konveyerlar; 2 — bunker; 3 — shnek; 4, 17 — elevatorlar; 5 — tarozi-ulushlagich; 6 — parchalash reaktorlari; 7 — ammiak bilan ishlash reaktorlari; 8 — skrubber; 9 — nasoslar; 10, 25 — ventilatorlar; 11 — yig'uvchi bak; 12 — oxurча; 13 — suspenziya uchun bak; 14 — suspenziya nasosi; 15 — BGS apparati; 16 — o'txona; 18 — elak; 19 — maydalagich; 20 — sovituvchi baraban; 21 — qo'shimcha bunker; 22 — konditsirlash barabani; 24 — siklonlar.

digan kalsiy birikmalari — dikalsiy fosfat, trikalsiyfosfat hosil bo'lishi mumkin.

Ammiak bilan neytrallash natijasida sitrat eruvchan fosfor o'g'itlarini olish uchun CaOning  $P_2O_5$  ga nisbati:  $CaO:P_2O_5 = 0,79$ ga teng bo'lishi kerak. Suvda eruvchan fosfor birikmalarni olish uchun nisbat bundan ham kichik bo'lishi kerak.

Fosfor kislotasi tarkibidagi Ca ionini qisman bog'lash uchun, ya'ni  $CaO:P_2O_5$  nisbatini kamaytirish uchun quyidagi usullar qo'llaniladi:

1) Kalsiy nitratlik eritmani sovitib, yaxlatib olish.

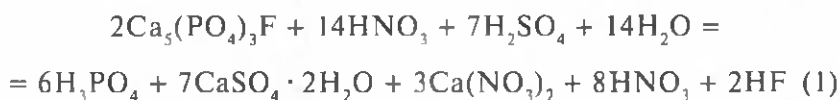
2) Eritmaga  $CaO:P_2O_5$  nisbatini kamaytirish uchun fosfor kislotasini (EFK) qo'shish.

3) Ortiqcha kalsiy ionini sulfat kislotasi yoki sulfat birikmalari  $K_2SO_4$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $(NH_4)_2SO_4$  bilan cho'ktirish.

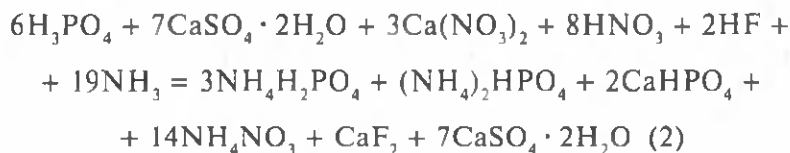
4) Ortiqcha kalsiy ionini karbon angidridi bilan  $CaCO_3$  holatida cho'ktirish.

Birinchi sovitish usuli fosfor kislotasi eritmasini —  $10^\circ C$  qadar sovitilish natijasida kalsiy nitratining  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  holatda kristallga tushishiga asoslangan. Kristallga tushgan kalsiy nitratni ajratilib, quritilib bevosita o'g'it sifatida yoki ammoniy nitratiga qayta ishlash uchun qo'llaniladi.

Sulfat usuli eritmaga sulfat kislotasi yoki fosforitning azot va sulfat kislotasi aralashmasi bilan parchalash usuliga asoslangan. Sulfat kislotasi yoki sulfat tuzlarini miqdoriga qarab nisbatni  $Ca:P_2O_5$  istagan darajaga olib kelish mumkin. Bu usul bo'yicha fosforit 42—55% azot kislotasi va 92% sulfat kislotasi bilan parchalanib aralashma ammiak bilan neytrallanadi. Bu holda hosil bo'lgan kalsiy sulfati mahsulot tarkibida qoladi.



Hosil bo'lgan reaksiya aralashma ammiak bilan ishlanadi.

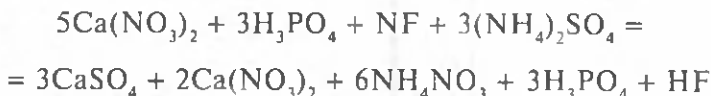


6.5-rasmda ko'rsatilganidek, azot kislotasi bilan parchalanish jarayoni birinchi 2-reaktorda, III va IV reaktorga esa sulfat kislotasi (60%lik) beriladi. Qolgan reaktorlarga ammiak beriladi. Ammiakning miqdori  $P_2O_5$  retrogratsiya bo'limasligi uchun  $pH = 3,2$  dan oshmasligini ta'min qilish kerak.

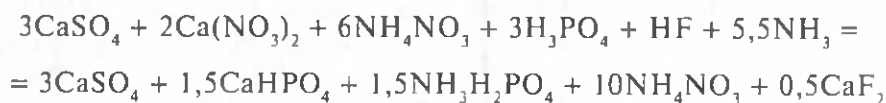
Agarda nitrofoska olinmoqchi bo'lsa, oxirgi uch reaktorga kaliy xloridi beriladi. Oxirgi reaktordan chiqqan qaymoqsimon massaga retur qo'shilib BGS apparatiga yuboriladi. Azot va sulfat kislotasi yordami bilan istagan nisbatdagi N:P:K o'g'itlarni olish mumkin. Kalsiy ionining bog'lash uchun sulfat kislotasi o'rniga sulfat tuzlari ham qo'llash mumkin. Buning uchun fosforit avvalo 47% azot kislotasi bilan birinchi to'rt reaktorda parchalanadi.



So'ngra mazkur eritmaga quruq tuz yoki eritma holatda qo'shiladi:

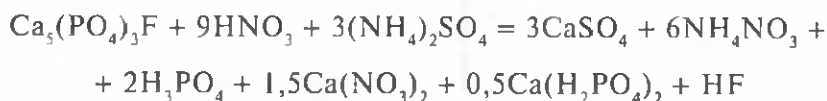


Shunday qilib, 60%ga yaqin kalsiy ioni ammoniy sulfati bilan bog'lanadi. Hosil bo'lgan suspenziya reaktorda 80°C temperaturada ammiak bilan pH = 2,8-3 qadar neytrallanadi.



Chiqqan mahsulotni kaliy xloridi bilan aralashtirib quritiladi.

Fosforitning parchalanishi jarayonini azot kislotasini qisqartirilgan (noto'liq) normasi bilan parchalash mumkin. Sulfat birikmalarini bevosita parchalash davrida azot kislotasi bilan beriladi. Agarda azot kislotasining normasini 90% qilib berilsa, quyidagi tenglama hosil bo'ladi.

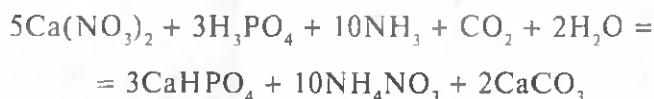
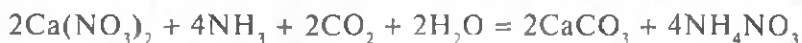
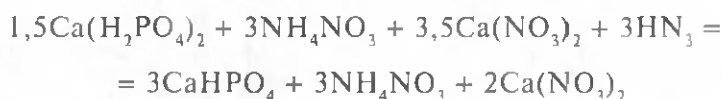
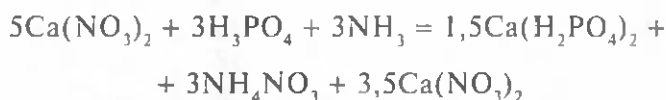


So'ngra aralashma ammiak bilan neytrallansa ammiakning ham sarfi kamayadi. Mahsulotning tarkibidagi ozuqa moddasini miqdorini ammiak berishdan ilgari CaSO<sub>4</sub> ning ajratib olinishi bilan oshirish mumkin.

### 6.3. KARBONAT USULI

Azot fosfor kislotasi eritmasini ammiak bilan neytrallab 60% kalsiy ionini dikalsiy fosfatga o'tkazilib, hosil bo'lgan massani ammiak va karbonat angidridi bilan ishlashga asoslangan. Bu holatda kalsiy ioni CaCO<sub>3</sub> ga o'tadi.



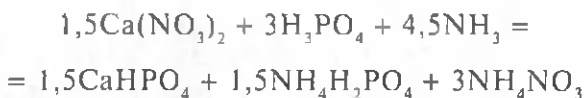


Fosforit konsentrati avvalo faqat azot kislotasi bilan parchalanadi. So'ngra  $\text{P}_2\text{O}_5$  ning retrogratsiya bo'lmashligi uchun IV reaksiyaga stabilizator-dolomit qo'shiladi. Bu reaksiya  $\text{pH} = 8,5-9$  teng bo'lgunga qadar olib boriladi.

Reaksiyon aralashmani neytrallash uchun karbonizatsiya jarayoniga yuboriladi. I neytralizatorga faqat ammiak, oxirgi neytralizatorida  $\text{CO}_2$  bilan to'yintiriladi.

Jarayonning normal ketishi uchun ammiak va  $\text{CO}_2$  ma'lum nisbatda va miqdorda berilishi kerak. Ammiak bilan ishlash jarayonining birinchi bosqichida ( $\text{pH} = 2 \pm 2,7$ ) fosfatli kalsiy temir va aluminliy fosfati hosil bo'ladi.  $\text{pH} = 7,5-8$  teng bo'lganda  $\text{CaCO}_3$  ning hosil bo'lishi jarayoni tugaydi, suspenziyada fosfor  $\text{CaHPO}_4$  holatda bo'ladi. Neytrallash reaksiyasi ekzotermik bo'lgani sababli temperatura  $60-80^\circ$  qadar ko'tariladi. Natijada quyidagi tarkibga ega bo'lgan suspenziya hosil bo'ladi:  $\text{CaHPO}_4$  — 14,3%;  $\text{CaCO}_3$  — 10,5%;  $\text{MgHPO}_4$  — 2,5%;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  — 37,1%; erimagan aralashmalar 2,8%; suv — 32,8%. Suspenziya kaliy xloridi qo'shib donalastiriladi va quritiladi. Shu usul bilan olingan nitrafoska tarkibida 37,8% ozuqa moddasi bo'lib shu jumladan 16,0%N; 10,9%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 10,9%  $\text{K}_2\text{O}$ .

**Fosfor kislotasi usuli.** Fosforit azot kislotasi bilan parchalanib, eritmaga fosfor kislotasi quyilib  $\text{CaO}$  ning  $\text{P}_2\text{O}_5$  nisbatini ( $\text{CaO}:\text{P}_2\text{O}_5$ ) istagan miqdorda o'zgartirish mumkin. Fosforitning azot va fosfor kislotasi aralashmasi bilan ham parchalab  $\text{CaO}:\text{P}_2\text{O}_5$  nisbatini o'zgartirish mumkin. Bunday eritma ammiak bilan neytrallansa dikalsiy fosfat, nitroammoniy va ammoniy fosfati hosil bo'ladi.



$P_2O_5$  suvda eruvchan shaklda bo'ladi, chunki reaksiya natijasida ammoniy fosfori hosil bo'ladi. Agarda azotning nisbatini oshirish lozim bo'lsa, azot kislotasining miqdorini oshirish kifoya bo'ladi. Ammiak bilan neytrallashtirish jarayoni  $90-100^\circ C$  da olib boriladi. Olingan suspenziya quritiladi, donalashdiriladi. Bu usul bilan azot va fosfor kislotasining miqdorini o'zgartirish yo'li bilan istagan nisbatdagi  $N:P_2O_5$  o'g'itni olish mumkin.

#### 6.4. SUYUQ MURAKKAB (KOMPLEKS) O'G'ITLAR

Suyuq murakkab o'g'itlar deb tarkibida azot va fosfor, azot, fosfor va kaliy birikmalarining eritmasiga aytiladi. Eritmaning tarkibida mikroelementlar, pestitsidlar va stimulyatorlar ham bo'lishi mumkin. Suyuq murakkab o'g'itlar qattiq o'g'itlarga nisbatan bir qator afzalliklari bilan farq qiladi. Chunonchi, o'g'itning arzonligi, tayyorlash usulining texnologiyasining soddaligi, zaharli tashlandiqlarni ozligi va boshqalar. Bunday o'g'itlarda ozuqa moddalarni istagan nisbatda tayyorlash imkoniga ega bo'ladi. Suyuq o'g'itlarga qo'yilgan asosiy talablardan biri past temperaturada kristallga tushishi, chunki kristallga tushsa o'g'itni saqlash, jo'natish jarayonlari qiyinlashadi.

Suyuq o'g'itlarni ishlab chiqarish avvalo EFKning, yoki polifosfor kislotasini ammiak bilan neytrallashtirishdan boshlanadi. So'ngra ozuqa moddalarini nisbatini  $N:P_2O_5:K_2O$  maqbul miqdorda olish uchun eritmaga karbamid, ammoniy nitrati, kaliy xloridini qo'shish tavsiya etiladi. Shunday qilib ozuqa moddalarining umumiy miqdorini 35% qadar ko'tarish mumkin. Suyuq kompleks o'g'itlarni fosforitlarni azot kislotasi bilan parchalash natijasida olingan eritmalardan olish ayniqsa diqqatga sazovordir. Buning uchun fosforitlar azot kislotasi bilan parchalanib, erimagan cho'kmalardan ajratilib ammiak bilan  $pH = 3$  ga qadar neytrallanadi. Natijada suspenziyalik suyuq o'g'it hosil bo'ladi. Mazkur o'g'it aviatsiya yordamida paxta bargiga sepish yo'li bilan ozuqalantirish mumkinligi isbot qilingan.

**Aralashma o'g'itlar.** Ko'p xossaligi o'g'itlarni turli o'g'itlarni aralashdirish usuli bilan ham tayyorlash mumkin. Aralashma o'g'itlarning ta'siri kompleks o'g'itlardan qolishmaydi. Ularning asosiy afzalligi — istagan nisbatda ( $N:P:K$ ) o'g'itni tayyorlash mumkin. Shuning uchun aralashma o'g'itlarning assortimenti — turi yuzlab bo'lishi mumkin. Ozuqa moddalarning nisbati turlicha bo'lganidek, ularning miqdori ham turlicha, ya'ni 25%dan 40% qadar bo'lishi mumkin. Aralashgan mahsulot bir jinsli bo'lishi uchun o'g'itlarning zarrachalari o'lchamining solishtirma og'irligi yaqin bo'lishi kerak. Agarda o'g'itlarning

zarrachalari turlicha bo'lsa bir xil, ya'ni bir jinsli mahsulot olish qiyin bo'ladi.

Aralashma o'g'it olish davrida bir tomonli o'g'itlar o'rtasida salbiy kimyoviy hodisalar, ya'ni sifati pasayishi, o'g'itlik ta'sirini kamayishiga yo'l qo'ymaslik kerak.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Ko'p xossaligi o'g'itlarning qanday turlari bor?
2. Murakkab o'g'itlarning afzalligi nimada?
3. Aralashma o'g'itlarniki-chi?
4. Fosforitlarni azot kislotasi bilan qayta ishlashning nazariy asoslarini tushuntirib bering.
5. Azot-fosfor kislotasini qayta ishlashning qanday usullari bor?
6. Kalsiy nitratini ajratish usullari to'g'risida gapirib bering.
7. Azot-fosfor kislotasini ammiak bilan neytrallash qanday amalga oshiriladi?
8. Suyuq murakkab o'g'itlarning ahamiyati.
9. Tenglashtirilgan o'g'it nima?
10. Ammofosning kamchiligi nimadan iborat?

## 7-BOB

### MIKROO'G'ITLAR

Bir qator elementlar: B, Mn, Cu, Zn, Co, Mo va boshqalarning o'simliklar hayoti uchun kerakligi aniqlangan. Bular fermentlar, vitaminlar, garmonlar, pigmentlar tarkibiga kirib o'simlikning hayotiy jarayonlarida faol qatnashadilar. Bu elementlarga talabchanlik juda oz miqdorda bo'lgani sababli mikroelementlar yoki mikroo'g'itlar deb ataladi. Mikroelementlar fermentlarni faollashtirib biokimyoviy jarayonlarda katalizator rolini bajaradi. Masalan, uglevodlar almashinishida, fotosintez jarayonida, nurdan foydalanish jarayonini, oqsil moddasini sintez qilish jarayonlarini jadallashtiradi. Ba'zi mikroelementlar o'simlikning quyidagi xususiyatlariga — qurg'oqchilik va sovuq va turli kasalliklarga chidamliligiga ta'sir qiladi. Bu elementlarning yetishmasligi o'simliklar modda almashinish jarayonini sustlashtiradi va turli kasalliklarga olib kelishi mumkin. Aytish kerakki, mikroelementlar miqdori me'yordan ortiq bo'lsa, ular salbiy ta'sir qilib, o'simlik nobud bo'lishi mumkin. Mikroo'g'itlar sifatida tog' qazilmalari, sanoat chiqindilaridan foydalanish mumkin. Odatda mikroelementlar makroo'g'itlar bilan aralashgan holda beriladi. Uning uchun mikroelementlar o'g'itlar ishlab chiqarish jarayonida oddiy aralashtirish yo'li bilan yoki o'g'it yarim mahsulotiga jarayon davrida qo'shish yo'li bilan tayyorlanadi.

**Borli o'g'itlar.** Borli o'g'itlar mikroo'g'itlar ichida eng ko'p tarqalgan o'g'it hisoblanadi. Eng boy bor o'g'iti bor kislotasi bo'lib, tarkibida 97% qadar  $H_3BO_3$ ga ega. Bor kislotasi ko'pincha oddiy va qo'sh superfosfat bilan aralashtiriladi, odatda bor kislotasi maydalangan oddiy superfosfatga donalash jarayonidan ilgari qo'shiladi. Qo'shimcha sifatida tabiiy boratlardan foydalanish mumkin, yoki boratlardan sulfat kislotasi yordamida bor kislotasi olish davrida chiqqan chiqindini ham ishlatish mumkin.

**Misli o'g'itlar.** Mis o'simlik hayoti uchun zarur elementlardan biri. Shuningdek, insonning hayoti uchun har kuni 2 mg ga yaqin mis zarur bo'ladi. Misli o'g'it sifatida sulfat kislotasi ishlab chiqarish chiqindisi — kuyindidan foydalanish mumkin. Eng qulay mis

qo'shimchasi mis kuporosi hisoblanadi. Mis kuporosi o'g'it tayyorlashdan tashqari urug'larni ekishdan ilgari ishlashda ham foydalaniladi. Kaliy xloridi mis kuporosi bilan aralashtirib (90% KS 1,1—0,2%Su) presslanib, maydalanib miskaliy o'g'iti olish mumkin.

**Rux va marganesli o'g'itlar.** Rux o'g'itlari sifatida sink sulfatidan foydalanish mumkin. Rux sulfati talk bilan aralashtirilib makroo'g'itga qo'shiladi. Xomashyo sifatida sink bo'yog'ini olishda chiqqan chiqindidan ham foydalanish mumkin. Marganesli o'g'itlar, marganes rudalarini boyitish natijasida chiqqan chiqindilardan olinadi. Suvda erigan marganes birikmasini marganes karbonati yoki pirolyuzit  $MnO$  ni sulfat kislotasi bilan parchalash natijasida olinadi. Molibdenli o'g'itlarni ferrosplav mahsulotlari olishdagi chiqindilardan olinadi. Molibdenlik superfosfat 0,03—0,13% Mo ga ega bo'ladi. Suvda erigan molibden o'g'itlari  $3(NH_4)_2O \cdot 7MoO_3 \cdot 4H_2O$  yoki  $5(NH_4)_2O \cdot 12MoO_3 \cdot 7H_2O$  ko'rinishiga ega (molibden ammoniy).

Qishloq xo'jaligida turli mikroelementlardan tayyorlangan kompleks mikroo'g'itlar katta ahamiyatga ega. Ular bor kislotasi, mis, rux, marganes sulfatlari va molibden ammoniydan tashkil topgan bo'lib, aralashma talk bilan aralashtirilib bir jinsli unsimon massa olinadi. Tarkibi B 2,4—2,8%; CuS — 6%; Zn-8—10%; Mn 6,5—8%; Mo 9,5—11%.

Shunday qilib mazkur kukun yordami bilan polimikroelementli superfosfat, ammoniy selitrasi, kaliy xloridi va sulfati olish mumkin.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Mikroelementlarni fiziologik jarayonlardagi ahamiyati.
2. Qanday ammiakatlar qishloq xo'jaligida o'g'it sifatida qo'llaniladi?
3. Mikroelementlar qanday miqdorda yerga beriladi?
4. Mikroo'g'itlar uchun xomashyo?
5. Mikroelementlar, makroelementlar qanday yo'l bilan qo'shiladi?

## 8-BOB

### OZUQA FOSFATLAR

Fosfor kislotasining kalsiy tuzlari chorcavchilik va parrandachilikda mol va parrandalar uchun ozuqa moddasi sifatida omuxta yem tayyorlashda ishlatiladi. Fosfori kam bo'lgan yemlarga fosfatlar qo'shilsa hayvonlarning o'sish jarayoni, sut va go'shtning sifati yaxshilanadi. Ozuqa fosfatlar fosfor o'g'itlaridan o'zining tozaligi, mol uchun zaharli qo'shimchalar bo'lmasligi bilan farqlanadi.

Tabiiy fosfaritlarni ozuqa fosfatlarga qayta ishlash davrida mahsulotlarni ftordan tozalash, ya'ni ftordan ozod qilish kerak.

Ftorsiz ozuqa fosfatlarning ishlab chiqarishning eng qulay usuli tabiiy fosfaritlarni qizdirish usuli bilan ftorning HF va SiF<sub>4</sub> holatda gaz fazasiga haydash hisoblanadi.

Haydash jarayoni ayniqsa, suv bug'i ishtirokida deyarli to'liq ketadi. Agarda tabiiy fosfaritlar 1400—1500°C temperaturada suv bug'i ishtirokida qizdirilsa kristallik to'rda ftor o'rniga OH gruhi almaslinadi.



So'ngra hosil bo'lgan gidroksid apatit parchalanadi:

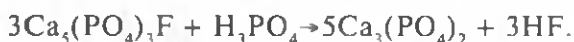


Parchalanish natijasida limon eruvchan  $\alpha$ -trikalsiyfosfat va tetra-kalsiyfosfat hosil bo'ladi.  $\alpha$ -modifikatsiya temperatura 1180°C dan yuqorida hosil bo'ladi. Temperatura pasaysa  $\alpha$  shakl  $\beta$ -modifikatsiyaga o'tadi,  $\beta$ -uchkalsiy fosfat noeruvchan xususiyatga ega. Shuning uchun trikalsiyfosfatning  $\alpha$ -holatda saqlab qolish uchun tezda sovitish kerak. Fosfaritlarning ftorsizlantirish jarayoni qum ishtirokida ancha tezlashar ekan, chunki SiO<sub>2</sub> apatitning kristallik strukturasi tezda buzishga olib keladi.



Bu texnologik jarayonni oddiy aylanuvchi baraban pechlarida yoki konvertorlarda o'tkazish mumkin. Olingan mahsulot 20% ga qadar limon eruvchan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ga ega bo'lishi mumkin.

Ozuqa fosfatlarning fosfor kislotasi yordamida ham olish mumkin. Buning uchun tabiiy fosforitlar ftorsiz termik fosfor kislotasi bilan parchalanadi:



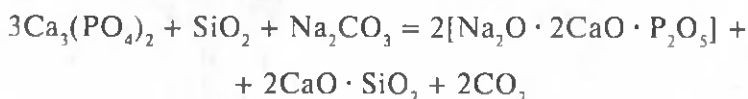
So'ngra trikalsiyfosfat qo'shimcha fosfor kislotasi ishtirokida monokalsiyfosfat yoki dikalsiyfosfatga o'tish mumkin.

Ftorsizlangan fosfatlar asosan yem sifatida qo'llanib, o'g'it sifatida ishlashi ham mumkin.

### 8.1. TERMİK FOSFATLAR

Tabiiy fosfaritlarni qum yoki ishqoriy metallarning tuzlari bilan yuqori temperaturada ishlash natijasida olingan limon eruvchan shakldagi mahsulot termofosfatlar deb ataladi. Bunday mahsulotni qishloq xo'jaligida o'g'it sifatida, ayniqsa nordon tuproq zonalarida qo'llash mumkin. Bu usulning afzalligi shundaki, kislota talab qilinmaydi, turli tarkibdagi past navli fosforitlarni ishlatish mumkinligi, chiqindilarning chiqmasligi, texnologiyani soddaligi va boshqalar.

Tabiiy fosforitlarni yuqorida ko'rsatilgan ishqoriy metallarning tuzlari ishtirokida yuqori temperaturada ishlash jarayonida apatitning kristallik to'ri yemirilib trikalsiyfosfat va o'simlik tomonidan o'zlashtiruvchi moddalar hosil bo'ladi:



Natijada aralashmada silikatfosfatlar  $5\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{SiO}_2$  yoki  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  miqdori ko'p bo'lganda  $4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  — tetrakalsiy fosfat hosil bo'ladi. Yuqoridagi ko'rsatilgan birikmalar limoneruvchan shaklda bo'lib, o'g'it sifatida qo'llash mumkin. Termofosfatlarni ishlab chiqarish texnologiyasi yuqorida aytganimizdek juda sodd bo'lib, uning uchun tabiiy fosfaritlar maydalanib soda bilan aralashtiriladi, kerak bo'lsa qum qo'shiladi. Aralashmaga aylanuvchi silindrik pechlarda 1100—1200° kuydiriladi. Hosil bo'lgan klinker sovutiladi va maydalanadi.

## 9-BOB

### BA'ZI BIR MINERAL TUZLAR TEXNOLOGIYASI

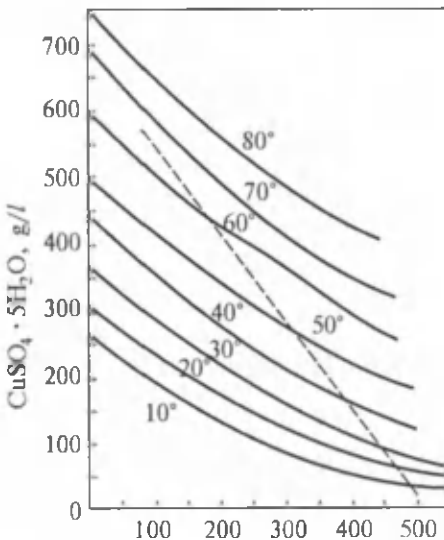
**Mis kuporosi.** Mis kuporosi deb 5 molekula suvli mis sulfatini triklineodrik shakldagi zangori rangli kristallik moddaga aytiladi. Zichligi  $2,29 \text{ gr/sm}^3$  oddiy sharoitda turg'un bo'lib, qizdirilganda kristallik suvni asta yo'qotib uch molekula suvlik va bir molekula suvlik mis sulfatiga aylanadi. Temperatura  $258^\circ\text{C}$  yetganda suvni yo'qotib oq rangli suvsiz moddaga o'tadi. Suvda yaxshi eriydi:  $0^\circ\text{C}$  da 12,9%,  $100^\circ\text{C}$  da 42,4% ga teng. Mis sulfatining eruvchanligi sulfat kislotasi ishtirokida pasayadi (9.1-rasm).

Yuqori temperaturada sulfat kislotasi ishtirokida 9.1-rasmda ko'rsatilganidek punktir chiziqdan yuqorida mis sulfati  $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  shaklida kristallanadi. Bu moddaning kristallanish rangi yashil bo'ladi. Mis kuporosi zaharli modda bo'lib qishloq xo'jalik zararkunandalari

bilan kurashishda, elektrolit sifatida, galvanotexnikada, mineral tuzlar ishlab chiqarishda turli mis birikmalari olishda ishlatiladi.

**Mis kuporosini mis chiqindilaridan olish.** Mis kuporosini asosan mis chiqindilari: metallni qayta ishlash chiqindilari — mis qirindilari, mis qipig'idan olinadi.

Misning bevosita sulfat kislotasida eritish maqsadga muvofiq bo'lmaydi, chunki mis bir molekula sulfat kislotasini  $\text{SO}_2$  ga qadar qaytarib mis oksidiga aylanadi. So'ngra mis oksidi ikkinchi molekula sulfat kislotasida erib mis sulfati hosil qiladi.



9.1-rasm. Mis kuporosining eruvchanligi.





Sulfat kislotasining tejash maqsadida misning mis oksidiga oksidlash jarayoni havoning kislorodi hisobiga olib boriladi.

Misning oksidlash jarayoni mexanik tokcha pechlarida 700°C temperaturada olib boriladi. Jarayon mis bo'lakchalarining o'lchamiga qarab 8—5 soat davom etadi. Hosil bo'lgan mis oksidi (90—97% CuO) sulfat kislotasi eritmasiga, qo'rg'oshinda yasalgan rezervuarlarda eritiladi. Mis sulfati eritmasining konsentratsiyasi 1,3—1,32 bo'lishi uchun, sulfat kislotasini konsentratsiyasi ma'lum qiymatga ega. So'ngra eritma kristallizatsiya jarayoniga yuboriladi. Mis sulfatining, yirik kristall holatida olish uchun, kristallizatsiya asta-sekin sovish yo'li bilan qo'rg'oshindan yasalgan yashiklarda olib boriladi. Kristallar yirik bo'lishi uchun yashikka qo'rg'oshin lentalar yoki quvurlar tushirilgan bo'ladi. Natijada bir qancha kun davomida lenta atrofida kristallar paydo bo'la boshlaydi. Eritmadagi erkin holatdagi sulfat kislotasi kristallanish jarayoniga yordam beradi. Erkin holatdagi sulfat kislotaning miqdori 10—15 gr/l dan oshmasligi kerak.

Hozirgi zamon korxonalarida mis alohida pechlarda oksidlanmay, oksidlanish va erish jarayonlari bir vaqtda, ya'ni bir bosqichda olib boriladi.

Erish jarayonini tezlatish uchun avvalo mis qoldiqlaridan g'ovakli yengil mis donasi olinadi. Uning uchun mis alohida pechda eritiladi. Eriganda misga 1—1,5% oltingugurt quyiladi, hosil bo'lgan SO<sub>2</sub> misda eriydi. Erigan mis so'ngra suvga quyiladi, natijada mis donador bo'lib qoladi, misda erigan SO<sub>2</sub> esa mis donalaridan chiqib ketib g'ovaklar hosil qiladi. G'ovak donalar katta yuzaga ega bo'lgani sababli (1kg granul 1500sm<sup>2</sup> sirtga ega bo'lishi mumkin) sulfat kislotada erish va oksidlanish jarayoni ancha osonroq kechadi.

Donador holatidagi mis balandligi 6-9m, diametri 2,5—3,5 bo'lgan maxsus minoralarda eritiladi. Minoralarning past qismida to'r joylashgan bo'lib, unga mis donalar qo'yiladi, tepadan sulfat kislotasi sochiladi. Eritma ma'lum konsentratsiyaga ega bo'lishi uchun nassos yordami orqali bir qancha marta aylantiriladi. Minorada misning bir vaqtda oksidlanishi uchun suv bug'i bilan aralashgan havo beriladi. Bunda temperatura 70—80° bo'lishi kerak. Eritma minorada 12 soatga qadar aylanib (sirkulatsiya) turgandan so'ng zichligi 1,36—1,37 g/sm<sup>3</sup> yetgach kristallizatsiyaga yuboriladi.

## 9.1. NATRIY SULFIDI

Natriy sulfidi xalq xo'jaligi uchun zarur bo'lgan kimyoviy mahsulotlardan biridir. Asosan teri sanoatida terini jundan tozalash uchun, to'qimachilik sanoatida tiosulfat ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Natriy sulfidi suvda eruvchan modda bo'lib, to'yingan eritmada 18°C 15,9, 90°C, 36,4 %. Suvli eritmadan 48°C qadar  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  holatda 48°C yuqorida —  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  shaklida kristallanadi. Erish nuqtasi 1040°C, natriy sulfidi asosan natriy sulfatdan uni qaytarish orqali olinadi. Qaytaruvchi modda sifatida ko'mirdan foydalaniladi, qaytarish jarayoni quyidagi reaksiyalar orqali ketishi mumkin:



Qaytarish jarayoni asosan (1) reaksiya orqali ketadi. Temperatura 850—1000°C bo'lganda jarayon ancha jadal ketadi. Bu sharoitda qaytarish jarayoni (2) reaksiya orqali ham ketishi mumkin, chunki temperatura 800 dan oshgach  $\text{CO}_2$  ko'mir bilan reaksiyaga kirishib CO hosil qiladi.  $\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$ , ya'ni muvozanat CO hosil bo'lishi tomoniga yo'nalgan bo'ladi.

Natriy sulfatning qaytarish jarayoni alangali yassi va uzluksiz aylanuvchi silindrik pechlarda olib boriladi. Uning uchun natriy sulfat va ko'mirdan iborat bo'lgan aralashma (shixta) yaxshilab maydalanadi va aralashtiriladi. Aralashma so'ngra pechga yuboriladi, pechni qizitish uchun maxsus o'txonada yoqilg'i yoqiladi. Pechda hosil bo'lgan qotishma eritmasi sovutiladi. Sovutilgan qotishma maydalanadi, so'ngra qotishmadan  $\text{Na}_2\text{S}$ ni ajratib olish uchun maxsus qurilmaga yuboriladi. Bu qurilmada maydalangan qotishma suv bilan yuviladi, natijada  $\text{Na}_2\text{S}$  eritmaga o'tadi, eritmaning aralashma qismi qurilma ichida qoladi.  $\text{Na}_2\text{S}$  yaxshi erishi uchun suv bug'i ham berib turiladi. Erish natijasida  $\text{Na}_2\text{S}$  eritmasi olinib tarkibi 23—30%  $\text{Na}_2\text{S}$ , 1—6  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 0,5—3%  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , 0,2—1,0%  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 0,5—1,5  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  quyiltirish jarayoniga yuboriladi. Bug'latish jarayoni ochiq qozonsimon apparatlarda olib boriladi, temperatura 175—185° ga chiqqach eritmaning konsentratsiyasi 62—64%  $\text{Na}_2\text{S}$  teng bo'ladi. Konsentratsiyasi 62—64% yetganda eritma maxsus tayyorlangan barabanlarga quyiladi, qotiriladi va baraban qopqoqlari yopiladi.

## 9.2. BARIY XLORID

Bariy tuzlarining ichidan sanoat ahamiyatiga ega bo'lgan birikma xlorid hisoblanadi. Bariy xlorid qishloq xo'jaligida zaharli modda sifatida zararkunandalarga qarshi kurashda, mineral tuzlar olishda, keramika sanoatida va boshqa tarmoqlarda qo'llaniladi. Bariy xloridga ikki molekula suv bilan kristallanib  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  rangsiz rombik plastina shaklida bo'ladi. Erish nuqtasi  $\text{BaCl}_2$  —  $962^\circ\text{s}$ . Bariy xloridning to'yingan eritmasi  $0^\circ\text{s}$  da 24, 0% va  $100^\circ\text{C}$  da 37%  $\text{Cl}_2$  ga ega bo'ladi.

Bariy tuzlarining ishlab chiqarishda xomashyo sifatida tabiatdagi baritdan —  $\text{BaSO}_4$  foydalaniladi. Baritdan bariy tuzlarini olish uchun avvalo barit barit sulfidiga qayta ishlash kerak. Bariy sulfididan boshqa bariy tuzlaridan ham olish mumkin.

Bariy sulfidi baritni ko'mir bilan qaytarish usuli bilan olinadi.



Jarayon  $1000^\circ\text{C}$  atrofida ketgani sababli  $\text{CO}_2$  ko'mir bilan reaksiyaga kirishadi:



Shuning uchun baritning qaytarish jarayoni temperatura  $900$ — $1000^\circ\text{C}$  atrofida bo'lgani sababli quyidagi reaksiya bo'yicha ketadi:



Jarayonning boshlanishida temperatura pastroq bo'lgani sababli, jarayon (1) reaksiya bo'yicha ham ketishi mumkin.

Barit bo'lakchalarining o'lchami  $0,2$ — $0,3$  mm bo'lgan cha maydalanadi.

Ko'mir  $2$ — $3$  mm bo'lguncha maydalanib, maxsus aralashtirgichga yuboriladi va barit bilan aralashtiriladi. Olingan aralashma (shixta) mexanizmlari yordamida aylanuvchi quvursimon pechga yuboriladi. Pech  $5$ — $6^\circ$  nishab joylashgan bo'lib, 1 minutda 5 martagacha aylanadi. Pechning uzunligi  $40$  m,  $d = 1,5$ — $2$  m.

Aralashma  $1000^\circ\text{C}$  temperaturada reaksiyon zonasida  $1,5$ — $2$  soat vaqt o'tgach deyarli qaytarish jarayoni to'xtaydi. Pechdan chiqqan qotishma, sovitgichdan o'tib soviydi. Sovigan qotishmaning tarkibida  $65$ — $75\%$   $\text{BaS}$  va  $15$ — $20\%$   $\text{BaSO}_3$ ,  $\text{VaSO}_3$ ,  $\text{BaSiO}_3$  va ko'mir bo'ladi.

Bariy sulfidi nam havoda parchalanishi,  $\text{BaSO}_4 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{S}$ , quruq havoda oksidlanishi mumkin. Shuning uchun qotishmani tezda yog'och bochkalarga solish lozim.

Bariy xloridni bariy sulfiddan turli usullar bilan olish mumkin. Shulardan sanoat miqyosida tarqalganlardan ikki usulini ko'rsatish mumkin.

1. Tuz kislotasi usuli
2. Xlorkalsiy usuli.

### 9.3. TUZ KISLOTASI USULI

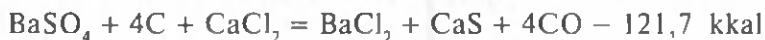
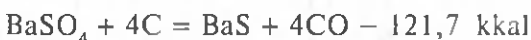
Bu usul olingan bariy sulfidini tuz kislotasi bilan parchalanishga asoslangan:



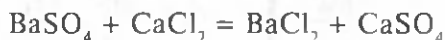
Parchalanish jarayoni maxsus dekstruktor nomi bilan atalgan apparatda olib boriladi. Apparat konus shaklida yog'ochdan yasalgan bo'lib, mexanik aralastirg'ich bilan jihozlangan. Parchalanish jarayoni 1,5—2 soatda tugaydi. Eritma erimagan zarrachalar va aralashmalardan tindiriladi va toza eritmaning tarkibida 260—300 g/l  $\text{BaCl}_2$  bo'ladi.

So'ngra eritma konsentratsiyasi 400—600 g/l  $\text{BaCl}_2$  gacha ko'p korpusli vakuum-bug'latuvchi apparatlarda bug'latiladi. Eritma 25—30°C darajasigacha sovitilganidan so'ng  $\text{BaCl}_2$  kristallanadi. Bariy xlorid kristallari sentrifuga orqali eritmadan ajratib olinib, bochkalarga joylashtiriladi.

**Xlorkalsiy usuli.** Bu usul bo'yicha barit bilan ko'mir aralashmasi kalsiy xlorid ishtirokida qizdiriladi. Natijada bir vaqtda baritning qaytarilishi reaksiyasi bilan kalsiy xlorid bilan almashinishi reaksiyasi ham ketadi:



Bariy xloridi ko'mir ishtirokisiz ham hosil bo'lishi mumkin:



Ammo bu oxirgi usul ishlab chiqarishda qo'llanilmaydi. Chunki qotishmada  $\text{BaCl}_2$  ajratib olish uchun, qotishmani suvda eritish kerak. Erish davrida  $\text{BaCl}_2$  yana qayta  $\text{CaSO}_4$  bilan reaksiyaga krishib  $\text{BaSO}_4$  hosil qiladi, yani reaksiya teskari tomonga yo'naladi. Chunki  $\text{BaSO}_4$  ning eruvchanligi  $\text{CaSO}_4$  ga nisbatan ancha past bo'ladi.  $\text{BaSO}_4$  ni ko'mir ishtirokida qaytarilsa eruvchanligi  $\text{CaS}$  ning eruvchanligiga nisbatan bir qancha ortiq bo'lgani sababli reaksiya teskariga ketmaydi.

Bariy xlorid xlorkalsiy usuli bilan olish uchun maydalangan bariy va bariyning miqdoridan 13—15% ko‘mir qo‘shilib aylanuvchi silindrik pechga yuboriladi.

Massa pechda 30—40 minut davomida qizdiriladi, so‘ngra pechga kalsiy xloridning to‘yingan eritmasi (800—900 g/l  $\text{CaCl}_2$ ) qo‘shiladi kalsiy xloridning miqdori bariyning miqdorini 48—49% ni tashkil qiladi. Massa 1,5—2 davomida 770—780°C darajada qizdiriladi, natijada suv bug‘i parchalanadi, aralashma suyuladi. Temperatura 900—950°C gacha ko‘tarilgach, erigan massa ko‘pira boshlaydi, 1—1,5 soatdan so‘ng reaksiya tamom bo‘ladi. Harorat 1000—1100°C ga ko‘tarilgandan so‘ng massa bir jinsli bo‘lib mahsulot tayyor bo‘ladi. Pech davriy ishlagani sababli bir sikl 4—5 soat davom etadi. Qotishma sovitiladi va quyidagi tarkibga ega bo‘ladi: 55—60%  $\text{BaCl}_2$ , 4—12%  $\text{CaCl}_2$ , 4% yaqin  $\text{CaS}$ , 3%  $\text{BaSO}_4$ , 0,5%  $\text{BaS}$ , 6—8% reaksiyaga kirishmagan ko‘mir va boshqa aralashmalar —  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{SiO}_2$  sovigan qotishma maydalanib  $\text{BaCl}_2$  ni aralashmalardan ajratib olish uchun maxsus erituvchi apparatda issiq suv bilan ishlanadi. Eritma erimagan qoldiqdan sentrifuga yordami bilan ajratib olinadi. Erimagan qoldiqning 20% ga yaqini  $\text{CaS}$  va 8—10%  $\text{BaSO}_4$  tashkil qilgan bo‘lib maxsus hovuzga tashlanadi.

Tarkibida 300—350 g/l  $\text{BaCl}_2$  ga ega bo‘lgan eritma loyqalikdan tindirilib bug‘latish jarayoniga yuboriladi va so‘ngra sovitilib kristallanadi. Bu jarayonlar xuddi tuz kislotasi usuli kabi bir xil qurilmalarda bajariladi. Xlorkalsiy usulining tuz kislotasi usuliga nisbatan afzalligi texnologiyaning soddaligi, chunki baritni qaytarish va almashinishi jarayoni bir bosqichda — bir apparatda ketadi. Xlorkalsiy usulining kamchiligi shundaki, bunda oltingugurt birikmalari ishlatilmay tashlanadi.

Tuz kislotasi usulida esa, ajralib chiqqan  $\text{H}_2\text{S}$  oltingugurtga yoki  $\text{SO}_2$  ga qadar qayta ishlanadi va oltingugurt birikmalaridan to‘liq foydalaniladi.

#### 9.4. XROM TUZLARI

Xrom tuzlari, ayniqsa ikkixrom kislotasining natriy va kaliy tuzlari xrompik nomi bilan atalib sanoatda juda katta ahamiyatga ega. Xrom tuzlari teri, to‘qimachilik sanoatida, turli mineral va organik bo‘yoqlar tayyorlashda ishlatiladi. Qisman yog‘ sanoatida, qog‘oz ishlab chiqarish, elektr texnika va fotografiyada qo‘llaniladi.

Xrom oksidi bo‘yoq tayyorlashda, turli ashyolarni bo‘yashda, shisha va keramika sanoatlarida, yog‘ni tozalashda va metallarni xrom bilan qoplashda qo‘llaniladi.

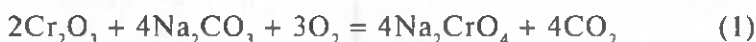
Xrom birikmalarini sintez qilishda xomashyo sifatida tabiatda uchraydigan xromlik temir-xromit rudasidan foydalaniladi. Xromit  $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$  yoki  $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$  erimaydigan  $\text{HCrO}_2$  kislotasining birikmasi desa bo'ladir. Xrom rudasi 35—45%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ega bo'lib, bir qism temir ikki oksidi magniy va aluminiy oksidi bilan almashingan bo'lishi mumkin. Shuning uchun tabiiy xrom mineralining formulasini quyidagicha:



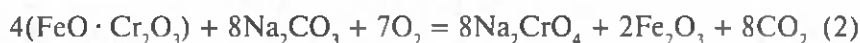
Xromatda temirning xromga nisbatan 1:1 dan 1:3 gacha bo'lishi mumkin.

Xromid kislota yordamida parchalash jarayoni sust ketgani sababli kislota bilan qayta ishlash sanoatda qo'llanilmaydi. Xromit asosan ishqor birikmalari ishtirokida oksidlanib, eruvchan birikmalarga o'tkaziladi.

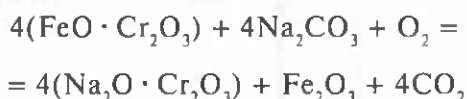
Xromitni kuydirish, soda ishtirokida havoning kislorodi bilan xromni oksidlashga asoslangan:



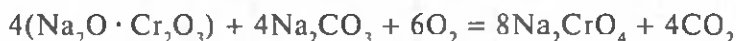
Xromitni oksidlanish umumiy tenglamasini quyidagicha tasavvur qilish mumkin:



Reaksiya (2) ikki bosqichda ketib 1-bosqichda xromit natriy hosil bo'lib faqatgina temir oksidlanadi:



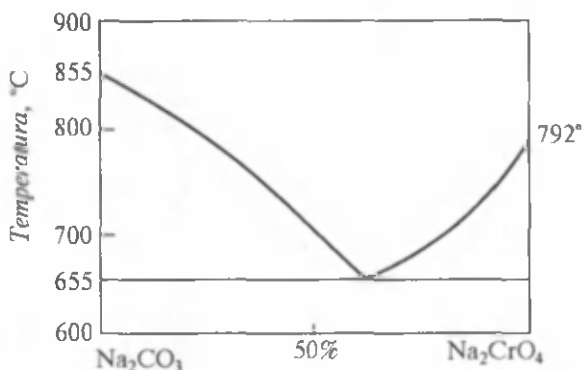
2-bosqichda xrom oksidi oksidlanib xromit xromatga aylanadi:



(2) reaksiya bo'yicha hosil bo'lgan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  rudadagi aralashmalar ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  va  $\text{SiO}_2$ ) bilan reaksiyaga kirishib ferritlar va ferrosilikatlar hosil kiladi.

Oksidlovchi kuydirish jarayoni aylanuvchi quvurli pechlarda 1100—1150°C darajali temperaturada ketadi. Bu sharoitda reaksiya uchta faza o'rtasida, ya'ni qattiq (xromit), gaz holatidagi havoni (havoning kislorodi) va suyuq (soda) ketadi.

9.2-rasmda keltirilganidek sodaning erish nuqtasi 855°C, xromat natriyniki — 792°C, ular 655°C darajasida eruvchan tarkibda 62,5



9.2-rasm.

$\text{Na}_2\text{CrO}_4$  bo'lgan evtetik aralashma hosil qiladi. Shunday qilib suyuq faza  $655^\circ\text{C}$  darajada hosil bo'lishi mumkin.

Temperaturaning ko'tarilishi bilan suyuq fazaga natriy xromati ham o'ta boshlaydi. Asosiy reaksiyada (2) ishtirok etuvchi komponentlar geterogen tizimini tashkil qilgani sababli reaksiyaning tezligi fazalar sirtining qiymatiga bog'liq. Shuning uchun komponentlar zarrachalari mayda bo'lishi kerak.

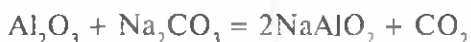
Sodaning suyuq fazaga o'tishi ikki qattiq fazaning o'rtasidagi kimyoviy reaksiyani tezlashtiradi. Ammo suyuq fazaning ko'payib ketishi noqulay sharoit tug'dirishi mumkin, ya'ni bu holda aralashma pech devorlariga yopishib, massaning pech ichidagi harakatiga to'siqlik qilishi mumkin. Shuning uchun massani yopishqoqligini kamaytirish maqsadida aralashmaga birorta inert qo'shimcha qo'shish kerak. Qo'shimcha sifatida kuydirilgan ohak yoki dolomitdan foydalaniladi. Qo'shimcha sifatida ohak ishlatilsa, ohak ham reaksiyaga kirishib erimaydigan kalsiy xromati hosil qiladi:



Ammo temperaturaning oshishi bilan, masalan  $1200^\circ\text{C}$  darajalar atrofida xromat kalsiy to'liq parchalanadi. Ishlab chiqarish jarayoni  $1100\text{--}1150^\circ\text{C}$  darajada olib borilgani sababli bir qism kalsiy xromat qotishmada qolishi mumkin. Xrom kalsiy xromat holatda yo'qolib ketmasligi uchun aralashma eritmasi  $\text{CO}_2$  bilan ishlanadi, natijada  $\text{CaCO}_3$  va natriy xromati hosil bo'ladi:

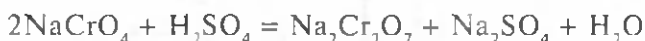


Shixta tarkibidagi aluminiy oksidi kuydirish jarayonida natriy aluminatiga o'tadi:



Xromitni kuydirish natijasida olingan natriy xromati suv bilan ishlanib qotishmadan ajratib olinadi.

Natriy xromatining natriy bixromatiga o'tkazish uchun xromat eritmasi sulfat kislotasi bilan ishlanadi. Bu jarayonni ishlab chiqarishda «travka» deb atashadi:



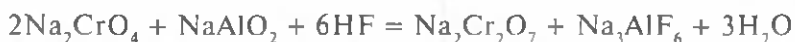
Shunday qilib, reaksiyon massaga qo'shilgan sodaning 60% dan ortiqrog'i natriy sulfatiga aylanadi. Xromatni bixromatga o'tkazish uchun  $\text{CO}_2$  dan ham foydalanish mumkin:



Xromat xlor bilan ham ishlash mumkin, bu usulni xlor usuli deb ataladi:



Reagent sifatida fluor vodород kislotasidan ham foydalanish mumkin:



Natijada xromatni bixromatga ishlash jarayonida fluor birikmalarini ham sintez qilish mumkin.

Ishlab chiqarishda natriy bixromati quyidagi sxema bo'yicha olinadi. Tabiiy xromit rudasi ikki bosqichda yaxshilab maydalaniladi. Qolgan komponentlar — soda va dolomit maydalanadi. Maydalangan reagentlar shnek-aralastirg'ichda aralastiriladi. Shixtaning tarkibini sodaning miqdori stexometrik miqdordan 5—10% kamroq, dolomitning miqdori  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  va sodaning miqdorini 180—200%ni tashkil qilishi kerak. Shunday qilib, tayyorlangan aralashma avtomatik ravishda ishlab turuvchi tarozi orqali ishlovchi pechga yuboriladi. Pech silindrik shaklda aylanib turuvchi apparat bo'lib uzunligi 40 m d = 2 m. Shixta 3 soat davomida pechda pishiriladi. Temperaturani 1100—1150°C gacha ko'tarish uchun massaga qarama-qarshi issiq gaz va oksidlash uchun havo yuboriladi, natijada  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ning 80—85%  $\text{CrO}_3$  ga aylanadi. Pechdan chiqqan qotishma 800—900°C bilan panjaraga yuboriladi. Katta bo'lakchalari maydalashga yuboriladi.



Maydalangan qotishma kelayotgan tarkibida 20—50 g/l  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  bo'lgan yuvindi suvda eritiladi (80—85°C). So'ngra eritma  $\text{CO}_2$  gazi bilan ishlanadi (saturatsiya). Natijada kalsiy xromati va qisman natriy aluminati parchalanadi. Aralashma aylanuvchi baraban vakuum-filtrga yuborilib eritma cho'kmalardan filtrlanadi. Eritmaning tarkibida 170—180 g/l  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  bo'ladi. Filtrdagi cho'kma yuvilib, yuvindi suv qotishmani eritish uchun yuboriladi, cho'kma esa tashlanadi. Eritma sulfat kislotasi bilan qolgan natriy aluminatdan tozalanadi.



Hosil bo'lgan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dan tozalangandan so'ng 3 monoxromat eritmasi 4-korpuslik vakuum-bug'latuvchi apparatiga yuborilib 435—485 g/l gacha quyuqlashtiriladi. Quyuq eritma xromatni bixromatga o'tkazish uchun maxsus qozonda 73—77% sulfat kislotasi bilan ishlanadi. Bu reaksiya ekzotermik bo'lgani sababli sulfat kislotasi asta-sekin quyilishi kerak. Olingan bixromat eritmasi (tarkibida natriy sulfati) maxsus bug'latuvchi qozonga yuborilib 700—750 g/l  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  gacha quyultiriladi.

Natijada natriy sulfatning asosiy qismi kristallga aylanadi va cho'kadi, filtr yordami bilan bixromat eritmasi  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan ajratib olinadi.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan ajratilgan bixromat 2-bosqich bug'lanish qozoniga yuborilib konsentratsiyasi 1400—1500 g/l gacha quyuqlashtiriladi.

Bug'latilgan bixromat eritmasi cho'kmalaridan tozalanib kristallizatsiyaga yuboriladi.

Bixromat eritmasi maxsus kristallizatorida suv yordamida sovitilib kristallga aylantiriladi. Yirik kristallar olish uchun eritma sekin sovitilishi kerak. Kristall hosil bo'lishi uchun eritmaga quvurlar tushurib qo'yiladi, so'ngra kristallar ajratilib olinib tayyor mahsulot sifatida jo'natiladi.

## 10-BOB

### XLORID KISLOTASI

Xlorid (tuz) kislotasi xalq xo'jaligi uchun zarur bo'lgan kimyoviy mahsulotlardan biridir. Tuz kislotasining turli xlorli birikmalari — rux, bariy, ammoniy xloridlaridan olinadi, organik mahsulotlar — anilin, difinilamin, sintetik kauchik, bo'yoq mahsulotlari, tormoz spirti va boshqalar ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Bundan tashqari tuz kislotasi kraxmal va qand ishlab chiqarishda faollashgan ko'mir va gidrometallurgik jarayonlarda ham qo'llaniladi. Tuz kislotasini birinchi marta 1827-yilda osh tuzidan natriy sulfat ishlab chiqarishda, qo'shimcha mahsulot sifatida, xlor vodorodni suv bilan to'yintirish natijasida olingan va undan deyarli foydalanilmagan. XIX asr oxirlarida xlorli vodorodni suvdagi eritmasi tuz kislotasi nomi bilan xalq xo'jaligida keng ko'lamda qo'llanila boshlagan. Oxirgi davrda tuz kislotasi osh tuzini elektroliz qilish yo'li bilan olingan vodorod va xlor elementlarini sintez qilish yo'li bilan olinadi.

Shunday qilib tuz kislotasini olish jarayoni ikki bosqichda, ya'ni: 1) xlor vodorodni sintez qilish va 2) xlorli vodorodni suv bilan bog'lashdan (absorbsiya) iboratdir.

**Xususiyati.** Xlorli vodorod rangsiz gaz, 1 l og'irligi 1,639 g, — 83,1°C xloratda suyuladi va —111°C qotadi. Suvsiz-quruq xlorli vodorod metallarga deyarli ta'sir qilmaydi, suvdagi eritmasi — tuz kislotasi kuchli kislotadan biri bo'lib, ko'pchilik metallarni eritadi. Xlorli vodorod suvda juda yaxshi eriydi, eruvchanligi temperaturaga bog'liq.

Bosim 760 mm simob ustuni bo'lganda HCl ning eruvchanligi quyidagicha bo'ladi:

Temperatura	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
HCl ning 1 l suvda eruvchanligi l hisobida	506,5	473,9	442,0	411,5	385,7	361,7	338,7

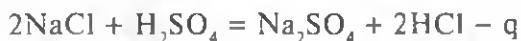
Xlorli vodorodning suvda erish jarayoni issiqlik chiqish bilan ketadi, shu sababli suv bilan doim qaynovchi aralashma hosil qiladi.

Masalan, 1 atm bosimda aralashma  $110^{\circ}\text{C}$  qaynab  $20,24\%$  HCl li aralashma paydo bo'ladi. Tuz kislotasi maxsus kislotaga chidamli material bilan qoplangan po'lat yoki shisha idishlarda saqlanadi va jo'natiladi. Oddiy po'lat sisternalarda saqlash davrida korroziyani kamaytirish uchun ingibitorlar qo'llaniladi. Tuz kislotasiga qo'shilgan  $1\%$  ingibitorlar korroziyani  $150-200$  martaga kamaytiradi.

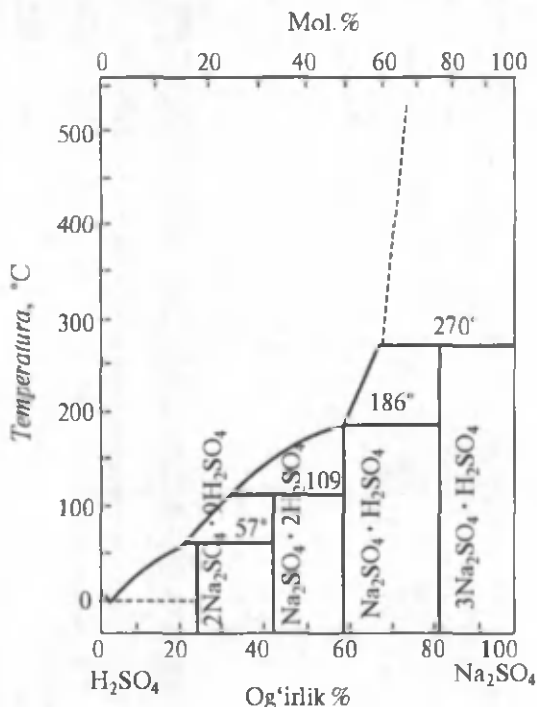
### 10.1. XLORLI VODORODNI ISHLAB CHIQRISH

Xlorli vodorodni ikki usul bilan ishlab chiqarish mumkin. 1-sulfat usuli; 2-xlor va vodorod elementlaridan sintetik usul bilan olish.

**Sulfat usuli.** Bu usul osh tuzidan natriy sulfati ishlab chiqarish davridagi chiqindi xlorli vodorodning suv bilan ishlashi asoslangan. Bu usul bo'yicha osh tuzi kuporos yogi —  $92-93\%$  sulfat kislotasi bilan parchalanadi.



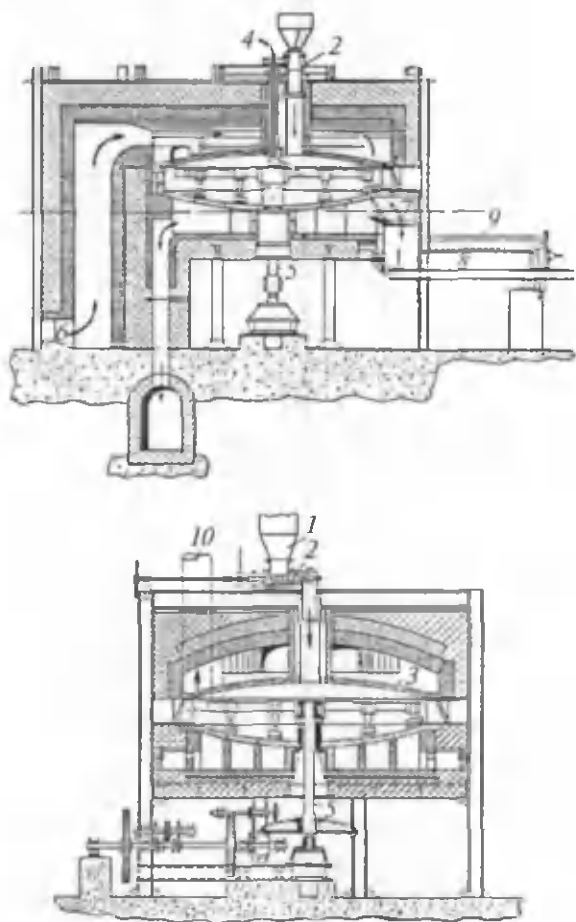
Reaksiya issiqlik yutish bilan ketgani sababli reaksiyaning ketishi uchun tashqi muhitga issiqlik berilishi kerak. Haroratning o'zgarishiga



10.1-rasm.  $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{Na}_2\text{SO}_4$  tizimidagi eruvchanlik diagrammasi.

qarab osh tuzi va sulfat kislotasi bilan turli nordon tuzlar hosil bo'lishi mumkin. Masalan:  $2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 9\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\text{NaHSO}_4$ ) va hokazo. 10.1-rasmdagi diagrammadan ko'rinib turibdiki, aralashmaning eruvchangligi temperaturaning o'sishi bilan keskin oshadi. Neytral holatdagi  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  oxirgi bosqichda hosil bo'ladi.

Sulfat jarayoni maxsus mexanik pechlarda olib boriladi. Mexanik pech (10.2-rasm) mufeldan (3) iborat bo'lib, kislotaga chidamli g'ishtlardan yasalgan bo'ladi. Osh tuzi bunker orqali (1) shnekka (2) tushadi. Sulfat kislotasi quvur orqali (4) pechga yuboriladi. Tuz va kislotani aralashtirish uchun pechda joylashgan cho'yan valga (5) to'rtta taroq o'rnatiladi. Val aylanishi natijasida reaksiyon massa o'rtadan



10.2-rasm. Mexanik sulfat pechi.

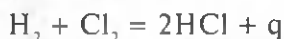
chekkaga siljiydi. Pech issiq tutin gazi yordami bilan 500—550°C qadar qizdiriladi. Mufelda hosil bo'lgan natriy sulfati voronka (7) orqali tegirmonga (8) yuboriladi. Tegirmon tashqi tomondan sovitilib (9) turiladi va uning ichidagi zo'ldirlar yordamida maydalanadi.

Reaksiya natijasida hosil bo'lgan xlorli vodorod gazi 375—400°C temperatura bilan quvur (10) orqali absorbsiya jarayoniga jo'natiladi.

## 10.2. XLOR VA VODORODDAN HCl ni SINTEZ QILISH

Oxirgi davrda xlorli vodorodning osh tuzini elektroliz qilish davridagi chiqindi sifatida hosil bo'lgan vodorod va xlordan sintez qilish usuli sanoatda ko'p tarqalgan usul hisoblanadi. Bu usul bilan 100% lik HCl ni sintez qilish mumkin. Bunday gazdan toza tuz kislotasini olish mumkin. Bu usulning afzalliklaridan biri sulfat kislotaga ehtiyoj yo'qligidir.

Xlor bilan vodorodning reaksiyasi quyidagi tenglama bo'yicha ketadi:



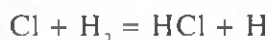
Reaksiya qaytar bo'lgani sababli, muvozanat doimiysi quyidagi ko'rinishga ega:

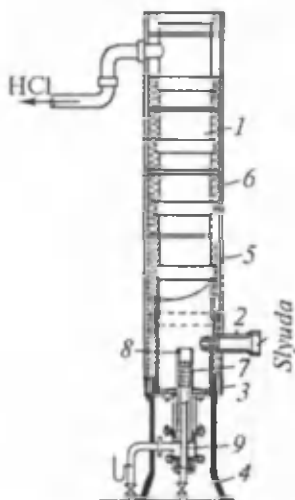
$$K = \frac{P_{\text{HCl}}^2}{P_{\text{H}_2} \cdot P_{\text{Cl}_2}}$$

Muvozanat doimiyligining temperatura o'zgarishi bilan qiymatini quyidagi tenglama bo'yicha aniqlash mumkin:

$$\lg K = \frac{9554}{T} - 0,533 \lg T - 2,42$$

HCl ning parchalanish jarayoni temperatura 1500°C dan oshgandagina ketishi mumkin. Aralashma adiabatik sharoitda yonganda, alanganing temperaturasi 2500°C qadar ko'tariladi. HCl hosil bo'lish reaksiyasi nursiz sharoitda sekin ketishi mumkin, ammo yorug' nur ishtirokida portlash bilan ketadi. Natijada bir kvant nur yutib zanjirli reaksiyaga aylanadi:



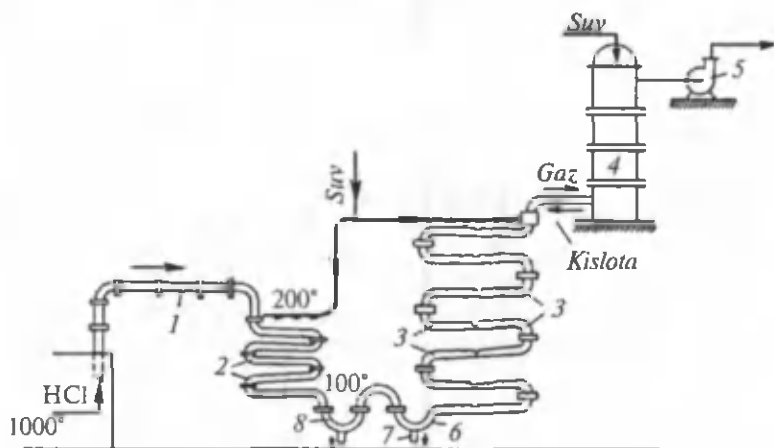


10.3-rasm. Kvars pechi.

lashgan.

Pechning ostida gorelka (7) o'rnatilgan. Gorelka xlor va vodorod yuborish uchun quvurchalar (8, 9) joylashtirilgan. Hosil bo'lgan HCl gazi pechning yuqori qismidan olinadi.

**HCl gazining absorbsiyasi.** Tuz kislotasini olish uchun HCl gazi suv bilan absorbsiya qilinadi. Gaz absorbsiyadan oldin 30—60°Cqadar sovitiladi. Sovitilgan gaz keramikadan yoki kvardsdan yasalgan absor-



10.4-rasm.

1 — kvars quvuri; 2 — sovitgich; 3 — absorber; 4 — keramik minora; 5 — ventilator; 6, 7, 8 — quvur.

berlardan absorbsiya qilinadi. Absorberlar turli shaklda bo'ladilar. Sintetik HCl gazini sovitib absorbsiya qilish 10.4-rasmda ko'rsatilgan.

Sintez pechidan chiqqan HCl gazi kvars nayda 200°C ga qadar sovitiladi. Sovitish jarayoni sovitgichda (2) 100°C darajaga qadar davom etadi. Sovitilgan HCl gazi suv bilan yuvilib turadigan absorberga (3) yuboriladi. Absorberdan chiqqan gaz keramikadan yasalgan minorada (4) yuvilib tashqariga tashlanadi. 32—35% li tayyor mahsulot quvurdan (6) teshik (7) orqali jo'natiladi.

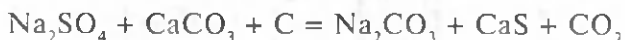
Oxirgi davrda HCl gazi sovitilmasdan absorbsiya qilinadi. A.M. Gasparyan taklifi bo'yicha HCl sovitilmasdan to'g'ri absorbsiyaga yuboriladi. Bu esa ilgari 20,24% kislotadan quyuc kislota olish mumkin emas degan fikrning noto'g'riligini isbot qiladi. Bu usul nimaga asoslangan? Agarda HCl gazini suv orqali yuborilsa gaz erib temperatura ko'tarila boshlaydi va HCl bug'ining bosimi ortib boradi.

Suv bug'ining HCl bug'i bilan aralashmasining bosimi atmosfera bosimiga teng bo'lsa, suyuqlik qaynay boshlaydi. Shunday qilib adiabatik sharoitda suvni bug'latish uchun sarf bo'lgan issiqlik eritmasining temperaturasini pasayishiga olib keladi. Natijada yana temperatura pasayishi sababli kislota ning konsentratsiyasi oshib boradi. Bunday jarayonni, ya'ni issiq absorbsiya jarayonini tarelkali absorberlarda yoki nasadkalik absorberlarda olib borish mumkin.

## 11-BOB

### KALSINATSIYA QILINGAN SODA MAHSULOTLARINI ISHLAB CHIQRISH

Soda qadim zamonlardan ma'lum bo'lib, uni dengiz o'simliklari kulidan ajratib olingan. Shu usul bilan olingan soda shisha sanoatida va kir yuvish vositasi sifatida foydalanilgan. Sanoatning rivojlanishi bilan soda mahsulotlariga talab ortib borgan. 1775-yilda fransuz olimi Leblan natriy sulfatidan soda ishlab chiqarishni quyidagi reaksiya bo'yicha tavsiya qiladi.



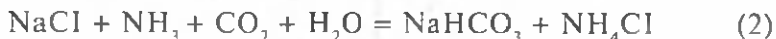
Olingan qotishmadan suv yordamida soda eritib olinib, eritmasi bug'lanib qattiq soda olingan. CaS esa tashlamalarga yuboriladi. Tabiiy  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  bo'lmagan mamlakatlarda  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ni osh tuzini sulfat kislotasi bilan parchalab olingan. O'z vaqtida Leblan usuli kimyo sanoatining rivojlanishida ma'lum rol o'ynaydi. Leblan usuli bilan soda olish uchun tabiiy  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , yoki bo'lmasa osh tuzi va ko'p miqdorda sulfat kislotasi bo'lishi kerak.

1865-yilda belgiyalik injener Solve Leblan usulidan tubdan farq qiluvchi yangi usul ishlab chiqdi. Bu usul ammiakli usul nomi bilan atalib, olingan mahsulot tozaligi, ishchi kuchi va energiya kam sarf bo'ladigan, uzluksiz ishlovchi, deyarli chiqindisiz texnologiya ekanligi bilan farqlanadi. Xomashyo sifatida tabiatda yetarli miqdorda uchraydigan arzon osh tuzi va ohak toshidan foydalaniladi.

Shunday qilib, ammiakli usul bilan olingan soda mahsuloti toza va arzon bo'ladi. Ammiakli usul bilan sodani olish bikarbonat orqali ketadi, ya'ni bikarbonat oraliq mahsulot bo'lib hisoblanadi:



Bikarbonat o'z navbatida osh tuzining suvdagi eritmasi  $\text{NH}_3$  va  $\text{CO}_2$  bilan ishlash natijasida olinadi:



Dioksid uglerod osh tuzi eritmasida yomon erishi sababli, avvalo eritma ammiak bilan to'yintirilib, so'ngra  $\text{CO}_2$  bilan ishlanadi. Shu-



ning uchun soda ishlash jarayoni ikki bosqichdan iborat: 1 chi bosqich osh tuzi eritmasini ammiak bilan to'yintirish, 2 chi bosqich to'yingan eritmani  $\text{CO}_2$  bilan ishlash. Natijada cho'kmaga  $\text{NaHCO}_3$  tushadi. So'ngra uni filtrlab ajratib olinadi. Qizdirilgan sodani olish uchun  $\text{NaHCO}_3$  160–180°C darajada parchalanadi:

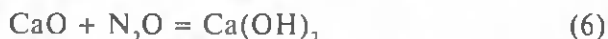


Bu jarayon maxsus kalsinatsiya bo'limida ketib, ajralib chiqqan  $\text{CO}_2$  karbonizatsiya bo'limiga yuboriladi.

Sarf bo'lgan ammiakni qayta ishlatish maqsadida (2) reaksiya bo'yicha hosil bo'lgan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ohak suvi bilan parchalanadi:

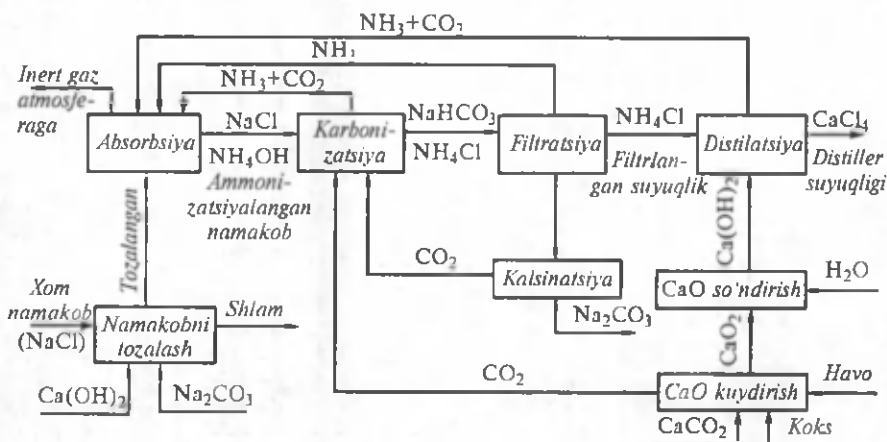


Ajralib chiqqan ammiak gazi birinchi bo'limga, ya'ni eritmaning ammiak bilan to'yintirish bo'limiga qaytarilib yuboriladi. Ohak sutini esa ohak toshi kuydirilib hosil bo'lgan ohak suvi bilan so'ndiriladi.



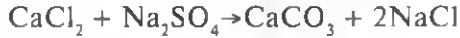
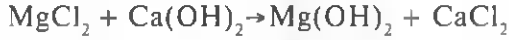
Ohak toshni kuydirish natijasida hosil bo'lgan  $\text{CO}_2$  ammiak bilan to'yingan eritmani ishlash uchun ikkinchi bo'lim karbonizatsiya bo'limiga yuboriladi. Solve usuli bilan soda ishlab chiqarish jarayoni operatsiyalarining bir-biri bilan bog'liqligini 10.5-rasmda ko'rish mumkin.

Soda ishlab chiqarish texnologiyasi osh tuzi eritmasi tayyorlashdan boshlanadi. Osh tuzi eritmasi turli tabiiy aralashmadan tozalaniishi kerak. Eritmada kalsiy va magniy tuzlari bo'lishi mumkin.

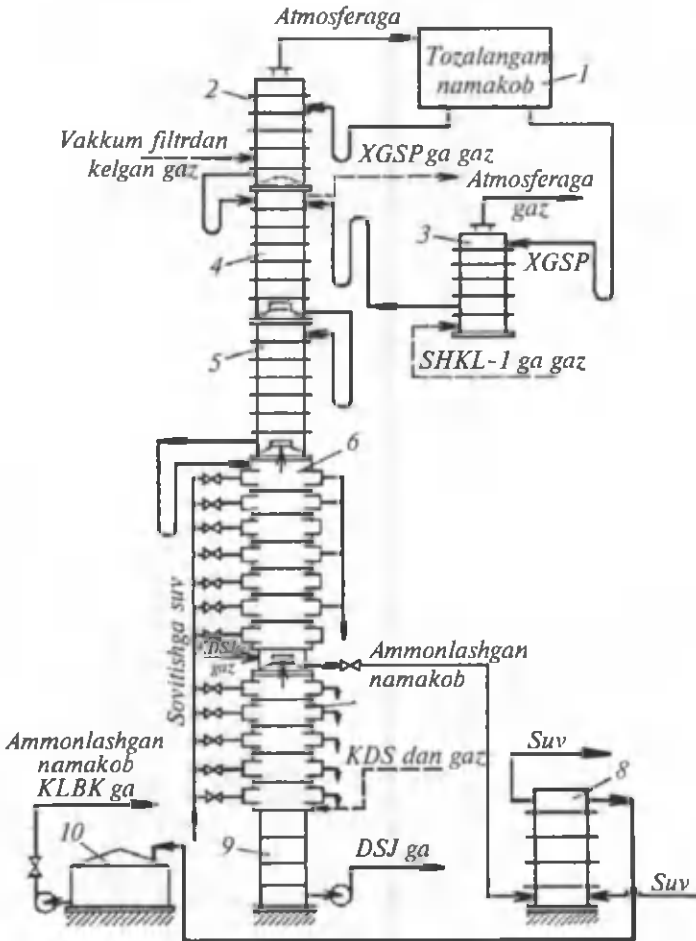


10.5-rasm. Soda ishlab chiqarish texnologik tizimi.

Uning uchun eritma soda yoki ohak suti bilan ishlanib, magniy va kalsiy yomon eruvchan birikmaga aylanib cho'kadi:



Eritma cho'kmadan ajratilib maxsus yerostiga ko'milgan quvurlar orqali ishlab chiqarishga jo'natiladi. Eritma, masalan quyidagi tarkibga ega: NaCl — 103,6 shartli shkala bo'limi bo'yicha (1 normal bo'limi 1/20 ekv. modda birl. eritmaga), CaSO<sub>4</sub> — 0,06; CaCl<sub>2</sub> — 1,14; MgCl<sub>2</sub> — 0,3; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — 1,04. Eritmani NH<sub>3</sub> bilan to'yintirish bo'limining texnologik tizimi 10.6-rasmda keltirilgan.

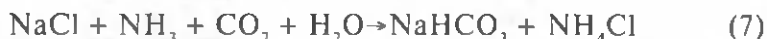


10.6-rasm. Ammonizatsiya bo'limining texnologik tizimi.

Tozalangan osh tuzi eritmasi bakdan (1) yuvuvchi apparatlarga yuboriladi. Avvalo 75% eritma gaz yuvuvchi kolonnaga yuboriladi, qolgan 25% qismi filtrning gaz yuvuvchi kolonnasiga (2) keladi. Eritma ikki oqim tashkil qilib, kolonnalardan (2, 3) absorbsiya gazi yuvuvchi kolonnaga (4) kelib tushadi. Filtr gazni yuvuvchi kolonnada (2) filtrdan kelayotgan havoning tarkibidagi ammiakni (0,5—2% NH<sub>3</sub>) yutib oladi. (4) kolonnadan absorberdan chiqqan gazning tarkibida qolgan ammiak ushlab olinadi. Eritma kolonnada gazlarni yuvilgandan so'ng avvalo birinchi absorberga (5), so'ngra ikkinchi absorberga (6) kiradi. Eritma oqimiga qarama-qarshi pastdan 70°C distillatsiya bo'limidan kelayotgan ammiak gazi yuboriladi. Gaz avvalo 58°C gacha sovitgich (7) da sovitiladi. Birinchi absorberda (5) taxminan ammiakning yarmi eritma tomonidan yutiladi. Natijada eritmaning temperaturasi 60—63°C ga qadar ko'tariladi. Ikkinchi absorberdan ammiakning yutilishi absorber ichida joylashgan sovitgich yordami bilan sovitish yo'li bilan ketadi. Ammiak bilan to'yingan eritma ikkinchi absorberdan 65°C bilan sovitgich (8)ga yuboriladi. Sovitilgan eritma 40°C bilan bakka (10) jo'natiladi.

### 11.1. AMMIK BILAN TO'YINTIRILGAN ERITMANI KARBONIZATSIYA QILISH

Karbonizatsiya bo'limida ammiak bilan to'yingan eritmaning CO<sub>2</sub> bilan ishlash natijasida NaHCO<sub>3</sub> hosil bo'lishi bilan ketadi.

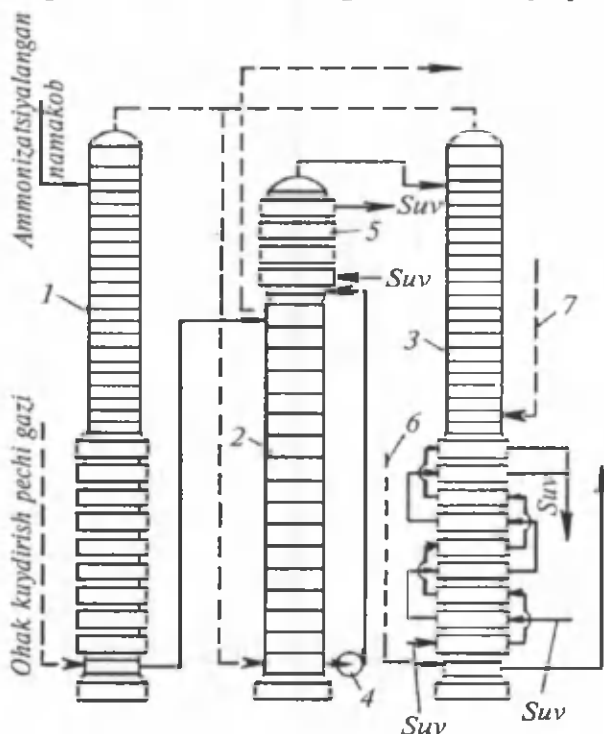


Bikarbonatni kristallanish jarayoni karbonizatsiya kolonnasining temperatura rejimiga bog'liq. Kristallarning sifatiga yuqori talablar qo'yiladi: kristallar o'lchami bo'yicha, kristallar yirik bo'lishi bir jinsli bo'lishi shart. Chunki keyingi texnologik operatsiyalar filtrlash pechlarini ishlashi mahsulotning sifati kristallanishiga bog'liq bo'ladi. Uning uchun kristallanish davrida asta-sekin sovitilib borish kerak. Dioksid uglerodni ammiakli osh tuzi eritmasi bilan absorbsiya jarayoni xemosorbsiya jarayoniga kiradi. Bu jarayonda faol komponent ammiak hisoblanadi. Absorbsiya jaryoni ikki boqichdan iborat bo'ladi: 1 chi bosqichda NaHCO<sub>3</sub> hosil bo'lmasdan ketadi, 2 chi bosqichda esa NaHCO<sub>3</sub> kristallga tusha boshlaydi. NaHCO<sub>3</sub> ning kristallanish jarayonini, ya'ni yirik to'g'ri kristallar hosil bo'lishi uchun asta sovitish bilan olib borilishi kerak, natijada eritmaning kolonnadan chiqish davrida temperaturasi 20—30°C qadar soviydi. Shunday qilib yuqori sifatli kristallar hosil bo'lishi uchun karbonizatsiya jarayonida temperatura rejimini to'g'ri ushlab turish kerak.

## 11.2. KARBONIZATSIYA BO'LIMINING TEXNOLOGIK SXEMASI

Ammoniylik osh tuzi eritmasi nasos orqali karbonizatsion kolonnani yuqori qismiga (1) yuboriladi (11.1-rasm).

Kolonnaning pastki qismiga esa ohak pechlaridan kelayotgan  $\text{CO}_2$  gazi yuboriladi. Kolonnaning yuqori qismidan pastga tushib  $\text{CO}_2$  gazini yutadi. Uni sovitish uchun sovitgichga berilib turiladi. Kolonnadan chiqayotgan eritma birinchi gaz yuvuvchi kolonna (2)ga yuboriladi. Kolonna (2) pastiga cho'ktiruvchi kolonnalardan (7) gaz yuboriladi, natijada eritma qo'shimcha  $\text{CO}_2$ ni yutadi. Eritma sovitgich (5)da sovitilib, cho'ktiruvchi kolonnalarga (3) yuboriladi. Cho'ktiruvchi kolonnaga esa ohak pechlari va ohak pechlaridan chiqqan  $\text{CO}_2$  gazi yuboriladi. Karbonizatsiya jarayonining yaxshi ketishi uchun karbonizatsiya kolonnasining pastki qismiga kompressor yordami bilan ohak gaz (70—80%) beriladi. Bu aralashma gaz soda pechlaridan chiqqan gaz 87—91%  $\text{CO}_2$  va ohak pechlaridan chiqqan gazning (35—40%) aralashishi natijasida olinadi.  $\text{CO}_2$  gazining qolgan qismi (ohak pechlaridan chiqayotgan) cho'ktiruvchi kolonnalarning (3) yuqori qismiga beriladi. Haroratning karbonizatsiya jarayonida



11.1-rasm. Karbonizatsiya bo'limi texnologik tizimi.

pasaytirish uchun cho'ktiruvchi kolonnalarning past qismida suv bilan sovituvchi sovitgichlar o'rnatilgan. Shunday qilib, bikarbonat karbonizatsiya kolonnalarida cho'ktirilib 26% li aralashma holda vakuum filtrga yuboriladi. Ajratilgan bikarbonat kalsinatsiya bo'limiga yuboriladi.

### 11.3. NATRIY BIKARBONATNING KALSINATSIYA (QIZDIRISH) QILISH JARAYONI

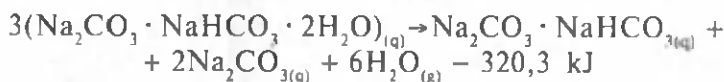
Karbonizatsiya bo'limida cho'ktirilgan va vakuum filtrda ajratilgan bikarbonat kalsinatsiya jarayoniga yuboriladi. Termik parchalanish jarayoni quyidagi reaksiya bo'yicha ketadi:



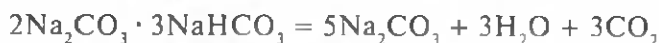
Ushbu reaksiya qaytar bo'lgani sababli temperaturaning ko'tarilishi bilan muvozanat unga siljiy boshlaydi. Fazalar qoidasi nuqtayi nazaridan tizim bitta erkinlik darajasiga ega bo'lganligi sababli gaz fazasining muvozanat bosimi faqat temperaturaga bog'liq bo'ladi. Pishmagan bikarbonat katta namlikka ega bo'lganligi sababli, qizdirish davrida pechda yirik bo'lakchalar pech devorlariga yopishib qolishi mumkin. Mazkur hodisani bo'lmasligi uchun xom navli bikarbonat kalsinatsiyaga qizdirish jarayoniga yuborishdan ilgari issiq tayyor mahsulot soda bilan aralastiriladi. Buni retur sodasi deb ataladi. Natijada bikarbonat retur sodasi bilan aralashib, yangi qattiq faza trona nomi bilan atalgan qotishma hosil bo'ladi.



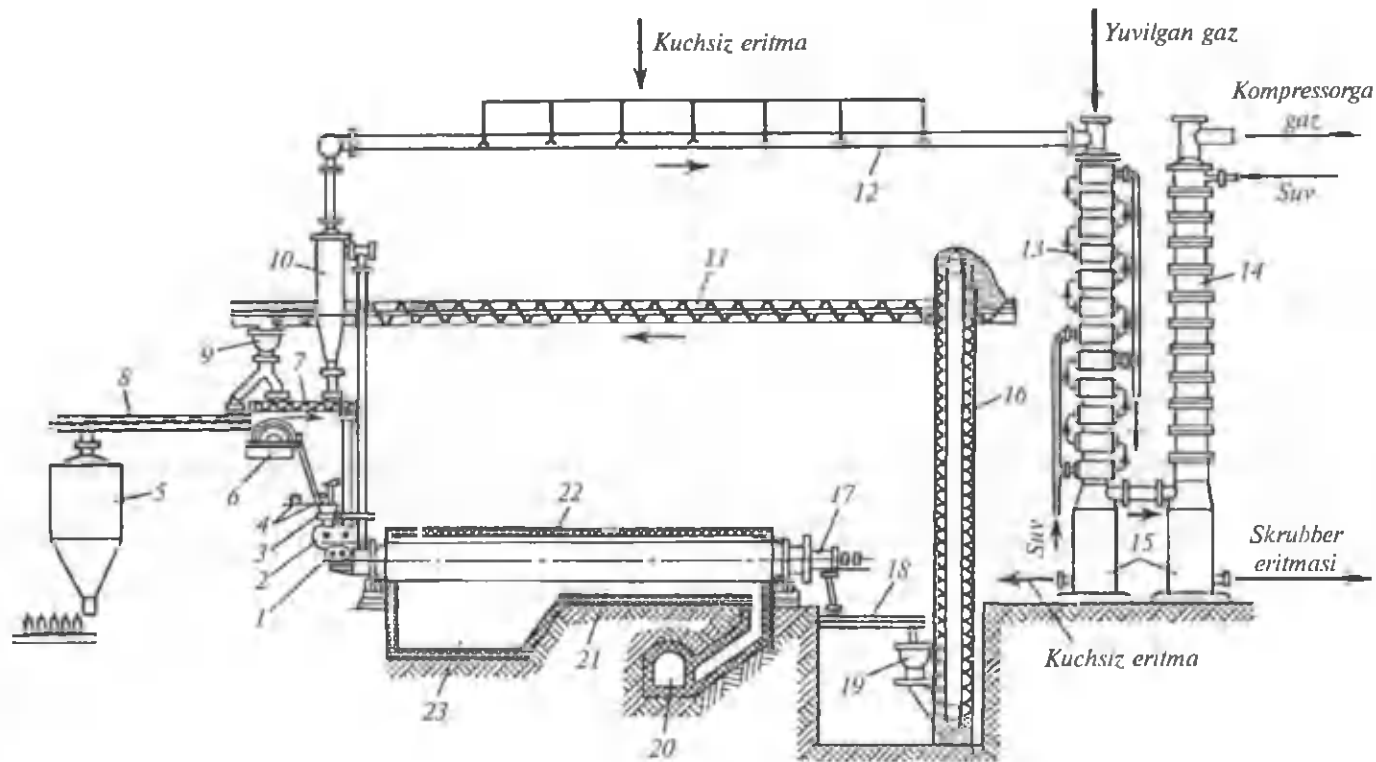
Bu reaksiya natijasida xom nam bikarbonat quruq mayda bo'lakchalarga aylanadi va bunday aralashmani pechda kuydirish ancha oson bo'ladi.



Temperatura 127°C dan oshgandan so'ng trona to'liq parchalanadi.



Shunday qilib kalsinatsiya jarayoni 126°C dan ortiq temperaturada olib borilishi lozim. Ishlab chiqarishda jaryonni tezlashtirish uchun temperatura 140°C qadar ko'tariladi.



11.2-rasm. Kalsinatsiya bo'limi texnologik tizimi.

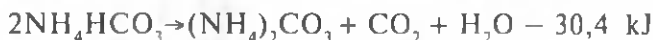
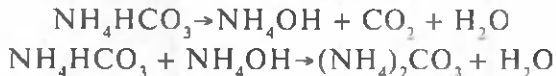
## 11.4. KALSINATSIYA JARAYONINING TEXNOLOGIK TIZIMI

Jarayonni texnologik tizimi 11.2-rasmda ko'rsatilganidek, karbonizatsiya bo'limida olingan 26%li bikarbonat aralashmasi vakuum-filtrga (6) filtrlash uchun yuboriladi. Ajratilgan eritma asosan ammoniy xloriddan tashkil topgan bo'lib, ammiakni ajratib olish uchun distillatsiya bo'limiga jo'natiladi.

Vakuum filtrda yuvilgan xom bikarbonat transportyor (4), yig'uvchi bunker (3) orqali aralashtirgich (1) ga jo'natiladi. Bu yerda transportyor orqali (7) kelgan issiq soda aralashiriladi (retur). Olingan aralashma soda pechiga (22) yuborilib, pechda kalsinatsiya parchalanish jarayoni ketadi. Hosil bo'lgan tayyor mahsulot pechdan chiqib shneklar (17, 8) va elevator orqali bir qismi retur sifatida, asosiy qismi esa shnek (8) orqali tayyor mahsulot sifatida omborga jo'natiladi.

## 11.5. SODA ISHLAB CHIQRISHDA AMMIAKNING QAYTARISH (REGENERATSIYA) JARAYONI

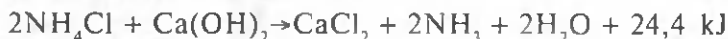
Bikarbonatning filtrlash jarayonida hosil bo'lgan suyuqlik eritmadan ammiakni ajratib olish maxsus bo'limda — distillatsiya bo'limida joriy qilinadi. Ammiakning bir qismi  $\text{CO}_2$  bilan bog'langan bo'lib, distillatsiya jarayoni ammiak va  $\text{CO}_2$  ga parchalanadi.



Harorat oshishi bilan



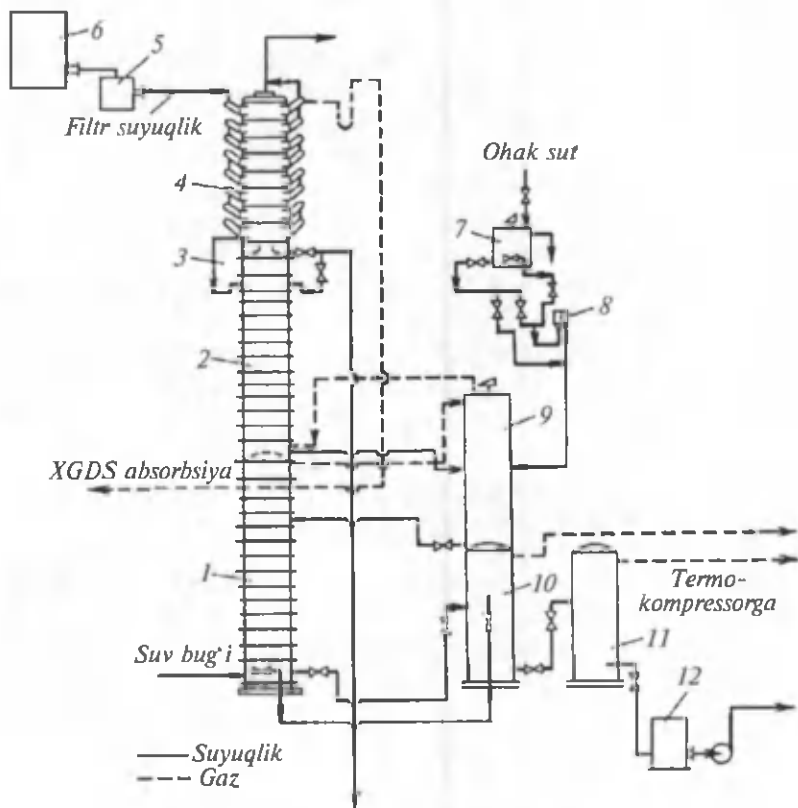
Harorat  $80^\circ\text{C}$  dan yuqorida 62%  $\text{CO}_2$  va 9% yaqin  $\text{NH}_3$  gaz fazasiga ajralib chiqadi. Xlorid ammoniy holatdagi ammiakni ajratib olish uchun eritma ohak suti bilan ishlanadi.



Hosil bo'lgan ammiakni gaz fazasida haydash uchun eritma suv bug'i yordamida  $95-115^\circ\text{C}$  ga qadar qizdiriladi. Ohak suti berishidan ilgari ammoniy karbonatini to'liq parchalash kerak, aksincha karbonat ammoniy ohak suti bilan reaksiyaga kirishi mumkin.



Natijada qisman  $\text{CO}_2$  va ohak suvini cho'ktirish mumkin. Ammiakning qaytarish (regeneratsiya) bo'limining texnologik sxemasi 11.3-rasmda keltirilgan.



11.3-rasm. Distillatsiya bo'limining texnologik tizimi.

Sxemada ifoda etilganidek filtdan kelgan suyuqlik yuqoridagi bakdan (6) issiqlik almashgichning naylari orqali yuqoridan pastga harakat qiladi. Natijada filtdan kelayotgan eritma naylar orasidagi kelayotgan bug' gaz aralashmasi hisobiga issiydi va karbonat ammoniy parchalanadi. Disstillatsiya kondensatordan (4) kelayotgan filtr suyuqligi maxsus quvur orqali (3) distiller issiqlik almashtirgichga (2) yuqoridan pastga qarab yuboriladi. Natijada suyuqlik distiller ko'tarilayotgan issiq bug' gaz aralashmasi hisobiga qiziydi va karbonat ammoniy to'liq parchalanadi. Hosil bo'lgan  $\text{CO}_2$  gaz fazasiga ko'tariladi.  $\text{CO}_2$  gazdan ajralgan filtr suyuqligi aralashtirgich (9) ga yuborilib, yuqoridan kelayotgan ohak suti bilan aralashiriladi. Aralashtirgichda  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ohak suti bilan reaksiyaga kirishadi. Reaksiya natijasida  $\text{CaCl}_2$  va  $\text{NH}_3$  hosil bo'ladi. Suyuqlik aralashtirgichdan (9) ammiakni haydash uchun distiller (1)ga yuboriladi. Distillerning past qismiga haydash jaryonini joriy qilish uchun suv bug'i beriladi.



## MA'LUMOTNOMA

1.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ning SUVDA ERUVCHANLIGI

Temperatura, °C	1 g $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 100 g $\text{H}_2\text{O}$ da eruvchanligi	Qattiq faza
-2,05	6, 06	Muz
0	6, 86	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
10	11, 98	
20	21, 58	
25	29, 20	
30	39, 70	
32	44, 50	
35, 37	49, 50	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
40	48, 90	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
50	47, 40	
60	46, 20	
70	45, 20	
90	44, 50	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
100	44, 50	
112, 5	44, 50	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
120	42, 90	
140	38, 10	
160	36, 40	
180	33, 50	
200	30, 40	
225	26, 10	
250	20, 90	
275	15, 20	
300	9, 20	
321	5, 05	
348	0, 00	

## 2. NaOHning SUVLI ERITMALARIDA Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>ning ERUVCHANLIGI

Konsentratsiya, g/l			
NaOH	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaOH	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
50°C da		100°C da	
63,44	267,00	62,50	287,70
184,50	94,70	180,90	101,30
318,20	20,40	312,80	33,80
479,50	11,65	463,00	20,10
656,00	3,64	642,00	7,40
70°C da		120°C da	
63,22	279,40	62,00	282,70
183,30	98,90	179,80	103,10
316,10	26,60	310,20	36,00
476,00	18,36	462,80	20,50
647,00	5,17	638,00	8,08
90°C da		140°C da	
62,75	281,00	61,40	283,50
181,50	100,40	177,80	103,10
313,80	31,40	306,90	36,80
475,00	19,00	461,40	21,10
644,00	6,44	631,60	7,86

### 3. NaOHning SUVDA ERUVCHANLIGI

Temperatura, °C	NaOH ning eruvchanligi			100 mol NaOH ga to'g'ri keladigan mol (suv miqdori)	Nisbiy zichlik	Qattiq faza
	% (mass.)	g/l	100 mol suvga to'g'ri keladigan NaOH molda			
0	49,1	752	434,5	230	1,531	NaOH · H <sub>2</sub> O
20	52,1	805	490,0	205	1,545	
30	54,0	840	528,5	189	1,555	
40	56,4	885	582,5	171	1,570	
50	59,3	943	656,0	152	1,590	
60	63,9	—	797,0	125	—	
64,4*	69,4	—	1002,0	998	—	
80	75,8	—	1411,0	71	—	NaOH
100	77,1	—	1516,0	66	—	
150	80,7	—	1883,0	53	—	
200	84,7	—	2493	40	—	
300	96,6	—	12795	7,8	—	
322	100,0	—	—	0,0	—	

\* Qattiq fazaning suyuqlanish temperaturasi.

#### 4. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ERITMASINING 15°C dagi NISBIY ZICHLIGI

Zichlik	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> miqdori		Zichlik	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> miqdori	
	%(mass.)	g/l		%(mass.)	g/l
1,005	0,50	5,0	1,080	7,64	82,5
1,010	1,04	10,5	1,085	8,10	87,9
1,015	1,51	15,4	1,090	8,57	93,4
1,020	1,99	20,3	1,095	9,03	98,9
1,025	2,47	25,3	1,100	9,50	104,4
1,030	2,94	30,3	1,105	9,96	110
1,035	3,41	35,3	1,110	10,43	115,7
1,040	3,88	40,4	1,115	10,91	121,6
1,045	4,36	45,5	1,120	11,39	127,6
1,050	4,83	50,7	1,125	11,86	133,4
1,055	5,30	55,9	1,130	12,32	139,2
1,060	5,77	61,1	1,135	12,78	145,0
1,065	6,24	66,4	1,140	13,24	150,9
1,070	6,70	71,7	1,145	13,70	156,8
1,075	7,17	77,1	1,150	14,15	162,8

### 5. NaHCO<sub>3</sub>ning SUVLI ERITMALARI ZICHLIGI

NaHCO <sub>3</sub> ning miqdori, %	Zichlik, kg/m <sup>3</sup>	
	18°C da	50°C da
1	1006	1006
2	1013	1013
3	1021	1020
4	1028	1027
5	1035	1034
6	1043	1041
7	1050	1048
8	1053	1055
10	—	1069
12	—	1084

### 6. NaOH SUVLI ERITMASINING ZICHLIGI (kg/m<sup>3</sup>)

NaOH konsentratsiyasi, % (mass.)	Temperatura, °C					
	0	15	30	50	80	100
5	1059,8	1055,5	1050,1	1041,2	1024,3	1011,5
10	1117,1	1111,1	1104,3	1094,2	1077,1	1064,3
20	1229,6	1221,8	1213,6	1202,0	1183,3	1170,0
30	1340,0	1390,9	1321,7	1309,0	1289,2	1275,5
40	1443,5	1433,4	1423,2	1409,5	1388,9	1375,0
50	1540,0	1529,0	1518,1	1503,8	1482,7	1469,0

7. Suvli eritmalarning nisbiy qovushoqligi (25°C da eritmaning dinamik qovushoqligining shu temperaturadagi suvning qovushoqligiga nisbati):

Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> konsentratsiyasi ekv/l	1,0	0,5	0,25	0,125
Nisbiy qovushoqlik	1,2847	1,1367	1,0610	1,0310

8. NaHCO<sub>3</sub> suvli eritmasining 18°C dagi qovushoqligi:

NaHCO <sub>3</sub> miqdori, %	2,06	4,03	7,75
Qovushoqlik, Pa · s	1,204 · 10 <sup>-3</sup>	1,851 <sup>-2</sup>	2,328 · 10 <sup>-3</sup>

9. NaOH SUVLI ERITMASINING QOVUSHOQLIGI  
(Pa · s)

20°C da NaOH ning konsentrat- siyasi, g/l	Temperatura, °C				
	18	25	40	60	80
40	0,001292	0,001090	0,000800	0,000573	—
80	0,001582	0,001327	0,000967	0,000689	—
163	0,002694	0,002220	0,001555	0,001051	—
202	0,003472	0,002769	0,001889	0,001268	—
250	0,004807	0,003766	0,002454	0,001564	—
400	—	—	—	0,003310	0,002190
500	—	—	—	0,004470	0,000040

10. NaOH SUVLI ERITMASINING ISSIQLIK  
O'TKAZUVCHANLIGI

NaOH ning konsentratsiyasi, % (mass.)	Issiqlik o'tkazuvchanlik, W/(m · k)	
	0°C ga	80°C ga
10	0,576	0,680
20	0,590	0,695
30	0,596	0,700
40	0,601	0,701
60	—	0,701

### 11. $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ning ISSIQLIK SIG'IMI:

Temperatura, °C	0	20	100
$C_p$ , kJ/(kg · K)	1,018	1,043	1,131

### 12. NaOH SUVLI ERITMASINING ISSIQLIK SIG'IMI [J/(kg · K)]

NaOH konsentratsiyasi, % (mass.)	Temperatura, °C			
	10	39	93	149
10	3740	3810	3860	—
20	3575	3660	3720	—
40	3400	3460	3480	—
60	—	2960	2920	2880

### 13. 400 mol $\text{H}_2\text{O}$ da SODANING ERISH ISSIQLIGI:

	kJ/mol
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	23,6
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	9,4
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	-67,7

### 14. NaOHning ERISH ISSIQLIGI\*

NaOH konsentratsiyasi, % (mass.)	NaOH erish issiqligi, kJ/kg	NaOH konsentratsiyasi, % (mass.)	NaOH ning erish issiqligi, kJ/kg
5	1248,6	30	1122,9
10	1240,2	35	1055,9
15	1231,9	40	980,5
20	1206,7	45	900,9
25	1173,2	50	812,9
55	733,3	80	326,8
60	649,5	85	243,0
65	569,8	90	159,2
70	486,0	95	83,8
75	402,2	—	—

\* Suyultirish issiqligi va eritmalarning konsentrlanishi boshlang'ich va oxirgi eritmalar uchun issiqlik erishining ayirmasi sifatida aniqlanadi.

### 15. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> suvli eritmalarining 101 kPa da qaynash temperaturasi:

NaOH konsentratsiyasi, % (mass.)	4,3	30	51	93
Qaynash temperaturasi, °C	101	110	120	140



## ADABIYOTLAR

1. Химическая технология неорганических веществ. В 2 кн. Кн. 1. Учебное пособие/ *Т.Г. Ахметов, Р.Т. Порфирьева, Л.Г. Гайсин, Л.Т. Ахметова, Я.М. Каримов, А.И. Хауринов*; Под ред. Т.Г. Ахметова. — М.: Высш. шк., 2002.
2. *А.М. Кутепов, Т.И. Бондарев, М.Г. Беренгартен*. Общая химическая технология. Учеб. пособие для техн. вузов/ — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Высш. шк., 1990.
3. Основы химической технологии: Учебник для студентов вузов/ *И.П. Мухленов, А.Е. Горштейн, Е.С. Тумаркина, В.Д. Тамбовцева*. Под ред. И.П. Мухленова — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1983.
4. Основы химической технологии: Учебник для студентов хим. технол. спец. вузов/ *И.П. Мухленов, А.Е. Горштейн, Е.С. Тумаркина*. Под ред. И.П. Мухленова. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1991. — 463 с.: ил.
5. Общая химическая технология. В 2-х частях/ *И.П. Мухленов, А.Я. Авербух, Д.А. Кузнецов, А.Г. Амелин, Е.С. Тумаркина, И.Э. Фурмер*. Под ред. И.П. Мухленова. Учебн. для вузов. Ч. II. Важнейшие химические производства. Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1977. — 288 с.: ил.
6. Технология связанного азота/ *В.И. Атрощенко, А.М. Алексеев, А.П. Засорин, И.П. Кириллов, В.И. Конвисар, А.Я. Лобойко, А.В. Шапка, А.Р. Ястребенецкий*; Под ред. акад. АН УССР В.И. Атрощенко. — К.: Вища школа. Головное изд-во, 1985. — 327 с.: ил.
7. *Е.Я. Мельников, В.П. Салтанова, А.М. Наумова, Ж.С. Блинова*. Технология неорганических веществ и минеральных удобрений: Учебник для тех-в. — М.: Химия, 1983.
8. Справочник азотчика. В 2-х томах. Коллектив авторов. Т.2. (под ред. Е.Я. Мельникова) — М.: Химия, 1969.
9. Толковый словарь по химии и химической технологии. Основные термины/ *С.М. Баринов, Б.Е. Восторгов, Л.Я. Герцберг* и др. Под ред. Ю.А. Лебедова. — М.: Рус.яз., 1987.
10. Қисқачча русча-ўзбекча лугат. Т.: Ўқув пед. нашр., 1958.
11. Русско-узбекский словарь/ *О. Азизов, С. Ақобиров, Ф. Алиева, З. Аминов, К. Мухамедов, О. Рахимий, В. Рахимова*. Под ред. Р. Абдурахманова. — М.: Гос.издат. иностранных и национальных словарей., 1954.
12. *М.И. Ведерников, В.С. Кобозев, И.В. Рудой*. Технология соединений связанного азота. М.: Высшая школа, 1967.
13. *В.И. Атрощенко, А.М. Алексеев, А.П. Засорин* и др. Курс технологии связанного азота. Под ред. чл. корр. АН УССР В.И. Атрощенко. Изд. 2-е, пер. и доп. М.: Химия., 1969.

14. *Х.У. Усмонов, Х.Р. Рустамов, Х.Р. Раҳимов.* Физикавий химия. Университетлар ва бошқа олий ўқув юр்தларининг химия факультетлари учун дарслик. Проф. Х.У. Усмоновнинг умумий таҳрири остида қайта ишланган иккинчи нашри. Тошкент.: Ўқитувчи, 1974.
15. *В. Штрубе.* Пути развития химии. В. 2-х томах. Т.2. Перев. с немц. — М.: Мир. 1984.
16. Справочник азотчика: физико-химические свойства газов и жидкостей. Производство технологических газов. Синтез аммиака. — 2-е изд. Перераб., М.: Химия, 1986.
17. *В.И. Левашов.* Занимательная химия. М.: 1962.
18. *С. Ахметов.* «Химическая технология неорганических веществ», т. 1, 2 М.: 2002.
19. *А.А. Ismatov, Т.А. Отақо'ziyev, F.M. Mirzayev, N.P. Ismoilov.* Noorganik materiallar kimyoviy texnologiyasi. — Т.: О'zbekiston, 2002.
20. *М.Е. Позин.* Технология минеральных удобрений, издание шестое, Л.: «Химия».
21. *Р.С. Соколов.* Химическая технология, — М.: «Владос», 2000.
22. *В.Н. Кочетков.* Фосфоросодержащие удобрения: Справочник, М.: «Химия». 1982.
23. *С.Д. Эвенчик, А.А. Бродский.* Технология фосфорных и комплексных удобрений. М.: «Химия», 1987.
24. *Б.Ф. Кармышев.* Химическая переработка фосфоритов. М.: «Химия», 1983.
25. *Б.А. Копылев.* Технология экстракционной фосфорной кислоты. 2-ое издание, Л.: «Химия», 1981.
26. *М.Л. Чепелевецкий, Е.Б. Бруцкус.* Суперфосфат. Физико-химические основы производства. М.: Госхимиздат, 1958 г.
27. Двойной суперфосфат; Технология и применение (*М.А. Шапкин, Т.И. Завертяева, Р.Ю. Зинюк, Б.П. Гуллер.* Л.: «Химия», 1987.
28. Технология аммиачной селитры. (Под ред. В.К. Олевского) М.: «Химия» 1978.
29. *Д.М. Горловский, Л.Н. Альтшуллер, В.И. Кучерявой.* Технология карбамида, Л.: Химия, 1981.
30. *С.Н. Ладарин, Е.Я. Стеценко.* Сульфат аммония. М.: Металлургия, 1973.
31. *В.А. Клевке, И.А. Левин, Д.А. Петряева, А.Ф. Тоцев.* Жидкие азотные удобрения. М.: Химия, 1979.
32. Технология калийных удобрений (Под ред. В.В. Печковского, О.Д. Кашкаров, И.А. Соколов). Технология калийных удобрений. Л.: Химия, 1978.
33. *М.В. Катылов.* Микроэлементы и микроудобрений. М.: Химия, 1965.
34. *А.Н. Доходова, Б.Ф. Кармышев.* Производство и применение фосфатов аммония. М.: Химия, 1986.
35. *М.Н. Набиев.* Азотнокислотная переработка фосфоритов. Т.: ФАН, 1976.

## MUNDARIJA

Kirish .....	3
--------------	---

### *Birinchi qism*

#### SULFAT KISLOTA TEXNOLOGIYASI

1-bob. Sulfat kislota texnologiyasi .....	5
1.1. Umumiy ma'lumotlar .....	5
1.2. Ishlab chiqarish usullari .....	6
1.3. Sulfat kislotasi va oleum xossalari .....	8
2. Sulfat kislotasini ishlab chiqarish uchun xomashyo .....	12
2.1. Oltingugurt .....	13
2.2. Boshqa turdagi xomashyolar .....	14
2.3. Oltingugurtli xomashyolarning qiyosiy bahosi .....	15
3. Oltingugurt dioksidini olish .....	15
3.1. Kolchedanni kuydirish .....	16
3.2. Oltingugurtli xomashyoni yondirishda ishlatiladigan pechlar .....	18
3.3. Gazni aralashmalardan tozalash .....	27
4. Sulfat kislota ishlab chiqarishning kontakt usuli .....	30
4.1. Oltingugurt to'rt oksidining oksidlanishi. Oksidlanish jarayonining nazariy asoslari .....	30
4.2. Oksidlanish katalizatorlari .....	33
4.3. Kontakt apparatlari .....	34
4.4. SO <sub>3</sub> absorbsiyasi .....	39
4.4. Ishlab chiqarishning zamonaviy texnologik sxemalari. Ikkilangan kontaktlashish (ik) va ikkilangan absorbsiyalashish (ia) sxemasi .....	41
4.5. Sulfat kislota ishlab chiqarish jarayonini avtomatlashtirish .....	47
5. Nitroza usuli bilan sulfat kislota ishlab chiqarish .....	50
5.1. Jarayonning nazariy asoslari .....	50
5.2. Texnologik sxema .....	51
6. Sulfat kislota ishlab chiqarishda texnika xavfsizligi .....	53

### *Ikkinchi qism*

#### BOG'LANGAN AZOT TEXNOLOGIYASI

2-bob. Ammiak sintezi uchun azot ishlab chiqarish .....	55
2.1. Bog'langan azot birikmalarini ishlab chiqarish zarurati .....	55
2.2. Azotning tabiatda aylanishi .....	56
2.3. Atmosfera havosi azotini bog'lashning turlari va usullari .....	57

2.4. Kalsiy sianamidi olishning usullari .....	61
2.5. Elementar azotning xususiyatlari va birikmalari .....	64
2.6. Bog'langan azot ishlab chiqarish xomashyolari .....	66
2.7. Bog'langan azot ishlab chiqarish ko'amlari va O'zbekiston Respublikasidagi korxonalari .....	70
<b>3-bob. Atmosfera havosidan azot va kislorod ishlab chiqarish</b> .....	74
3.1. Havoni ajratish usullari .....	74
3.2. Sovuqlikni olishning nazariy asoslari .....	76
3.3. Chuqur sovuqlik qurilmalari sikllari .....	84
3.3.1. Yuqori bosimli birlamchi drossellash effektidan foydalanuvchi sikl (Linde sikli) .....	84
3.3.2. Bir qism havoni detanderda kengaytiruvchi o'rta bosimli sikl (Klod sikli) .....	86
3.3.3. Havoning asosiy qismini turbodetanderda kengaytiruvchi past bosimli sikl (Kapitsa sikli) .....	88
3.4. Rektifikatsiya usuli bilan havoni ajratish .....	89
3.5. Havoni ajratish uchun aralashmalardan tozalash .....	95
3.5.1. Atmosfera havosini changdan tozalash .....	96
3.5.2. Havoni suv bug'idan tozalash .....	96
3.5.3. Atmosfera havosini uglerod dioksididan tozalash .....	98
3.5.4. Atmosfera havosini asetilendan tozalash .....	100
3.6. Havo ajratish qurilmalarining xillari .....	101
3.7. Akt-15 qisimli havo ajratish qurilmasi texnologik tasviri .....	104
3.8. Akt-15 havo ajratish qurilmasining asosiy jihozlari .....	109
3.8.1. Regeneratorlar .....	109
3.8.2. Pastki rektifikatsiya minorasi .....	110
3.8.3. Yuqori rektifikatsiya minorasi .....	111
3.8.4. Asosiy kondensator — bug'latgich .....	112
3.9. Havoni ajratish qurilmasi mahsulotlari navlari .....	113
3.10. Azot, kislorod va inert gazlar ishlab chiqarish jarayonining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari .....	114
3.11. Havo ajratish qurilmalarida texnika xavfsizligi .....	117
3.12. Akt-15 havo ajratish qurilmasini avtomatlashtirish .....	125
3.13. Havo ajratish qurilmalarining gaz holdagi va suyuqlantirilgan gazlarini saqlash va tashish .....	126
<b>4-bob. Vodorod va azot-vodorod aralashmasini ishlab chiqarish</b> .....	128
4.1. Elementar vodorodning fizik-kimyoviy xususiyatlari, xalq xo'jaligidagi ahamiyati va navlari .....	128
4.2. Sanoat miqyosida vodorod ishlab chiqarish .....	132
4.3. Kimyoviy usul bilan vodorod ishlab chiqarish .....	132
4.4. Uglevodorodli gazlarni konversiyalash usuli bilan vodorod ishlab chiqarish .....	135
4.5. Uglevodorodli gazlarni konversiyalashning nazariy asoslari .....	137
4.6. Metanni suv bug'i bilan konversiyalash .....	139
4.7. Metanni bug'-kislorodli, bug'-kislorod-havoli, bug'-kislorod-azotli va bug'-uglerod to'rt oksidli konversiyalash .....	143
4.8. Metan konversiyasi katalizatorlari .....	145

4.9. Metan va uglerod monooksidi konversiyasi jarayonlarining texnologik tasvirlari .....	147
4.10. Metanning bir bosqichli bug'-kislrodli konversiyasi tasviri .....	147
4.11. Gazlarni bosim ostida yuqori temperaturali (nokatalitik) kislrodli konversiyalash .....	151
4.12. Tabiiy gazlarni bosim ostida ikki bosqichli bug'li va bug'-havoli katalitik konversiyalash .....	153
4.13. Agregatni avtomatlashtirish .....	160
<b>5-bob. Vodorod olishning boshqa usullari .....</b>	<b>162</b>
5.1. Vodorodni elektroliz usuli bilan olish .....	162
5.2. Vodorodni biologik usul bilan olish .....	164
5.3. Koks gazidan azot-vodorod aralashmasini ishlab chiqarish .....	164
5.3.1. Koks gazini ishlab chiqarish .....	165
5.3.2. Koks gazini qoldiq aralashmalardan tozalash .....	168
5.3.3. Koks gazini komponentlarga ajratishning nazariy asoslari .....	169
5.3.4. Koks gazlarini ajratish agregatlarining turlari .....	171
5.3.5. KR-32T koks gazini ajratish agregatining texnologik tasviri bayoni .....	172
5.4. Vodorod ishlab chiqarish usullarini taqqoslash .....	179
<b>6-bob. Konvertirlangan gazlarni uglerod monooksidi va dioksididan tozalash .....</b>	<b>183</b>
6.1. Etanolaminlar eritmaları bilan konvertirlangan gazlarni uglerod dioksididan tozalash .....	183
6.2. Konvertirlangan gazlarni uglerod dioksididan tozalash qurilmalarining asosiy apparatlari .....	188
6.3. Monoetanolaminli tozalash jarayonini nazorat qilish va avtomatlashtirish .....	189
6.4. Konvertirlangan gazni uglerod dioksididan potashning qaynoq eritmasi bilan tozalash .....	191
6.5. Potash eritmasi bilan tozalash qurilmasining asosiy apparatlari .....	194
6.6. Uglerod dioksididan konvertirlangan gazni potashli usul bilan tozalash jarayonini nazorat qilish va avtomatlashtirish .....	194
6.7. Konvertirlangan gazni uglerod monooksididan tozalash .....	195
6.8. Konvertirlangan gazni uglerod monooksididan mis-ammiakli eritma bilan tozalash .....	196
6.9. Konvertirlangan gazni uglerod monooksididan suyuq azotda yuvish bilan tozalash .....	200
6.10. Konvertirlangan gazni kislrodli birikmalardan metanlashtirish usuli bilan tozalash .....	202
6.11. Metanlashtirish jarayonini nazorat qilish va avtomatlashtirish .....	204
<b>7-bob. Gazlarni siqish .....</b>	<b>206</b>
<b>8-bob. Ammiak sintezi .....</b>	<b>211</b>
8.1. Ammiakning fizik-kimyoviy xususiyatlari, qo'llanishi va navlari .....	211
8.2. Jarayonning nazariy asosi .....	212
8.3. Ammiak sintezi jarayonida qo'llaniladigan katalizatorlar .....	214
8.4. Katalizatorlarni tayyorlash .....	215
8.5. Sanoat katalizatorlarining ishlash sharoitlari .....	217

8.6. Ammiak sintezida qo'llanadigan katalizatorlarning zaharlanishi .....	219
8.7. Sirkulatsiya gazlari aralashmasidan ammiakni ajratib olish .....	219
8.8. Ammiak sintezi qurilmalarining texnologik tizimlari .....	220
8.9. Markazdan qochma sirkulatsiya kompressorli ammiak sintezi agregati .....	222
8.10. Ammiakni sintez qilish yuqori bosimli injektorli agregati .....	225
8.11. Katta birlamchi quvvatga ega bo'lgan ammiak ishlab chiqaruvchi energotexnologik agregatlar .....	228
8.12. Yiliga 450 ming tonna sintetik ammiak ishlab chiqaruvchi energotexnologik agregatning asosiy jihozlari .....	231
8.13. Ammiak sintezi qurilmalarining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari .....	236
8.14. Sintetik ammiak ishlab chiqarish jarayonini boshqarish va avtomatlashtirish .....	238
8.15. Azot va vodoroddan sintetik ammiak ishlab chiqarishdagi texnika xavfsizligi .....	241
<b>9-bob. Azot kislotasi ishlab chiqarish .....</b>	<b>245</b>
9.1. Azot kislotasining fizik-kimyoviy xususiyatlari .....	245
9.2. Azot kislotasining xalq xo'jaligidagi ahamiyati .....	250
9.3. Azot kislota ishlab chiqarish xomashyolari .....	251
9.4. Azot kislotasini ishlab chiqarish usullari haqida qisqacha ma'lumot .....	251
9.5. Azot kislotasi navlari va ularga standartlarning talablari .....	252
9.6. Azot kislotasini saqlash va tashish .....	253
9.7. Azot kislotasini ammiakdan ishlab chiqarish va uning asosiy bosqichlari .....	254
9.8. Ammiakni kontaktli oksidlashning fizik-kimyoviy asoslari .....	254
9.9. Ammiakni selektiv oksidlash katalizatorlari, ularning zaharlanishi va tiklanishi .....	256
9.10. Ammiakni azot monooksidiga oksidlanish mexanizmi .....	260
9.11. Ammiak-havo aralashmasini platina katalizatori bilan uchrashish vaqti .....	261
9.12. Azot monooksidini hosil bo'lishiga bosimning ta'siri .....	262
9.13. Azot monooksidini oksidlash jarayonining nazariy asoslari .....	263
9.14. Azot oksidlari absorbsiyasi jarayonining fizik-kimyoviy asoslari .....	266
9.15. Azot kislotasi ishlab chiqarish texnologik tizimlarining turkumlari .....	268
9.16. Atmosfera bosimi ostida ishlaydigan azot kislotasi ishlab chiqarish qurilmasining texnologik tizimi .....	269
9.17. Azot kislotasini bosim ostida ishlab chiqarish texnologiyasi .....	273
9.18. Qo'sh 0,1—0,35 MPa bosim ostida ishlaydigan azot kislota qurilmasining texnologiyasi .....	277
9.19. Birlamchi quvvati katta bo'lgan azot kislotasi ishlab chiqarish agregatlari .....	281
9.20. Azot kislotasi ishlab chiqarishda atrof-muhit muhofazasi bo'yicha tadbirlar .....	285
9.21. Tashlandiq nitroza gazlarini tozalash .....	287
9.22. Azot kislota ishlab chiqarishning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari .....	289
9.23. Kuchsiz azot kislotasini konsentrlash .....	292

9.24. Kuchsiz azot kislotasini kuchli sulfat kislotasi yordamida konsentratsiyasini oshirish .....	293
9.25. Kuchsiz azot kislotasini magniy nitrati yordamida konsentrlash .....	296
9.26. Konsentrlangan azot kislotasini to'g'ridan to'g'ri sintez qilish .....	299
9.27. Azot kislotasi ishlab chiqarishda texnika xavfsizligi va mehnat muhofazasi .....	306

### *Uchinchi qism*

## MINERAL O'G'ITLAR TEXNOLOGIYASI

Mineral o'g'itlarning xalq xo'jaligi va qishloq xo'jaligidagi ahamiyati .....	308
<b>1-hob. Mineral o'g'itlar texnologiyasi nazariy asoslari</b> .....	311
1.1. Mineral o'g'itlarni ishlab chiqarishda bir turli texnologik jarayonlar .....	311
1.2. Eritish va eritib ajratib olish .....	316
1.3. Suv eritmasidan moddalarni kristallash .....	319
1.4. Tuzlarni ajratish .....	321
1.5. Organik erituvchi moddalar bilan ekstraksiya qilish .....	322
1.6. Flotatsiya .....	324
1.7. Fosfor o'g'itlari, xomashyo va fosfor o'g'itlarini guruhlash .....	325
<b>2-hob. Oddiy superfosfat ishlab chiqarishning nazariy asoslari va texnologiyasi, apparatlari</b> .....	328
2.1. Oddiy superfosfat .....	328
2.2. Qo'shsuperfosfat ishlab chiqarishning nazariy asoslari va texnologiyasi .....	334
<b>3-hob. Fosfor kislotani ishlab chiqarish usullari. Ekstraksiya va termik usullar</b> .....	337
3.1. Fosfor kislotani ishlab chiqarish .....	337
3.2. Termik usul .....	341
<b>4-hob. Azot o'g'itlari ishlab chiqarish nazariy asoslari va texnologiyasi</b> .....	345
4.1. Ammoniy selitrasi .....	345
4.2. Ammoniy sulfati .....	352
4.3. Suyuq azot o'g'itlari .....	355
4.4. Karbamid .....	357
<b>5-hob. Kaliy o'g'itlari: Silvinitni qayta ishlash nazariy asoslari va texnologiyasi, kaliy sulfati</b> .....	362
5.1. Gallurigiya usuli .....	364
5.2. Silvinitni qayta ishlash texnologik sxemasi .....	365
5.3. Kaliy sulfati .....	366
<b>6-hob. Murakkab o'g'itlar</b> .....	368
6.1. Ammoniy fosfatlar .....	368
6.2. Nitroammofosfat va karboammofosfatlar .....	372
6.3. Karbonat usuli .....	376
6.4. Suyuq murakkab (kompleks) o'g'itlar .....	378
<b>7-hob. Mikroo'g'itlar</b> .....	380
<b>8-hob. Ozuqa fosfatlar</b> .....	382
8.1. Termik fosfatlar .....	383
<b>9-hob. Ba'zi bir mineral tuzlar texnologiyasi</b> .....	384
9.1. Natriy sulfidi .....	386
9.2. Bariy xlorid .....	387
9.3. Tuz kislotasi usuli .....	388

9.4. Xrom tuzlari .....	389
<b>10-bob. Xlorid kislotasi</b> .....	394
10.1. Xlorli vodorodni ishlab chiqarish .....	395
10.2. Xlor va vodoroddan HCl ni sintez qilish .....	397
<b>11-bob. Kalsinatsiya qilingan soda mahsulotlarini ishlab chiqarish</b> .....	400
11.1. Ammiak bilan to'yintirilgan eritmani karbonizatsiya qilish .....	403
11.2. Karbonizatsiya bo'limining texnologik sxemasi .....	404
11.3. Natriy bikarbonatning kalsinatsiya (qizdirish) qilish jarayoni .....	405
11.4. Kalsinatsiya jarayonining texnologik tizimi .....	407
11.5. Soda ishlab chiqarishda ammiakning qaytarish (regeneratsiya) jarayoni .....	407
Ilova .....	409
Adabiyotlar .....	417

*Fattoh Mirzayevich Mirzayev,  
Temirjon Azim o'g'li Otaqo'ziyev,  
Shavkat Abdullayevich Yakubov*

## NOORGANIK MODDALAR VA MINERAL O'G'ITLAR TEXNOLOGIYASI

*Kash-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma*

Toshkent — «Talqin» — 2007

Muharrir *A. Boboniyozov*

Musavvir *J. Gurava*

Texnik muharrir *T. Smirnova*

Musahhih *G. Ahmedova*

Kompyuterda sahifalovchi *Y. Gilmutdinova*

Bosishga 06.08.2007 da ruxsat etildi. Bichimi 60×90<sup>1/16</sup>.

«Tayms» garniturasida ofset bosma usulida bosildi. Shartli b.t. 26,5.  
Nashr. t. 26,5. Jami 1455 nusxa. Shartnoma № 6/07. 197-raqamli buyurtma.

«Talqin» nashriyoti, Toshkent-129, Navoiy ko'chasi-30.

«Arnaprint» MChJda sahifalanib, chop etildi.

Toshkent, H.Boyqaro ko'chasi, 41.