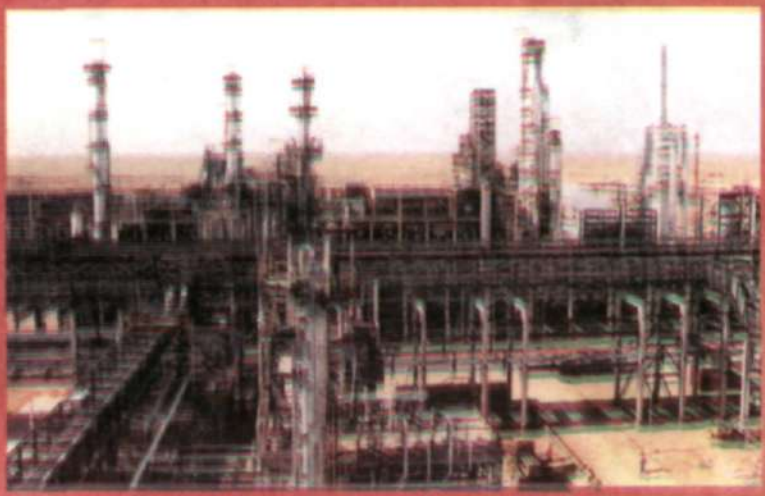
ZOKIRJON SALIMOV

NEFT VA GAZNI QAYTA ISHLASH JARAYONLARI VA USKUNALARI



O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

ZOKIRJON SALIMOV

NEFT VA GAZNI QAYTA ISHLASH JARAYONLARI VA USKUNALARI

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi oliy o‘quv yurtlari bakalavriatining «Neft va neft-gazni qayta ishlash texnologiyasi» yo‘nalishi bo‘yicha ta’lim oladigan talabalar uchun darslik sifatida tavsiya etgan

TOSHKENT – 2010

35.514
S26
Z.Salimov. Neft va gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari. – T.: «Aloqachi», 2010. 508 bet.

Ushbu darslikda talabalar neft, gaz va boshqa uglevodorodli xomashyolarni qayta ishlash jarayonlarining umumiy nazariy asoslari bilan tanishtiriladi. Darslikda gidromexanik, mexanik, issiqlik, modda almashinish va kimyoviy jarayonlarining nazariy va amaliy tomonlari, eng muhim uskunalarning tuzilishi va ishlash prinsiplari, ularni hisoblash uslublari bayon etilgan.

Kitobda ekologiya, modda va energiyani tejash, istiqbolli jarayonlar va uskunalardan foydalanish, ishlab chiqarish jarayonlarini zamonaviy usullar bilan jadallashtirish masalalarini yoritishga alohida ahamiyat berilgan. Shu bilan birga, asosiy atamalarning ta'rifi, ilmiy tadqiqot ishlarini olib borish uchun aniq mavzular, test savollaridan namunalar keltirilgan.

Darslik asosan neft va neft-gazni qayta ishlash texnologiyasi yo'nalishi bo'yicha ta'lim oladigan talabalarga mo'ljallangan bo'lib, undan turdosh ixtisosliklar bo'yicha tahsil oluvchi talabalar, aspirantlar, doktorantlar, ilmiy xodimlar, o'qituvchilar, loyihachilar va muhandis-texnik xodimlar, shuningdek, shu sohaga qiziqqan barcha kitobxonlar ham foydalanishi mumkin.

BBK 35.514я73+35.514-5я73
UDK:622.276 (075)

Taqrizchilar: – texnika fanlari doktori, professor **B.I. Muhamedov**
texnika fanlari doktori **I.M. Saydahmedov**
kimyo fanlari doktori, professor **G.R.Narmetova**

N778–4103/2010
ISBN 978-9943-326-62-0

© «Aloqachi» nashriyoti, 2010.

Azizu mukarram zotlarim Olimjon
va Karomatxon Salimovlarning
yorqin xotirasiga bag'ishlanadi

SO'Z BOSHI

O'zbekistonda neft-gazni qayta ishlash sanoati yaxshi rivojlanayotgan tarmoqlardan biri bo'lib, uning xalq xo'jaligidagi salmog'i mamlakatimiz mustaqillikka erishgandan so'ng yildan-yilga ortib bormoqda. Ushbu sohaga tegishli sanoat korxonalari zamonaviy asbob-uskuna va qurilmalar bilan jihozlangan bo'lib, ularda eng ilg'or texnologiyalar asosida mahalliy xomashyolar qayta ishlanib, tayyor mahsulotlar (benzin, aviakerosin, aviabenzin, dizel yonilg'isi, neft moylari, suyultirilgan gaz, polietilen granulalari, oltingugurt va boshqalar) olinmoqda.

Respublikamiz kimyogar olimlari va mutaxassislari oldida hali o'z yechimini kutayotgan ulkan muammolar turibdi. Bu muammolar jumlasiga qovushoqligi katta bo'lgan neftlarning oquvchanligini ko'paytirish, suv-neft emulsiyalarini parchalash uchun samarali deemulgatorlarni sintez qilish, neft xomashyosini birlamchi tozalash uchun yangi usullarni izlab topish, xomashyo va neft mahsulotlarini issiqlik ta'sirida qayta ishlash jarayonlarini takomillashtirish, neftni qayta ishlash darajasini oshirish, gidrogenizatsion jarayonlarni jadallashtirish uchun o'ta faol katalizatorlarni yaratish, gaz kondensati tarkibidan har xil erituvchilarni olishni tashkil etish, texnikaning turli sohalari uchun mahalliy xomashyolar asosida moylash materiallari olishni kengaytirish, neft mahsulotlarining sifat ko'rsatgichlarini yaxshilash maqsadida ularga oz miqdorda qo'shiladigan moddalarni sintez qilish, ishlab chiqarishda xomashyo sifatida ishlatiladigan tabiiy gazni chuqur va kompleks tozalash, chiqindisiz va kam energiya talab qiladigan texnologik jarayonlarni kashf etish, tabiiy gazdan suyuq yonilg'i olish texnologiyasini yaratish, yuqori samarali texnologik qurilmalarni ishlab chiqish, asbob-uskuna va jihozlarni korroziya va yemirilishdan saqlashning samarali yo'llarini topish, ishlab chiqarishning suyuq va gazsimon chiqindilarini yaxshi tozalaydigan zamonaviy uskunalarni taklif etish kabilarni kiritish mumkin.

Neft va gazni qayta ishlash sanoati korxonalarida uglevodorodli xomashyolarni zamonaviy texnologiyalar asosida qayta ishlab, xalq xo'jaligi uchun muhim bo'lgan mahsulotlar ishlab chiqarishni tashkil etish va boshqarish hamda fan va texnika yutuqlaridan amaliyotda doimo foydalanib borish uchun yuqori malakali muhandis kadrlar (bakalavr va magistrlar) kerak, albatta. O'zbekiston Respublikasining ta'lim to'g'risidagi qonuni va Kadrlar tayyorlash milliy dasturi talablaridan kelib chiqqan holda bakalavr va magistrlar har tomonlama bilimdon, ilg'or davlatlar tajribalari bilan tanish, yangi ilmiy g'oyalar va texnikaviy yechimlarni yaratish qobiliyatiga ega bo'lishlari zarur. Kadrlar o'ziga xos zamonaviy tafakkurli, bilimli, malakali va ayni paytda yuksak ma'naviy komillik sifatlariga ega bo'lishi, O'zbekistonning kelajagi, mustaqilligimiz kelajagi uchun mas'ul, jonkuyar, fidoyi insonlar bo'lmog'i kerak. Bakalavriat va magistratura talabalarining chuqur va mustahkam bilim olishlarida «Neft va gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari» fani katta ahamiyatga molikdir.

Oliy o'quv yurtlari talablari uchun «Neft va gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari» fani bo'yicha hozirgi kungacha o'zbek tilida zamonaviy darsliklar yaratilgani yo'q. Bu fan talablarga o'z ixtisosliklarini chuqur egallashga, ularning texnikaviy bilimlarini mustahkamlashga, qanday qilib ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va texnologik uskunalardan unumli va muqobil rejimda foydalanish mumkinligini o'rgatadi.

Darslik asosan 5522500-neft va neft-gazni qayta ishlash texnologiyasi yo'nalishi bo'yicha ta'lim oladigan talabalarga mo'ljallangan bo'lib, undan quyidagi turdagi yo'nalishlar talabalari ham foydalanishi mumkin :

5520700 – texnologik mashinalar va jihozlar;

5522400 – kimyoviy texnologiya;

5540300 – neft va gaz ishi;

5850100 – atrof-muhit muhofazasi.

Kitobxonga taqdim etilayotgan ushbu darslik muallifning ko'p yillik ilmiy-pedagogik tajribasidan kelib chiqib yozilgan bo'lsada, ayrim kamchiliklardan xoli bo'lmasligi mumkin. Shuning uchun kitobning sifatini yaxshilashga qaratilgan o'z fikr-mulohazalarini aytgan o'rtoqlarga muallif oldindan minnatdorchilik bildiradi.

O'ZBEKISTONDA NEFT-GAZ SANOATI RIVOJLANISHI BOSQICHLARI

Respublikamiz Prezidenti Islom Karimov o'zining kitobida*[1] ta'kidlab o'tganidek, O'zbekiston o'z yer osti boyliklari bilan haqli suratda faxrlanadi – bu yerda mashhur Mendeleev davriy sistemasining deyarli barcha elementlari topilgan. Hozirga qadar 2,7 mingdan ziyod turli foydali qazilma konlari va ma'dan namoyon bo'lgan istiqbolli joylar aniqlangan. Ular 100 ga yaqin mineral-xomashyo turlarini o'z ichiga oladi. Mamlakatimizning umumiy mineral-xomashyo potensiali 3,3 trillion AQSh dollarini tashkil etadi.

G'oyat muhim strategik manbalar-neft va gaz kondensati, tabiiy gaz bo'yicha 155 ta istiqbolli kon qidirib topilgan. Hisob-kitobdan ma'lumki, gaz zaxiralari 2 trillion kubometrga yaqin, ko'mir-2 milliard tonnadan ortiq. 160 dan ortiq neft koni mavjud. Neft va gaz mavjud bo'lgan beshta asosiy mintaqani ajratib ko'rsatish mumkin. Bular: Ustyurt, Buxoro-Xiva, Janubiy-G'arbiy Hisor, Surxondaryo, Farg'ona mintaqalaridir.

O'zbekiston neftining sanoat asosida ishlanishi XIX asrning oxirlari 1885-yildan boshlangan. Dastlab Farg'ona vodiysidagi Chimyon qishlog'i atrofidagi ikki quduqdan neft olingan. 1900-yili ushbu tumanda geologiya-qidiruv ishlari faol olib borilib, 1904-yili neft favvorasini olishga erishilgan. 1906-yili Farg'ona viloyatida davriy ishlaydigan ikki kubli uskunadan iborat bo'lgan neftni haydash korxonasi qurilgan. Neftning sifati termometr va areometrlar yordamida aniqlangan. Asosiy mahsulot kerosin va mazut hisoblangan. Olingan kerosin aravalar, tuyalarda Andijon, Toshkent, Qo'qon shaharlaridagi paxta tozalash zavodlari, yog' chiqarish korxonalariga va maishiy maqsadlarda foydalanish uchun jo'natilgan. Mazut temir yo'l yoqilg'isi sifatida qo'llanila boshlangan. Benzin esa dastlab korxonaning tashqarisidagi o'ralarda yoqilgan. 1915–1916- yillarda O'rta Osiyoda ichki yonish dvigatellari bilan jihozlangan avtomobillar paydo bo'la boshlagandan keyingina benzinga ehtiyoj paydo bo'lgan. 1907-yili aka-uka Nobellar neftni haydash korxonasini sotib olishadi va uni qayta jihozlashadi. Shu yili Chimyondan neftni haydash korxonasiga qadar neft quvuri o'tkaziladi. 1940-yili ushbu korxonaning laboratoriyasi mavjud bo'lib, texnologik jarayon esa yuqori darajaga ko'tarilgan edi.

[1] Islom Karimov. O'zbekiston XXI asr bo'sag'asida: xavfsizlikka tahdid, barqarorlik shartlari va taraqqiyot kafolatlari. – Toshkent: «O'zbekiston», 1997.-B.227-252.

Qashqadaryo viloyatida 1972-yili Muborak va 1980-yili esa Sho'rtan gazni qayta ishlash korxonalari qurilib, ishga tushirildi.

Mamlakatimizda 125 yil oldin neft sanoatiga asos solingan bo'lsada, faqat 1953-yilga kelib, Qizilqum sahrosida Setalontepa gaz zaxirasining ochilishi natijasida O'zbekiston neft va gaz sanoatiga asos solindi. 1962-yilga kelib, sobiq Ittifoq hududidagi Ural va Yevropa sanoat korxonalarini tabiiy gaz bilan ta'minlash maqsadida «Buxoro-Ural» va «O'rta Osiyo-Markaz» transkontinental gaz quvurlari yotqizilgan.

Sobiq Ittifoq paytida O'zbekiston o'zini neft mahsulotlari bilan ta'minlash imkoniyatiga ega bo'lmagan. Masalan, XX asrning 80-yillarida respublikamizga har yili chetdan 6 million tonnagacha neft mahsulotlari tashib kelinardi. Lekin ayni o'sha vaqtda respublikamizdan tashqariga 7–8 milliard kubometr gaz chiqib ketgan.

Mustaqilligimizning birinchi yilidanoq Prezidentimiz Islom Karimovning ko'rsatmalari bilan neft va gaz sanoati respublikadagi yetakchi sanoatlardan biri sifatida qabul qilindi. 1992-yilning dekabrida neft va gazni qayta ishlash va shunga aloqador sohalar isloh qilinib, yagona ishlab chiqarish majmuiga birlashtirildi. Ya'ni xomashyoni qazib olinishdan tortib, tayyor mahsulot holiga keltirilguncha bo'lgan jarayon bitta zanjirga – «O'zbekneftgaz» milliy xolding kompaniyasiga biriktirildi. «O'zbekneftgaz» tashkiloti o'z sohasida katta iqtisodiy islohatlar o'tkazdi. O'tkazilgan tadbirlar natijasida 1995-yili 7,6 million tonna neft va gaz kondensati qazib olinib, mamlakatimiz amaliy ravishda neft mustaqilligiga erishdi.

Mutaxassislar respublikamizning noyob va qudratli yonilg'i resursi-neft zaxiralarining aniq iqtisodiy hisob-kitoblarini chiqarishdi:

– respublika hududining salkam 60 foizi mavjud neft konlarini qazib olish uchun istiqbolli hududlar sanaladi;

– neft resurslari umumiy imkoniyati 4 milliard tonnadan ortiq;

– neft resurslari qiymati (gaz resurslari bilan birga) 1 trillion AQSh dollaridan ziyod;

– neftning 90–91 foizi jahon bozorida eng arzon uslub – favvora usulida qazib chiqariladi.

Mustaqillik yillarida O'zbekiston neft-gaz tarmog'i ildam rivojlandi. 1997-yilning avgust oyida yiliga 2,5 million tonna uglevodorodli xomashyoni qayta ishlashga mo'ljallangan va zamonaviy texnologiya va uskunalar bilan jihozlangan Buxoro neftni qayta ishlash korxonasi ishga tushirildi. Bu yerda xalqaro me'yoriy talablarga to'la

javob beraoladigan turli neft mahsulotlari (avtobenzin, aviatsiya kerosini, dizel yoqilg'isi, mazut va suyultirilgan gaz) ishlab chiqarilmoqda. Ishlab chiqarilayotgan neft mahsulotlarining sifatini xalqaro talablar asosida ta'minlab turish va mintaqadagi ekologik sharoitni yaxshilash maqsadida, 2000-yili Farg'ona neftni qayta ishlash korxonasi qaytadan jihozlandi.

Yurtboshimizning tashabbusi bilan 2001-yili eng ilg'or uskunalar va texnologiyalar bilan jihozlangan Sho'rtan gaz kimyosi majmuasi ishga tushirildi. Ushbu eng yirik korxonani XXI asrning boshlanishida ishga tushirilishi bilan O'zbekistonda zamonaviy tarmoq - gaz kimyosi sanoati yaratildi. Sho'rton gaz kimyosi majmuasida yiliga 4 milliard kubometr tabiiy gaz qayta ishlanib, undan 125 ming tonnadan ziyod polietilen granulalari hamda suyultirilgan gaz, gaz kondensati, donador oltingugurt kabi mahsulotlar olinmoqda. Mamlakatimizda gaz kimyosi tarmog'ining yaratilishi, birinchidan, tabiiy gazni chuqurroq qayta ishlashga turtki bergan bo'lsa, ikkinchidan, tutash tarmoqlarning paydo bo'lishiga sababchi bo'lmoqda. Masalan, yuqori, o'rta va past bosim bilan ishlab chiqarilgan polietilen asosida ko'plab turli buyumlar (plyonkalar, katta o'lchamli buyumlarning quymalari, turli diametrga ega bo'lgan polietilen quvurlari, quvurlarni birlashtiruvchi detallar va hokazo) ni ishlab chiqarish imkoniyati yaratildi.

Neft-gaz sohasi bo'yicha bir necha yirik loyihalarni amalga oshirish rejalashtirilmoqda. Jumladan, 2009-yil 14-iyunda «O'zbekneftgaz» milliy xolding kompaniyasi bilan chet elning «Petronas» (Malayziya) va «Sasol» (Janubiy Afrika Respublikasi) kompaniyalari o'rtasida O'zbekiston Respublikasida sintetik suyuq yoqilg'i ishlab chiqarishga ixtisoslashgan qo'shma korxona tashkil etish to'g'risidagi bitim imzolandi. «Petronas» sarmoyasi va «Sasol» texnologiyalari asosida ish yuritadigan yangi qo'shma korxona mamlakatimizda qazib olinadigan tabiiy gazdan yiliga 1,3 million tonna yuqori sifatli sintetik suyuq yoqilg'i – dizel yoqilg'isi, kerosin, nafta, suyultirilgan neft gazi kabi mahsulotlar ishlab chiqaradi. Yangi korxonaning mahsulotlari ichki bozorni to'ldirish bilan birga, eksportga ham chiqariladi.

Ustyurtda esa yangi gaz kimyosi majmuasi qurilib, unda 4,5 milliard kubometr tabiiy gazni qayta ishlash natijasida mamlakatimiz va chet el iste'molchilari uchun 500 ming tonnagacha polietilen va propilen ishlab chiqarilishi ko'zda tutilgan.

Umuman olganda, 2009–2014-yillarda neft-gaz sanoati bo'yicha umumiy hajmi 21,5 milliard AQSh dollariga teng bo'lgan 52 ta

investitsion loyihani amaliyotga joriy etish rejalashtirilgan. 2009-yili tabiiy gazni qazib olish va uni quvur orqali uzatishga oid umumiy qiymati 2,4 milliard dollarga teng bo'lgan 5 ta yirik loyiha amalga oshirildi. Jumladan, Qamchiq dovoni orqali «Ohangaron-Pungan» gaz quvuri va «O'zbekiston-Xitoy» gaz quvurining birinchi tarmog'i ishga tushirildi. 2014-yilgacha Surgil koni asosida Ustyurt gaz-kimyosi majmuasi va Qashqadaryo viloyatida sintetik suyuq yoqilg'i (GTL) ishlab chiqarish korxonasini qurib bitkazishdan tashqari, Sho'rtan gaz-kimyosi majmuasida va Muborak gazni qayta ishlash korxonasida polimer mahsulotlarini ishlab chiqarishni tashkil etish rejalashtirilgan. Bulardan tashqari, yangi konlarni o'zlashtirish, Muborak gazni qayta ishlash korxonasida propan-butan aralashmasi qurilmasini ishga tushirish va boshqa bir necha loyihalarni amalga oshirish ko'zda tutilgan. Hozirgi kunda «O'zbekneftgaz» milliy xolding kompaniyasi innovatsion loyihalarni chet elning Gazprom, Lukoyl (Rossiya), CNPC International (Xitoy), Korea National Oil Corporation (Koreya), Petronas (Malayziya), Sasol (Janubiy Afrika Respublikasi) va boshqa kompaniyalari bilan o'zaro hamkorlikda amaliyotga joriy etmoqda.

Oxirgi yillarda mamlakatimizda neft-gaz sanoatining yuqori sur'atlar bilan rivojlanishi ta'sirida ilm-fan yutuqlaridan ishlab chiqarishda keng foydalanish, tarmoqning dolzarb ilmiy-texnik muammolari ustida tadqiqot ishlarini olib borish hamda fan va ishlab chiqarish o'rtasida hamkorlikni kuchaytirish kabi masalalar bilan jiddiy shug'ullanish uchun katta ehtiyoj paydo bo'ldi. Yuqorida bayon etilgan holatlarni inobatga olgan holda, 2009-yilning 7–8-oktabrida Buxoro neftni qayta ishlash korxonasining Qorovulbozor shahridagi madaniyat saroyida «O'zbekiston neft va gazini qayta ishlashning dolzarb muammolari» mavzusida respublika ilmiy-texnik anjumani o'tkazildi. Ushbu anjuman qarorida neft-gaz sanoatining rivojlanishi uchun quyidagi dolzarb ilmiy-texnikaviy muammolarni hal etish muhim ahamiyatga ega ekanligi qayd qilingan:

– uglevodorodli xomashyolarni chuqur qayta ishlash texnologiyalarini yaratish va bu jarayonga ikkilamchi qo'shimcha mahsulotlar va ishlab chiqarish chiqindilarini jalb etish;

– O'zbekistonda gaz turbinali dvigatellar uchun yuqori sifatli yoqilg'ilarning ishlab chiqarishning nazariy va amaliy asoslarini rivojlantirish;

– tabiiy gaz va neft mahsulotlarini chuqur tozalash va quritish maqsadida, mahalliy mineral xomashyolar asosida oldindan berilgan

xossalarga ega bo'lgan nanog'ovakli adsorbentlarni olish texnologiyasini yaratish;

– neft-gaz kondensati xomashyosini birlamchi haydashda suv bug'i o'rniga uglevodorod bug'laridan foydalanishning yuqori samarali va energiya tejamkor texnologiyasini ishlab chiqish;

– tarkibida metallarni ushlagan yonuvchi slaneslarni kimyoviy yo'l bilan kompleks qayta ishlashning samarali usullarini yaratish;

– uglevodorodli xomashyolarni qayta ishlashda hosil bo'ladigan bug'-havo aralashmalari tarkibidan yengil uchuvchan uglevodorodlarni ajratib olish uchun yuqori samarali jarayonlar va uskunalar ishlab chiqish;

– mahalliy xomashyolar asosida erituvchilar, deemulgatorlar, katalizatorlar, sorbentlar, stabilizatorlar, qo'ndirmalar, yemirilish ingibitorlari va boshqa kimyoviy reagentlarni ishlab chiqarishni tashkil etish.

Mamlakatimizning mustaqillik yillarida fan va ishlab chiqarish o'rtasidagi ilmiy-texnikaviy hamkorlik aloqalari yuqori darajaga ko'tarilib, o'z samarasini bermoqda. Masalan, Umumiy va noorganik kimyo institutining yetakchi olimlari va Buxoro neftni qayta ishlash korxonasining mutaxassislari tomonidan o'zaro hamkorlikda, MDH ichida birinchi bo'lib, mahalliy neft va gaz kondensatlari asosida, gaz turbinali dvigatellar uchun yuqori sifatli Djet A-1 markali aviatsiya yoqilg'isini ishlab chiqarish texnologiyasi yaratildi, sinab ko'rildi, tasdiqlandi va amaliyotga joriy etildi. 2009-yil avgust oyida Davlat komissiyasi tomonidan Djet A-1 markali aviatsiya yoqilg'isini Buxoro NQIK da ishlab chiqarishga va undan «Boing», «Aerobus» va RG rusumidagi g'arb samolyotlarini yoqilg'i bilan ta'minlashga ruxsat berildi. Ushbu korxonada ishlab chiqarilayotgan yangi mahsulotning sifat ko'rsatgichlari Djet A-1 markali aviatsiya yoqilg'ilarga qo'yiladigan barcha xalqaro talablar (Def Stan 91–91 dasturi bo'yicha, Buyuk Britaniya) ga to'la uyg'unlashgan. 2009-yil avgust – 2010-sentabr davomida umumiy qiymati 49 milliard so'mga teng bo'lgan 109,3 ming tonna Djet A-1 markali aviatsiya yoqilg'isi ishlab chiqarilib, «O'zbekiston havo yo'llari» milliy aksiyadorlik kompaniyasi iste'molchilariga yetkazib berildi.

Vatanimiz prezidenti Islom Karimov mustaqillikning dastlabki yillaridayoq neft-gaz sanoatini rivojlantirishning uch strategik yo'nalishini aniq-ravshan aniqlab bergan edilar. Birinchisi, mamlakatni o'zimizda qazib olinayotgan xomashyo bilan ta'minlash, ya'ni neft va

gaz qazib olishni ko'paytirish. Ikkinchisi, sohada ilg'or texnologiyalarni joriy etib, neft va gazni mukammal qayta ishlashdir. Aytish mumkinki, bugungi kunda bu vazifalarning yechimi ro'yobga chiqib, samaralarini bermoqda. Navbatdagi vazifa esa neft va gaz sanoati xomashyo bazasini mustahkamlash, yangi neft va gaz konlarini ochishdir.

Hozirgi kunda respublikamizda yiliga 58–59 milliard kubometrdan ziyod tabiiy gaz va 7,3–7,5 million tonna atrofida suyuq uglevodorodlar qazib olinmoqda.

O'zbekistonda neft-gaz sanoati rivojlanishining zamonaviy bosqichida xomashyoni nafaqat eksportga chiqarish bilan chegaralanib qolmasdan, neft va gazni mamlakatimiz ichida chuqur qayta ishlashga, yuqori qo'shimcha qiymatga ega bo'lgan mahsulotlarni, ayniqsa, chetdan keltiriladigan va respublikamiz iqtisodiyoti uchun muhim ahamiyatga ega bo'lgan mahsulotlarni mamlakatimizda ishlab chiqarishni o'zlashtirishga yo'naltirilgan bo'lishi, maqsadga muvofiq hisoblanadi.

I bob. UMUMIY QONUN-QOIDALAR

1.1. NEFT-GAZNI QAYTA ISHLASH JARAYONLARI VA USKUNALARI FANINING MAZMUNI VA MAQSADLARI

Ma'lum bir sharoitlarda tabiat va ishlab chiqarishda moddalar holatining o'zgarishlari jarayonlar deb yuritiladi. Atrof-muhitda yuz beradigan hodisalarni tabiiy jarayonlar deb ataladi. Bunday jarayonlarga, masalan, quyidagilar kiradi: suv havzalari yuzasidan suvning bug'lanishi, turli omillar ta'sirida yer qatlami yuzasining isishi yoki sovishi, muzning erishi, suvning daryo va suv havzalaridagi harakati, turli materiallardan namlikning ajralib chiqishi va boshqalar.

Tabiiy jarayonlarni o'rganish natijasida olingan ma'lumotlar hamda fan va texnika yutuqlari asosida, tabiatning mahsuli bo'lgan xomashyoni qayta ishlab, undan sanoat miqyosida ishlab chiqarish vositalari va iste'mol mahsulotlari olish maqsadida turli jarayonlar tashkil etiladi. Bunday jarayonlarni texnologik jarayonlar deb ataladi. Masalan, neft xomashyosini kimyoviy texnologiya yo'llari asosida qayta ishlab, undan turli motor yonilg'ilari, moylash materiallari, erituvchilar, gudron, oltingugurt va boshqa mahsulotlar olinadi.

Kimyoviy texnologiya fanining asosiy maqsadi – tabiiy va sun'iy xomashyolarni eng tejamli va ekologik jihatdan toza usullar yordamida qayta ishlab, kerakli materiallar hamda mahsulotlar olishdan iborat. Zamonaviy kimyoviy texnologiya tabiiy va texnika fanlarining yutuqlariga asoslanib, fizikaviy va kimyoviy jarayonlar, mashinalar va uskunalarning birligini, sanoat miqyosida turli moddalar, mahsulotlar, materiallar va buyumlarni ishlab chiqarish, texnologik jarayonlarni eng qulay yo'llar bilan olib borish, ularni boshqarish muammolarini o'rganadi.

Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasi bir necha bosqichlarni o'z ichiga oladi: neft va gazni birlamchi qayta ishlash; termik va katalitik kreking; platforming; gidrotozalash; moylarni deparafinizatsiya qilish va boshqalar. Neft va gazni qayta ishlashda kimyoviy texnologiyaning xilma-xil jarayonlari qo'llaniladi: rektifikatsiya, absorbsiya, ekstraksiyalash, quritish, kristallanish, tindirish, filtrlash, sentrifugalash va boshqalar. Bulardan tashqari, turli kimyoviy va

katalitik jarayonlar (piroliz, katalitik kreking, riforming, gidrotozalash va boshqalar) ham ishlatiladi.

Neft va gazni ishlashdagi xilma-xil jarayonlarni amalga oshirish uchun turli ish rejimlarida ishlaydigan uskunalardan foydalaniladi: masalan, harorat-60^{0}C (moy ishlab chiqarishdagi kristallanish jarayoni) dan 800–900^{0}C gacha (piroliz), bosim esa chuqur vakuum (og'ir neft qoldiqlarini qayta ishlash) dan 150 MPa (polietilen ishlab chiqarishda) gacha o'zgarishi mumkin.

Umuman olganda, neft va gazni qayta ishlashda gidromexanik, mexanik, issiqlik almashinish, modda almashinish va kimyoviy jarayonlar hamda uskunalar ishlatiladi.

Neft va gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari fani 5522500 – «Neft va neft-gazni qayta ishlash texnologiyasi» ta'lim yo'nalishi asosida bakalavr va magistrlar tayyorlashda muhim ahamiyatga ega bo'lib, mutaxassislar uchun quyidagi vazifalarni hal etish imkoniyatlarini yaratib beradi:

- Ishlab turgan neft va gaz sanoati korxonalarida eng maqbul (ya'ni optimal) texnologik rejimlarni tanlash, zamonaviy uskunalarning yuqori unumdorlik bilan ishlashi, mahsulotlarning sifatini yaxshilash, ekologiya muammolarini muvaffaqiyatli yechish.
- Loyihalash paytida yuqori samarali va kam chiqindili texnologik sxemalarni yaratish va uskunalarning eng maqbul rusumlarini tanlash.
- Tanlangan uskunalarni zamonaviy hisoblash vositalari yordamida texnik jihatdan to'g'ri va ilmiy asoslangan uslublar bilan hisoblash, neft va gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalarini hisoblashning prinsipial jihatdan yangi uslublarini ishlab chiqish.
- Neft kimyosi va neft-gazni qayta ishlash sohalari bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlarini bajarish paytida jarayonlarning borish tezligini aniqlaydigan omillarni o'rganish, ularni hisoblash bo'yicha umumlashgan bog'liqliklarni olish va laboratoriya tadqiqotlari natijalarini tezlik bilan amaliyotga joriy etish.

Shunday qilib, «Jarayonlar va uskunalar» fani asosida texnologik jarayonlarni hisoblash va tahlil qilish, ularning eng maqbul kattaliklarini topish, kerakli uskunalarni loyihalash va ularni hisoblash mumkin. Ushbu fan mashina va uskunalarni oqilona ishlatish haqida ham ma'lumot beradi hamda ularning quvvatini oshirish usullarini o'rgatadi. «Jarayonlar va uskunalar» fanida asosiy jarayonlarning nazariyasi, ushbu jarayonlar amalga oshiriladigan mashina va uskunalarning tuzilish prinsiplari va ularni hisoblash uslublari o'rganiladi. Asosiy jarayon-

larning qonuniyatlarini o'rganish va uskunalarni hisoblash uslublarini tuzishda gidromexanika, fizika, neft va gaz kimyosi, fizikaviy kimyo, termodinamika, qattiq jism mexanikasi, kimyoviy kinetika kabi fanlarning fundamental qonunlari asos qilib olinadi.

Oxirgi yillarda fanda yangi yo'nalish – nanotexnologiya yuzaga keldi. Nanotexnologiyaning asosiy mohiyati – kerakli atomni birorta zamonaviy asbob-uskuna yordamida tegishli molekulaning tarkibiga oldindan hisoblab chiqilgan sxema asosida «joylashtirishdan» iborat. Ushbu texnologiyaning maqsadi – atomlardan tegishli xossalarga ega bo'lgan moddalarni olish. Bu sohada olimlar tomonidan dastlabki qadamlar qo'yildi. Nanotexnologiya yordamida kelgusida ekologik jihatdan o'ta sof moddalarni olish imkoniyati paydo bo'ladi, bunday texnologiya chiqindisiz ishlaydi, albatta. Bunday maqsad – hozircha yaxshi niyatdir. Shu kunda esa neft-gazni qayta ishlash sanoatining bir qator muhim muammolari (masalan: neftni qayta ishlash korxonalarida katta hajmda paydo bo'ladigan bug'-havo aralashmalari tarkibidan yengil uchuvchan uglevodorodlarni ajratib olish; tabiiy gazni mexanik aralashmalar, namlik va oltingugurt birikmalaridan kompleks usul bilan chuqur tozalash; tabiiy gazni chuqur qayta ishlab, undan etan, propan, butan hamda suyuq yonilg'i olish) «Jarayonlar va qurilmalar» fanining yutuqlari asosida hal qilinmoqda.

1.2. NEFT-GAZNI QAYTA ISHLASHNING ASOSIY JARAYONLARI VA USKUNALARINI SINFLASH

Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasida turli-tuman texnologik jarayonlar qo'llaniladi. Bunday jarayonlar ayrim belgilarga asosan bir necha sinflarga bo'linishi mumkin. Texnologik jarayonlarni ularning harakatlantiruvchi kuchiga ko'ra turlarga bo'lish maqsadga muvofiq bo'ladi. Shunga ko'ra asosiy jarayonlar 5 guruhga bo'linadi: mexanik jarayonlar; gidromexanik jarayonlar; issiqlik almashinish jarayonlari; modda almashinish jarayonlari; kimyoviy jarayonlar.

Mexanik jarayonlar qattiq materiallarni mexanik kuch ta'sirida qayta ishlash bilan bog'liq bo'ladi. Bunday jarayonlar qatoriga maydalash, elash, uzatish, qismlash, aralashtirish va shu kabi jarayonlar kiradi. Bu jarayonlarning tezligi qattiq jismlarning mexanik qonuniyatlari bilan ifodalanadi. Bunday jarayonlarda harakatlantiruvchi kuch vazifasini mexanik bosim kuchi yoki markazdan qochirma kuch bajaradi.

Suyuq va gazsimon sistemalardagi harakat bilan bog'liq bo'lgan jarayonlar gidromexanik jarayonlarni tashkil etadi. Bunday jarayonlar qatoriga tindirish, filtrlash, sentrifugalash, aralashtirish, suyuqlik yoki gazning sochiluvchan materiallar qatlamidan oqib o'tishi kabi jarayonlar kiradi. Ushbu jarayonlarning tezligi gidromexanika qonunlari bilan aniqlanadi. Gidromexanik jarayonlarning harakatlanuvchi kuchi – gidrostatik va gidrodinamik bosimdir.

Issiqlik almashinish jarayonlari – haroratlar farqi mavjud bir (harorati yuqori) jismdan ikkinchi (harorati past) jismga issiqlikning o'tishidir. Bu guruhga isitish, sovitish, bug'latish, kondensatsiyalash, erish, qotish kabi jarayonlar kiradi. Jarayonning tezligi gidrodinamik rejimga bog'liq holda issiqlik uzatish qonunlari bilan ifodalanadi. Issiqlik jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi sifatida issiq va sovuq muhitlar o'rtasidagi haroratlar farqi ishlatiladi.

Modda almashinish jarayonlari – bir yoki bir necha komponentlarning bir fazadan, ikkinchi fazaga o'tishidir. Komponentlar bir fazadan ikkinchi fazaga molekular va turbulent diffuziyalar yordamida o'tadi. Shu sababli, bu jarayonlarni diffuzion jarayonlar ham deyiladi. Bu guruhga haydash, rektifikatsiya, absorbsiya, desorbsiya, ekstraksiyalash, quritish, kristallanish kabi jarayonlar kiradi. Jarayonlarning tezligi fazalarning gidrodinamik harakatiga bog'liq bo'lib, modda o'tkazish qonuniyatlari bilan ifodalanadi. Modda almashinish jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi fazalardagi konsentratsiyalarning farqi bilan belgilanadi.

Kimyoviy jarayonlar – moddalarning o'zaro ta'siri natijasida yangi birikmalarning hosil bo'lishidir. Kimyoviy reaksiyalar vaqtida odatda issiqlik va modda almashinish jarayonlari ham sodir bo'ladi. Kimyoviy jarayonlar qatoriga kreking, kokslash, piroliz, gidrogenizatsiya, riforming, polimerlanish, alkillash, oksidlash, vodorodni ajratish, izomerlanish kabi jarayonlar kiradi. Bu guruhdagi jarayonlarning tezligi kimyoviy kinetika qonuniyatlari bilan ifodalanadi. Reaksiyalarning tezligi, ayniqsa, sanoat miqyosida, moddalarning gidromexanik harakatiga ham bog'liq bo'ladi. Kimyoviy jarayonlarning harakatlantiruvchi kuchi reaksiyaga kirayotgan moddalarning konsentratsiyalariga bog'liq bo'ladi.

Neft-gazni qayta ishlash korxonalarida ishlatiladigan uskuna va mashinalar ham 5 guruhga bo'linadi: mexanik uskunalar (maydalagichlar, tegirmonlar, saralashgichlar, tranportyorlar, dozatorlar, aralashtirgichlar); gidromexanik uskunalar (tindirgichlar, filtrlar,

sentrifugalar, aralashtirgichlar, mavhum qaynash qatlamli uskunalar, siklonlar, elektrodegidratorlar, elektrofiltrlar); issiqlik almashinish uskunalari (issiqlik almashgichlar, quvursimon o'txonalar, sovitgichlar, bug'latgichlar, kondensatorlar, erish o'txonalari); modda almashinish uskunalari (haydash kublari, rektifikatsion kollonalar, absorberlar, desorberlar, ekstraktorlar, quritgichlar, kristallizatorlar); kimyoviy reaktorlar (ichi bo'sh reaktorlar, qo'zg'almas qatlamli reaktorlar, mavhum qaynash qatlamli reaktorlar, favvora hosil qiluvchi qatlamli reaktorlar, harakatchan qatlamli reaktorlar, aralashtirgichli reaktorlar).

Neft va gazni qayta ishlash sanoat korxonalaridagi texnologik jarayonlar davriy va uzluksiz ravishda o'tkaziladi. Jarayonning tezligini belgilovchi qiymatlarning vaqt davomida o'zgarishiga qarab, jarayonlar turg'un va turg'unmas bo'ladi. Tezlik, konsentratsiya, harorat kabi qiymatlar vaqt davomida o'zgarsa jarayon turg'unmas, aksincha, agar bu kattaliklar o'zgarmasa jarayon turg'un deyiladi. Zamonaviy neft va gazni qayta ishlash sanoatida asosan uzluksiz texnologik jarayonlar ishlatiladi.

1.3. MODDA VA ENERGIYANING SAQLANISH QONUNLARI

Modda va energiyaning saqlanish qonunlari «Jarayonlar va uskunalar» fanida alohida o'rinni egallaydi. Ushbu fanda modda va energiyaning saqlanish qonunlari moddiy va energetik balanslar shaklida ishlatiladi. Masalan, uskunada (1.1-rasm) qandaydir jarayon ro'y bermoqda. Bu uskunaga jarayonda qatnashayotgan A, B va C komponentlari kirmoqda. Ushbu komponentlar gaz, bug', suyuqlik yoki qattiq holatda bo'lishi mumkin. Uskunada ro'y bergan jarayon natijasida hosil bo'lgan moddalar D va E uskunadan chiqariladi. Ma'lumki, uskunaga kirayotgan moddalarning massaviy yig'indisi uskunadan chiqayotgan moddalarning massaviy yig'indisidan ko'p ham, kam ham bo'lishi mumkin emas. Bu holat moddalarning saqlanish qonunidan kelib chiqadi. Natijada quyidagi tenglikni yozish mumkin:

$$m_A + m_B + m_C = m_D + m_E, \qquad (1.1)$$

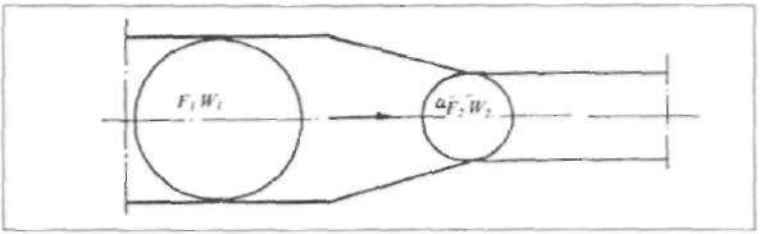
bu yerda m_A, m_B, m_S, m_D, m_E – A, B, C, D, E komponentlarning massalari.

(1.1) tenglama moddiy balansni ifoda qiladi.

1.1-rasm. Moddiy balans sxemasi.

Harakatdagi oqim uchun moddaning saqlanish qonuni uzluksizlik tenglamasi orqali ifoda qilinadi. Uskunaning (1.2-rasm) ikkita kesimlari F_1 va F_2 orqali W_1 va W_2 tezliklar bilan o'tayotgan oqim uchun uzluksizlik tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$F_1 W_1 = F_2 W_2 . \qquad (1.2)$$



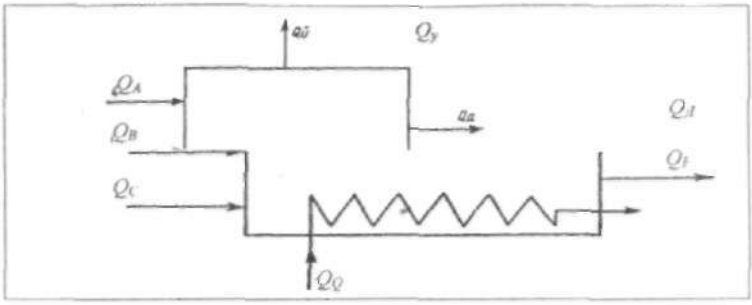
1.2-rasm. Harakatdagi sistemalar uchun oqimning uzluksizligi.

Uskunaga kirayotgan yoki undan chiqayotgan modda o'zida ma'lum miqdorda energiyani ushlaydi. Uskunaga tashqaridan qo'shimcha energiya (masalan, elektr toki yordamida qizdirish) ham kiritilishi mumkin. Jarayon davomida energiyaning ma'lum bir qismi atrof-muhitga tarqalib yo'qoladi (1.3-rasm).

Energiyaning saqlanish qonuniga asosan quyidagi tenglikni yozish mumkin:

$$Q_A + Q_B + Q_C + Q_Q = Q_D + Q_E + Q_Y, \qquad (1.3)$$

bu yerda, Q_A, Q_B, Q_C - *A, B va C* komponentlar bilan uskunaga kirgan issiqlik miqdorlari; Q_D, Q_E – *D va E* komponentlar orqali uskunadan chiqqan issiqlik miqdorlari; Q_Q – uskunaga tashqaridan kiritilgan qo'shimcha issiqlik miqdori; Q_Y – atrof-muhitga tarqalib yo'qolgan issiqlik miqdori.



1.3-rasm. Energetik balans sxemasi.

(1.3) tenglama energetik balansni ifoda qiladi. Xususiy holatda ushbu tenglama issiqlik balansini bildiradi.

Moddiy va issiqlik balansi tenglamalari texnologik jarayonlarni o'rganishda keng ishlatiladi.

1.4. JARAYONLAR VA USKUNALARNI HISOBLASH TARTIBI

Neft-gazni qayta ishlash sohasida ishlatiladigan uskunalarni hisoblash quyidagi maqsadlar uchun amalga oshiriladi: ularning o'lchamlarini asoslash; issiqlik, suv bug'i, suv, elektr energiyasi, katalizatorlar, boshqa reagentlarning miqdorini aniqlash; uskunalar va ularning ayrim qismlarining tuzilish rusumlarini tanlash hamda qanday materiallardan tayyorlanish mumkinligini aniqlash.

Jarayonlar va uskunalarni hisoblash ishlari uch guruh (texnologik, gidravlik va mexanik) ga bo'linadi.

Texnologik hisoblash paytida jarayonning ish ko'rsatgichlari (bosim, harorat va boshqalar) asoslanadi, moddiy va energetik oqimlar aniqlaniladi ham sarflash me'yorlariga aniqlik kiritiladi.

Gidravlik hisoblash paytida texnologik hisoblash natijasida topilgan ishchi muhitlar moddiy va energetik oqimlarini ta'minlay oladigan uskunaning ishchi kesimlari o'lchamlari va bosim farqlari aniqlaniladi.

Mexanik hisoblashdan maqsad materialni tanlash, uskuna elementlarining tuzilishi, devor qilinligi va boshqa ko'rsatgichlarni aniqlashdan iborat.

Jarayonlar va uskunalarni hisoblash odatda ishchi ko'rsatgichlar, oqimlar, konstruktiv tuzilishning turli variantlarida olib boriladi. Bunday

ishlarni bajarish katta mehnatni talab qiladi. Agar hisoblashlar shaxsiy kompyuterlarda olib borilsa, qisqa vaqtda natija olish mumkin. Bir necha variantlarni o'zaro solishtirish oqibatida eng maqbuli topiladi. Bunday paytda optimallash mezoni (solishtirma kapital mablag'larning minimal qiymati, energetik sarflarning minimal qiymati, tovar mahsulotining maksimal chiqishi, metall ushlashlikning minimal miqdori va hokazo) dan foydalaniladi.

Standartlashgan uskunalardan foydalanilgan paytda esa quyidagi dastlabki hisoblashlar olib boriladi: uskunaning o'lchamlari bo'yicha uning ish unumdorligi va ishlash rejimlari asoslanadi hamda qabul qilingan uskunadan berilgan ish sharoitlarida ishlatish imkoniyati aniqlaniladi.

Yangi uskunalarni loyihalash uch bosqichdan iborat bo'ladi: loyihalash uchun topshiriq; texnik loyiha; ish chizmalari.

Loyihalash uchun topshiriqda asosiy prinsipial masalalar hal qilinadi, jarayonning texnologik sxemasi va asosiy uskunalarni tanlash aniqlaniladi. Hisoblash ishlari yiriklashgan ko'rsatgichlar bo'yicha olib boriladi va natijada uskunaning rusumi, uning eng katta tashqi o'lchamlari, massasi, energiya va materiallarning sarflari aniqlanadi.

Texnik loyihada ish chizmalarni bajarish uchun yetarli darajada bo'lgan hisoblash ishlari to'la va batafsil bajariladi.

Ish chizmalarida texnik hujjatlar (chizmalar, hisoblashlar, maketlar va boshqalar) to'la va batafsil ishlab chiqiladi. Ushbu hujjatlar muhandislik yechimlari asosida uskunaning detallari va uzellarini hamda uskunaning o'zini tayyorlashga imkoniyat yaratib beradi.

Hozirgi kunda neft-gazni qayta ishlashning zamonaviy texnologiyasi uchun uskuna va mashinalarni loyihalash ishlari avtomatik loyihalash tizimi (SAPR) yordamida amalga oshiriladi.

1.5. MUKAMMAL USKUNALAR YARATISHNING ASOSIY TALABLARI

Neft-gazni qayta ishlash texnologiyasida ishlatiladigan uskunalar bir qator talablar (ishlatish sharoitlari, konstruktiv, estetik, iqtisodiy, texnika xavfsizligi) ga javob berishi kerak. Eng avvalo, uskunada ma'lum bir jarayonning amalga oshirish uchun maqbul shart-sharoit mavjud bo'lishi kerak. Bu sharoitlar jarayonning turiga, jarayonda qatnashayotgan massalarning agregat holatiga, ularning kimyoviy tarkibi va fizik xossalariga bog'liq bo'ladi. Uskunaning shakli texnologik

jarayonni amalga oshirish uchun mos bo'lishi kerak. Jarayonning borishi uchun zarur bo'lgan sharoitlar (kerakli bosim; oqimlarning tegishli turbulentligi va tezligi; fazalarning o'zaro kontakt darajasi; tegishli mexanik, issiqlik, elektrik yoki magnitli ta'sirlar va hokazo) yaratilishi maqsadga muvofiq bo'ladi.

Uskunaning eng muhim kattaliklaridan biri, uning ish unumidir. Ish unumi deganda vaqt birligi ichida uskunada xomashyo qayta ishlanib, tayyor bo'lgan mahsulotning miqdori tushuniladi. Uskunalarning ish unumini oshirish ishlab chiqarish uchun katta ahamiyatga ega. Buning uchun uskunalarning ishlarini jadallashtirish zarur. Jadallashtirishning bir necha usullari mavjud: 1) davriy jarayonlarni uzluksiz jarayonlar bilan almashtirish; 2) uskuna ishchi mexanizmlarining tezligini oshirish; 3) uskunadagi gidravlik rejimlarni yaxshilash; 4) yuqori harorat va katta bosimlarni qo'llash; 5) ultratovush, mexanik (pulsatsion va vibratsion) tebranishlar, mavhum qaynash prinsipi, elektromagnit maydoni ta'sirlaridan foydalanish; 6) yangi zamonaviy texnologiyalarni keng ishlatish. Aniq sharoitlarni hisobga olgan holatda uskunalar ishlarini jadallashtirishning tegishli usullari tanlab olinadi.

Konstruktiv va estetik talablar uskunani loyihalash, transport yordamida tashish va uni o'rnatish bilan bog'liq bo'ladi. Bu talablar qatoriga quyidagilar kiradi: uskuna qismlarining standartligi va bir-birini almashtirish imkoniyati; uskunani yig'ish uchun kam mehnat talab qilinishi; qismlarga bo'lish va ta'mirlash qulayligi; uskuna va uning qismlarini minimal massaga ega bo'lishi. Bulardan tashqari, uskunaning shakli va rangi ko'zni quvontirishi, ya'ni estetik talabga javob berishi kerak.

Uskunani loyihalash, tayyorlash va ishlatish qiymati iloji boricha kam bo'lishi kerak. Amaliyotda ishlatish va konstruktiv talablarni qondirgan uskunalar odatda iqtisodiy talabga ham javob beradi.

Uskuna texnika xavfsizligi talablariga ham javob berishi va uni boshqarish qulay bo'lishi kerak. Avariya va mustahkamlik zaxirasiga ega bo'lishi, saqlovchi klapan va avtomatik to'xtatish moslamalari bilan ta'minlangan, harakatdagi qismlari esa himoya qilish to'siqlari bilan ajratilgan bo'lishi zarur.

Uskunani xomashyo bilan to'ldirish va tayyor mahsulotni uskunadan chiqarish boshqaruvchi xodim uchun qulay bo'lishi zarur. Buning uchun uskuna mukammal konstruksiyaga ega bo'lishi, qopqoqli tuynuk va ventillar juda qulay qilib joylashtirilgan bo'lishi kerak.

Uskunani ma'lum bir masofadan turib tekshirish va boshqarish maqsadga muvofiq bo'ladi. Uskunani boshqarish katta jismoniy mehnatni talab qilmasligi kerak. Uskuna ishini nazorat qilish va boshqarishni avtomatizatsiyalash – ishlab chiqarishni boshqarishning oliy maqsadidir.

Texnologik jarayonlarni jadallashtirish va avtomatizatsiyalash hamda ularni informatsion texnologiyalar yordamida boshqarish insonning mehnat qilish sharoitini o'zgartirib yuboradi. Bu narsa uskunalarni loyihalashda uni boshqaradigan insonning qobiliyati va imkoniyatini hisobga olishni (ya'ni ergonomika shartlarini) talab qiladi. Ergonomika – mehnat sharoitini insonga moslash haqidagi fan. Ergonomikaning asosiy elementlari – uskuna konstruksiyasiga gigienik va estetik talablar qo'yishdan iborat. Bunday talablar qatoriga quyidagilar kiradi: ishchi xodim uchun uskunani boshqarish bilan bog'liq bo'lgan operatsiyalarni qulay holatda turib bajarish imkoniyati; katta kuchlanish va bo'g'imlar tez harakatini talab qiladigan operatsiyalarga chek qo'yish va hokazo.

Katta hajmli ishlab chiqarishlar yirik uskunalarni loyihalashni talab qiladi. Bunday uskunalarni ma'lum bir hajmga (yoki yuzaga) nisbatan olgan ish unumi ancha yuqori bo'ladi. Yirik uskunalardan foydalanish kapital mablag' va ishlatish bilan bog'liq bo'lgan sarflarni kamaytirgan holda, ularning ish unumini ko'paytirish imkoniyati mavjud bo'ladi.

Uskuna, mashina, asbob-uskunalarni tayyorlash uchun materiallar tanlashda ularni ishlatishning o'ziga xos tomonlari, ishchi muhit, jarayonning borishi uchun zarur bo'lgan shart-sharoitlar hisobga olinadi. Uskunalarni tayyorlash uchun turli konstruksion materiallar (har xil navli po'latlar, cho'yanlar, rangli metallar, qotishmalar, plastmassalar, nometall va kompozitsion materiallar) ishlatiladi.

1.6. GAZ, SUYUQLIK VA QATTIQ MODDALARNING FIZIK-TEXNIKAVIY XOSSALARI

Asosiy jarayonlar va uskunalarni hisoblashda o'zaro ta'sir qilayotgan muhitlarning fizik-texnikaviy kattaliklarining qiymatlari (zichlik, solishtirma og'irlik, qovushoqlik, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, solishtirma issiqlik sig'imi, harorat o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti va boshqalar) ni bilish zarur bo'ladi.

Zichlik. Hajm birligidagi bitta komponentdan tashkil topgan bir jinsli moddaning massasi zichlik deb ataladi ρ bilan belgilanadi:

$$\rho = \frac{m}{V}, \qquad (1.4)$$

bu yerda, – m – massa, kg; V – hajm, m^3. Xalqaro birliklar sistemasi (SI) da zichlik kg/m^3 da o'lchanadi.

Birorta moddaning zichligini (ρ) suvning zichligiga (ρ_c) nisbati nisbiy zichlik deb ataladi:

$$\Delta = \frac{\rho}{\rho_c}. \qquad (1.5)$$

Kimyoviy jihatdan bir jinsli bo'lgan moddalarning zichligi maxsus adabiyotlarda berilgan bo'ladi. Toza modda suyuq eritmalarining zichligi konsentratsiya va haroratga bog'liq bo'ladi. Odatda eritmalarning zichligi jadval holida berilgan bo'ladi yoki empirik tenglamalar yordamida aniqlanadi.

Ikkita komponent (a va b) dan tashkil topgan turli jinsli sistemaning zichligi quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\rho = \left(\frac{m_a}{\rho_a} + \frac{m_b}{\rho_b}\right)^{-1}, \qquad (1.6)$$

bu yerda, m_a – a komponentning aralashmadagi massaviy ulushi, kg/kg; $m_b = 1 - m_a$ – b komponentning aralashmadagi massaviy ulushi, kg/kg; ρ_a va ρ_b – a va b komponentlarning zichliklari, kg/m^3.

Gaz va bug'larning zichliklari suyuqlik va qattiq moddalarning zichliklariga nisbatan taxminan ming marta kam bo'ladi.

Solishtirma og'irlik. Hajm birligidagi moddaning og'irligi solishtirma og'irlik deb ataladi va γ bilan belgilanadi:

$$\gamma = \frac{G}{V}, \qquad (1.7)$$

bu yerda, G – suyuqlikning og'irligi, N. SI ga binoan solishtirma og'irlik N/m^3 da o'lchanadi. Massa bilan og'irlik o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$m = \frac{G}{g}, \qquad (1.8)$$

bu yerda, g – erkin tushish tezlanishi, m/s^2.

Massaning miqdorini (1.4) tenglikka qo'ysak, zichlik bilan solishtirma og'irligining o'zaro bog'lanish nisbati kelib chiqadi:

$$\gamma = \rho g. \qquad (1.9)$$

Zichlikka teskari bo'lgan kattalik solishtirma hajm deb ataladi va υ (m^3/kg) bilan ifodalanadi:

$$\upsilon = \frac{1}{\rho} = \frac{V}{m}. \qquad (1.10)$$

Qovushoqlik. Haqiqiy suyuqliklar quvur bo'ylab harakatlanganda, uning ichida hosil bo'lgan ishqalanish kuchlari (T) Nyuton qonuni bilan ifodalanadi:

$$T = \mu F \frac{dw}{dn}, \qquad (1.11)$$

bu yerda, F – ishqalanish yuzasi; $\frac{dw}{dn}$ tezlik gradienti; μ – qovushoqlikning dinamik koeffitsiyenti. Qovushoqlikning dinamik koeffitsiyenti SI ga binoan quyidagi birlikda o'lchanadi:

$$\mu = \frac{T}{F\left(\frac{dw}{dn}\right)} = \frac{H}{м^2\left(\frac{м/с}{м}\right)} = \frac{H \cdot с}{м^2} = Па \cdot с.$$

Dinamik qovushoqlik koeffitsiyentining shu suyuqlik zichligiga nisbati kinematik qovushoqlik deyiladi va υ bilan belgilanadi:

$$\upsilon = \frac{\mu}{\rho}. \qquad (1.12)$$

SI da kinematik qovushoqlik m^2/s birligida o'lchanadi.

Haroratning ortishi bilan suyuqlikning qovushoqligi kamayadi, gazlarda esa ortadi. Suyuqliklarning qovushoqligi gazlarnikiga nisbatan bir necha marta katta bo'ladi.

Nyutonning ichki ishqalanish qonuniga bo'ysunadigan suyuqliklar (masalan, suv, spirt, benzol) nyuton suyuqliklari deyiladi. Neft, kolloid eritmalar, moyli bo'yoqlar, smolalar, past haroratda ishlatiladigan surkov moylari nyuton suyuqliklari qatoriga kirmaydi; bunday suyuqliklar nonyuton suyuqliklar deb yuritiladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik. Harorat gradienti ta'sirida bir-biriga tegib turgan kichik zarrachalarning tartibsiz harakati natijasida issiqlikning tarqalishi issiqlik o'tkazuvchanlik deb ataladi. Bir jinsli tekis devor orqali o'tgan issiqlik oqimi quyidagi tenglama orqali aniqlanishi mumkin.

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F \Delta t, \qquad (1.13)$$

bu yerda, λ – issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti; δ – devor qalinligi; F – issiqlik o'tayotgan yuza; Δt – devorning ikkala tomonidagi haroratlar farqi.

Oxirgi tenglama orqali λ ning SI dagi o'lchov birligini topamiz:

$$\lambda = \frac{Q\delta}{F\Delta t} = \frac{Ж/s \cdot м}{м^2 \cdot К} = \frac{Vt}{м \cdot К}.$$

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining qiymati haroratga, bosimga va moddaning turiga bog'liq.

Solishtirma issiqlik sig'imi. Bu kattalik moddaning o'zida issiqlik energiyasini ushlash qobiliyatini ko'rsatadi. Solishtirma issiqlik sig'imi deganda moddaning massa birligi haroratini bir gradusga ko'tarish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori tushuniladi. Solishtirma issiqlik sig'imi quyidagi tenglama orqali topilishi mumkin:

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}, \qquad (1.14)$$

bu yerda, Q – jismni isitish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdori; m – jismning massasi; Δt – jarayonning oxirgi va boshlang'ich haroratlari oralig'idagi farq. SI da solishtirma issiqlik sig'imi J/kg·K birligida o'lchanadi.

Gaz, bug', suyuqlik va qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imlari odatda tajriba natijalari orqali topiladi.

Harorat o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti. Agar issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti jismning issiqlik energiyasini o'tkazish qobiliyatini belgilasa, harorat o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti esa jismning issiqlik inersion xossalarini ifoda qiladi. Bu koeffitsiyent jismning fizikaviy kattaligi hisoblanib, haroratning o'zgarish tezligini bildiradi.

Harorat o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti (α, m^2/s) quyidagi nisbat orqali aniqlanadi:

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}, \qquad (1.15)$$

bu yerda, λ – issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti; s – solishtirma issiqlik sig'imi; ρ – zichlik.

Harorat o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti moddaning kompleks xossalarini belgilaydigan muhim kattalik bo'lib, (1.15) tenglama bilan aniqlanadi yoki tajriba orqali topiladi. Bu koeffitsiyentning son qiymati haroratga, zichlikka, moddaning tarkibiga va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi.

1.7. O'XSHASHLIK NAZARIYASI VA JARAYONLARINI MODELLASHTIRISH

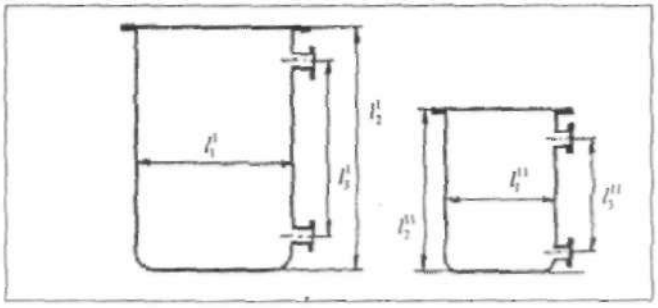
Texnologik jarayonlarni modellashtirish o'xshashlik nazariyasiga asoslanadi. O'xshashlik shartlariga ko'ra o'xshash hodisalar 4 guruhga bo'linadi: geometrik o'xshashlik, vaqt bo'yicha o'xshashlik, fizik kattaliklarning o'xshashligi, boshlang'ich va chegara shartlarining o'xshashligi.

Agar sistemadagi jismlar tinch holatda turgan bo'lsa, geometrik bir xillikka asosan ikki o'xshash jismning geometrik o'lchov kattaliklari o'zaro parallel bo'lib (1.4-rasm), ularning nisbati o'zgarmas bo'ladi:

$$\frac{l_1^I}{l_1^{II}} = \frac{l_2^I}{l_2^{II}} = \frac{l_3^I}{l_3^{II}} = K_e = const, \qquad (1.16)$$

bunda, K_e – geometrik o'lchov kattaliklari doimiyligi;

$l_1^I, l_2^I, l_3^I, l_1^{II}, l_2^{II}, l_3^{II}$ – birinchi va ikkinchi idishlarning geometrik o'lchamlari.



1.4-rasm. Geometrik oxshash idishlar.

Geometrik o'xshashlik bo'lganda vaqt bo'yicha bir xillik hosil bo'ladi. Bu bir xillikka asosan, ikkita geometrik jismdagi nuqtalar o'xshash traektoriya bo'ylab vaqt birligida bir xil yo'l bosib o'tadi. Ularning o'zaro bir-biriga nisbati o'zgarmas qiymatga teng:

$$\frac{T_1}{\tau_1} = \frac{T_2}{\tau_2} = \frac{T_3}{\tau_3} = \ldots = \frac{T_n}{\tau_n} = a_\tau = const, \qquad (1.17)$$

bu yerda, $T_1, T_2, T_3, T_n, \tau_1, \tau_2 \tau_3, \tau_n$ – harakatdagi birinchi va ikkinchi jism vaqt intervalining o'zgarishlari; a_τ – vaqt birliklari doimiyligi.

Fizik kattaliklarning bir xilligiga asosan, fazoda joylashgan ikki sistema xossalarning o'zaro nisbati vaqt birligida o'zgarmas bo'ladi:

$$\frac{\mu_1^I}{\mu_1} = \frac{\mu_2^I}{\mu_2} = \frac{\mu_3^I}{\mu_3} = \ldots = \frac{\mu_n^I}{\mu_n} = a_\mu = const, \qquad (1.18)$$

bu yerda, $\mu_1^I, \mu_2^I, \mu_3^I, \mu_n^I, \mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_n$ – birinchi va ikkinchi sistema xossalarining vaqt birligida o'zgarishlari; α_μ – fizik kattaliklar doimiyligi.

O'xshash fazoda joylashgan jismlarning fizik va vaqt bo'yicha bir xillikka ega bo'lishi uchun ularning boshlang'ich va chegara shartlari bir xil bo'lishi kerak.

Loyihachilarga o'xshashlik nazariyasi tajriba uskunalarida (modellarda) noma'lum kattaliklarni tekshirib ko'rishga va olingan

natijalarni sanoat uskunalariga (originalga) ko'chirishga yordam beradi.

O'xshashlik nazariyasi haqidagi fikrni birinchi bo'lib 1686-yili I. Nyuton taklif etgan. Keyinchalik bu nazariyani V.L. Kirpichev, V. Nusselt, M.V. Kirpichev A.A. Guxman va boshqalar rivojlantirgan.

O'xshashlik nazariyasi uchta teoremaga asoslanadi. Birinchi teoremani I. Nyuton kashf qilgan. Bu teoremaga muvofiq o'xshash hodisalar bir xil qiymatga ega bo'lgan o'xshashlik mezonlari bilan belgilandi. Masalan, ikkita o'xshash sistemadagi (original va modeldagi) zarrachalarning mexanik harakati Nyuton o'xshashlik mezoni orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$Ne = \frac{f\tau}{mw}, \qquad (1.19)$$

bu yerda, f – kuch, m – zarrachaning massasi, τ – vaqt, w – zarracha tezligi.

Ikkinchi teorema Bekingem, Federman va Afanseva – Erenfest tomonidan isbotlangan. Bu teoremaga asosan, biror jarayonga ta'sir qiluvchi o'zgaruvchan kattaliklarni bog'lovchi differensial tenglamalarning yechimini o'xshash mezonlarning o'zaro bog'liqliklari orqali ifodalash mumkin.

Agar o'xshashlik mezonlarini π_1, π_2, π_3, ... , π_n bilan belgilansa, u holda differensial tenglamaning yechimi umumiy tarzda quyidagicha bo'ladi:

$$\varphi(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \ldots, \pi_n) = 0, \qquad (1.20)$$

yoki

$$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3, \ldots, \pi_n). \qquad (1.21)$$

Bunday ifodalar kriterial tenglamalar deb yuritiladi.

Uchinchi teorema M.V. Kirpichev va A.A. Guxman tomonidan aniqlangan. Bu teorema tajriba asosida olingan hisoblash usullaridan amalda foydalanish mumkinligini ko'rsatadi. Bu teoremaga asosan, son jihatdan teng aniqlovchi mezonlarga ega bo'lgan hodisalar o'xshash hisoblanadi. Masalan, (1.21) tenglamadagi π_1 – aniqlovchi mezondir.

O'xshashlik nazariyasi yordamida katta o'lchamli sanoat uskunalarida tashkil etiladigan murakkab (yuqori bosim ostida, zaharli va xavfli moddalar ishtirokida boradigan) jarayonlar o'rniga kichik o'lchamli modellarda tajribalar o'tkazish imkoni tug'ildi. Bunda tekshirilayotgan jarayonlarni olib borish sharoiti birmuncha o'zgartiriladi: harorat va bosim pasaytiriladi, ish muhitlari almashti-

riladi. Ammo jarayonning fizik mohiyati o'zgartirilmaydi. Shunday qilib, o'xshashlik nazariyasining uslublari neft-gazni qayta ishlash texnologiyasi jarayonlarini modellashtirish ishlariga asos bo'lib xizmat qiladi.

Modellashtirish – mavjud yoki tashkil qilinishi lozim bo'lgan obyekt (original) ning shunday o'rganish usuli bo'lib, bunda asl obyekt o'rniga uning o'rnini bosish mumkin bo'lgan boshqa obyekt – model o'rganiladi, olingan natijalar esa originalni hisoblashda foydalaniladi. Modellashtirishning asosiy maqsadi modelda o'lchab olingan kattaliklar asosida ishlab chiqarish sharoitidagi originalda yuz berishi mumkin bo'lgan holatni aniqlab berishga qaratilgan.

Fan va texnika taraqqiyotining hozirgi davrdagi bosqichida ishlab chiqarishga tatbiq qilinayotgan jarayonlarning deyarli ko'pchiligi juda murakkab. Shu sababli, ilmiy tadqiqot ishlarini olib borish ancha qiyinlashgan, olingan natijalar esa juda tez eskirib qolishi mumkin.

Bunday sharoitda vaqt omili hal qiluvchi ahamiyatga ega. Modellashtirish prinsiplaridan foydalanilganda yangi jarayonlarni ishlab chiqarishga joriy qilish vaqti birmuncha qisqaradi, belgilangan maqsadlarni oddiy usullar yordamida hal qilinishga erishiladi.

Hozirgi kunda modellashtirish nazariyasi asosan ikki xil yo'nalishda rivojlanmoqda: 1) fizik modellashtirish; 2) matematik modellashtirish.

Fizik modellashtirishning mazmuni shundan iboratki, model original bilan bir xil tabiatga ega bo'ladi va uning xususiyatlarini qaytaradi. Masalan, quvursimon sanoat pechidagi neftni qizitish jarayoni (original) o'rniga laboratoriya sharotida (ya'ni modelda) neftni qizitish jarayonini tadqiqot qilish. Modelda ushbu neftni qizitish jarayoniga fizik kattaliklarning hamda model o'lchamlarining ta'siri o'rganiladi. So'ngra modelda olingan natijalardan originalda yuz beradigan jarayonni hisoblashda va uni tashkil etishda foydalaniladi.

Matematik modellashtirishning asosiy maqsadi texnologik jarayonning fizik-kimyoviy, gidrodinamik va konstruktiv kattaliklarini o'zaro bog'laydigan tenglamalarni tuzishdan iboratdir. Matematik modellashtirishda elektron-hisoblash mashinalaridan keng foydalaniladi.

Kichik uskunalarning (ya'ni modellarning) o'lchamlarini o'zgartirib, katta quvvatli sanoat uskunalariga o'tishda modellashtirish nazariyasi alohida ahamiyatga molik. Jarayonlarni maqbul modellashtirish yangi korxonalarni loyihalashtirish yoki ishlab turgan korxonalarni mukammallash darajasining oshishini ta'minlaydi.

Umuman olganda, modellashtirish quyidagi tartibda olib boriladi:

1) o'rganilayotgan jarayon differensial tenglamalar va bir xil ma'noli shart-sharoit qoidalari bilan ifoda qilinadi;

2) o'xshashlik mezonlari keltirib chiqariladi, ularning ichidan aniqlovchi mezon ajratib olinadi hamda shu aniqlovchi mezonning boshqa mezonlar bilan bog'laydigan funksional tenglama tuziladi;

3) model va originaldagi aniqlovchi mezonlarning o'zaro tengligini hisobga olingan holatda har bir fizik kattalik uchun o'xshashlik doimiyliklari aniqlanadi;

4) olingan natijalar asosida shunday model tayyorlanadiki, uning ishchi hajmi sanoat uskunasining ishchi hajmiga geometrik o'xshash bo'lishi kerak, modelning masshtabini tanlashda uskunaning o'lchami va ish unumdorligi shunday hisobga olinishi kerakki, bunday holatda ishchi muhitlarning tegishli tezligi, sarfi, harorati va boshqa kattaliklari ta'minlanishi zarur;

5) tajribalar o'tkazish paytida aniqlovchi mezonlarning o'zgarish chegaralari modelda ham, originalda ham bir me'yorda bo'lishi kerak.

Yuqoridagi shartlarni to'la bajarish neft va gazni qayta ishlash uchun yangi jarayonlar va uskunalarni ishlab chiqish hamda ularni qisqa vaqt davomida sanoatga joriy etish imkoniyatini yaratib beradi.

1.8. FIZIK KATTALIKLARNING O'LCHOV SISTEMALARI

Har qanday jarayon va qurilmalarni hisoblashda moddalarning fizik xususiyatlarini (zichlik, solishtirma og'irlik, qovushoqlik va boshqalar) va modda holatining harakatini xarakterlovchi kattaliklar (tezlik, bosim, harorat va boshqalar)ni bilish kerak.

1980-yilga qadar fizik kattaliklar miqdorini ifodalash uchun asosan SGS, MKGSS va boshqa o'lchov birliklar sistemalaridan foydalanilar edi. Texnologiya jarayonlarini o'rganishda turli o'lchov birliklaridan foydalanish hisoblash ishlarini qiyinlashtiradi va qo'pol xatoliklarga olib keladi, chunki bunda kattaliklarni bir sistemadan boshqasiga o'tkazish ehtiyoji tug'iladi, natijada hisoblarda ham jiddiy xatolarga yo'l qo'yilishi mumkin.

Respublikamizda va bir qancha chet davlatlarda o'lchov birligining yagona sistemasi sifatida 1980 yilning yanvaridan boshlab universal Xalqaro birliklar sistemasi (SI) qabul qilindi. SI ning joriy etilishi bilan shu sistemada nazarda tutilgan va uning tarkibiga kirmaydigan

birliklarning ilmiy tadqiqotlar natijalarini hisoblashda, ishlab chiqarish qurilmalarini loyihalashda, shuningdek, o'quv-ta'lim ishida qiyinchilik *tug'idirayotgan o'lchov birliklaridagi xilma-xillikka barham berildi.*

SI ning avvalgi sistemalarga nisbatan muhim afzalligi shundaki, u universal, o'lchov birliklari birxillashtirilgan; asosiy, qo'shimcha va ko'pchilik hosilaviy birliklarni amaliyot uchun qulay o'lchamlarga mujassamlashtirilgan sistemadir. SI da yettita asosiy kattalik va shularga *mos yettita asosiy (o'lchamlari maxsus ta'riflar bilan belgilangan) birlik,* shuningdek, ikkita qo'shimcha, anchagina hosilaviy kattaliklar va ularga mos qo'shimcha hamda hosilaviy birliklar bor. Xalqaro birliklar sistemasining asosiy kattalik va birliklari quyidagilar: uzunlik birligi – metr (m), massa birligi – kilogramm (kg), vaqt birligi – sekund (s), *elektr tok kuchi birligi – amper (A), termodinamik temperatura birligi –* kelvin (K), yorug'lik birligi – kandela (kd), modda miqdori birligi – mol (mol) (1.1- jadvalga qarang).

O'lchov va tarozilar XIV Bosh konferensiyasi qarori bilan bosim va mexanik kuchlanish birligi uchun mustaqil o'lchov paskal (Pa) qabul qilingan. Paskal – kuchga perpendikular bo'lgan 1 m^2 yuzaga tekis taqsimlangan 1 N kuchdan hosil qilingan bosimga teng.

Bulardan tashqari, xalqaro birliklar sistemasining karrali va ulushli qiymatlaridan ham keng foydalaniladi. Bunda tegishli birlikning son qiymatini 10 soniga ko'paytirib yoki bo'lib mos holda karrali yoki ulushli birlik hosil qilinadi. Karrali va ulushli birlik nomi dastlabki birliklar nomlariga old qo'shimchalar qo'shish yo'li bilan olinadi. *Birliklarning dastlabki nomiga ikki va undan ortiq old qo'shimcha* qo'shish mumkin emas. Masalan, mikromikrofarad, ya'ni «faradning milliondan bir ulushidan milliondan bir ulushi» iborasi o'rniga pikofarad (pF) ni ishlatish lozim. Pikofarad 10^{-12} F ga, ya'ni faradning milliondan bir ulushiga teng.

Xalqaro birliklar sistemasining asosiy, qo'shimcha va ba'zi muhim hosilaviy birliklari

1.1- jadval

Kattalik nomi	Birlik ar nomi	Birliklar *belgisi* (o'zbekcha)
1	2	3
	Asosiy kattaliklar	
Uzunlik	metr	m

Massa	kilogramm	kg
Vaqt	sekund	s
Elektr tok kuchi	amper	A
Termodinamik harorat	kelvin	K
Moda miqdori	mol	mol
Yorug'lik kuchi	kandela	kd
	Qo'shimcha kattaliklar	
Yassi burchak	radian	rad
Fazoviy burchak	steradian	sr
	Hosilaviy birliklar	
Yuza	metr kvadrat	m^2
Hajm, sig'im	metr kub	m^3
Tezlik	metr taqsim sekund	m/s
Tezlanish	metr taqsim sekund kvadrat	m/s^2
Burchak tezlik	radian taqsim sekund	rad/s
Burchak tezlanish	radian taqsim sekund kvadrat	rad/s^2
Zichlik	kilogramm taqsim metr kub	kg/m^3
Kuch	nyuton	N
Bosim, mexanik kuchlanish	paskal	Pa
Kinematik qovushqoqlik	metr kvadrat taqsim sekund	m^2/s
Dinamik qovushqoqlik	paskal – sekund	Pa•s
Ish, energiya, issiqlik miqdori	joul	J
Quvvat	vatt	Vt
Entropiya	joul taqsim kelvin	J/K
Solishtirma issiqlik sig'im (issiqlik sig'im)	kelvin	J/(kg•K)
Issiqlik berish (issiqlik uzatish) koeffitsiyenti	vatt taqsim metr kvadrat – kelvin	$Vt/(m^2•K)$
Issiqlik o'tkazuvchanlik	vatt taqsim metr – kelvin	Vt/(m•K)
Sirt taranglik	joul taqsim metr kvadrat	J/m^2
Diffuziya koeffitsiyenti	metr kvadrat taqsim sekund	m^2/s
Entalpiya	joul taqsim kilogramm	J/kg

Xalqaro birliklar sistemasida ishlatiladigan old qo'shimchalar va ularning ko'paytuvchilari 1.2-jadvalda keltirilgan. 1.3-jadvalda esa SI birliklari bilan ayrim eskirgan birliklar o'rtasidagi nisbatlarga misollar keltirilgan.

Old qo'shimchalar va ularning ko'paytuvchilari

1.2-jadval

Ko'paytuvchi	Old qo'shimcha		
	nomi	belgisi	
		xalqaro	o'zbekcha
1 000 000 000 000 000 000 = 10^{18}	eksa	E	E
1 000 000 000 000 000 = 10^{15}	peta	R	P
1 000 000 000 000 = 10^{12}	tera	T	T
1 000 000 000 = 10^{9}	giga	G	G
1 000 000 = 10^{6}	mega	M	M
1 000 = 10^{3}	kilo	K	k
100 = 10^{2}	gekto	h	g
10 = 10^{1}	deka	da	da
0,1 = 10^{-1}	desi	d	d
0,01 = 10^{-2}	santi	c	s
0,001 = 10^{-3}	milli	m	m
0,000001 = 10^{-6}	mikro	μ	mk
0,000000001 = 10^{-9}	nano	n	n
0,000000000001 = 10^{-12}	piko	p	p
0,000000000000001 = 10^{-15}	femto	f	F
0,000000000000000001 = 10^{-18}	atto	a	a

Birliklar o'rtasidagi nisbatlar

1.3-jadval

Kattalik nomi	SIga bino-an birligi	SI birligiga o'tkazish koeffitsiyentlari
1	2	3
Uzunlik	m	1 mkm=10^{-6} m; 1A°=10^{-10} m
Og'irlik kuchi (og'irlik)	N	1 kgk=9,81 N; 1 din=10^{-5} N
Dinamik qovushqoqlik	Pa•s	1 P (puaz)=0,1 Pa•s; 1 sP =10^{-3} Pa•s
Kinematik qovushqoqlik	m^2/s	1 kgk•s/m^2=9,81 Pa•s
Bosim	Pa	1 st (stoks)=10^{-4} m^2/s
		1 din/sm^2=0,1 Pa=1 at:
		1 kgk/m^2 = 9,81 • 10^4 Pa = 735 mm sim.ustuni = 10 m suv ustuni
		1 kgk/m^2 = 9,81 Pa
		1 atm = 1,033 kgk/m^2 =

Quvvat	Vt	$1,01 \cdot 10^5$ Pa = 760 mm sim.ust. =10,33 m suv ust.
		1 bar = 10^5 Pa
Zichlik	kg/m^3	1 kgk•m/s = 9,81 Vt
		1 erg/s= 10^{-7} Vt
Solishtirma og'irlik	N/m^3	1 kkal/soat = 1,163 Vt
Ish, energiya, issiqlik miqdori	J	1 kgk•s^2/m^4 = 9,81 kg/m^3
		1 t/m^3 == 1 kg/dm^3 = 1 g/sm^3 =10^3 kg/m^3
		1 kgk/m^3= 1,163 N/m^3
		1 kgk•m =9,81 J
		1 erg= 10^{-7} J
		1 kVt•soat = $3,6 \cdot 10^6$ J
		1 kkal = 4187 J = 4,19 kJ
Solishtirma issiqlik sig'imi	J/(kg•K)	1 kkal/(kg•°S) = 4,19 kJ/(kg•K)
	J/(kg•S)	1 erg/g•K = 10^{-4} J/(kg•K)
Issiqlik berish va o'tkazish koeffitsiyentlari	Vt/(m^2•K)	1 kkal/(m^2•soat•°S) =1,163
	Vt/(m^2•S)	Vt/(m^2•K)
	Vt/(m•K)	1 kkal/(m •soat•°S)=1,163
Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti	Vt/(m•S)	Vt/(m•K)
Aylanish chastotasi	Gs	1 s^{-1} = 1 Gs
		1 ayl/s = 1 Gs
		1 ayl/min = 1/60 Gs
Solishtirma entalpiya	J/kg	1 kkal/kg=1 kal/g =4,19 kJ/kg

Tayanch so'z va iboralar

Texnologik jarayonlar, kimyoviy texnologiya, mexanik jarayonlar, gidromexanik jarayonlar, issiqlik almashinish jarayonlari, modda almashinish jarayonlari, kimyoviy jarayonlar, nanotexnologiya, moddiy balans, issiqlik balansi, uzluksizlik tenglamasi, uskunalarni hisoblash, jarayonlarni jadallashtirish, zichlik, solishtirma og'irlik, qovushoqlik, issiqlik o'tkazuvchanlik, solishtirma issiqlik sig'imi, harorat o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, o'xashlik nazariyasi, o'xshashlik shartlari, o'xshashlik nazariyasining teoremalari, original, model, kriterial tenglamalar, o'xshashlik mezonlari, modellashtirish, fizik modellash-

tirish, matematik modellashtirish. Xalqaro birliklar sistemasi, asosiy kattaliklar, qo'shimcha kattaliklar, hosilaviy birliklar.

Mustaqil ishlash uchun savollar

1.1. O'zbekiston neft va gaz zaxiralarining umumiy miqdori va qiymati qanday raqamlar bilan ifoda qilinadi?

1.2. «O'zbekneftgaz» milliy xolding kompaniyasi korxonalarida qanday mahsulotlar ishlab chiqariladi?

1.3. Hozirgi kunda respublikamizda yiliga qancha tabiiy gaz va suyuq uglevodorodlar qazib olinmoqda?

1.4. Neft-gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari fanining asosiy maqsadi nimadan iborat?

1.5. «Jarayonlar va uskunalar» fani qanday maqsadlarni hal etish imkoniyatlarini yaratib berdi?

1.6. Fandagi yangi yo'nalishi – nanotexnologiyaning asosiy mohiyatini qanday ta'riflash mumkin?

1.7. Modda va energiyaning saqlanish qonunlarini qanday ifoda qilish mumkin?

1.8. Jarayonlar va uskunalarni hisoblash tartibi. Yangi uskunalarni yaratish uchun qanday talablar qo'yiladi?

1.9. Uskunalarning ishlarini qanday usullar bilan jadallashtirish mumkin?

1.10. Neft va gazning fizik-texnikaviy xossalarini qanday kattaliklar orqali ifoda qilish mumkin?

1.11. O'xshash hodisalarning guruhlarga bo'linishi. O'xshashlik nazariyasi qanday teoremalar orqali ifoda qilinadi?

1.12. Fizik va matematik modellashtirishlarning mohiyatlari nimadan iborat?

1.13. Jarayonlarni modellashtirish qanday tartibda olib boriladi?

1.14. Mamlakatimizda xalqaro birliklar sistemasi qachon qabul qilingan?

1.15. Asosiy, qo'shimcha va hosilaviy kattaliklar o'rtasida qanday farq bor?

BIRINCHI QISM. GIDROMEXANIK JARAYONLAR

II bob. TEXNIKAVIY GIDRAVLIKA ASOSLARI

2.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Neft va gazni qayta ishlashda gidromexanik jarayonlar ko'p ishlatiladi. Bunday jarayonlar qatoriga quyidagilar kiradi: a) suyuqliklar, gazlar va ularning aralashmalarini quvurlar va uskunalar orqali siljitish; b) har xil jinsli sistemalarni turli usullar bilan ajratish (cho'ktirish, sinflash, filtrlash, sentrifugalash); d) suyuq muhitlarni aralashtirish; e) qattiq jismlarni havo oqimi yordamida uzatish (pnevmotransport); f) mavhum qaynash qatlamining hosil bo'lishi. Bu jarayonlarning tezligi gidromexanika qonunlari bilan ifodalanadi.

Gidromexanika – suyuqlikning muvozanati va harakatini hamda suyuqlik bilan unga to'la yoki qisman cho'ktirilgan jism o'rtasidagi o'zaro ta'sirini o'rganuvchi fan. Sanoat uskunalarida olib boriladigan issiqlik va modda almashinish jarayonlarining tezligi ko'pincha gidromexanika qonuniyatlariga bog'liq bo'ladi. Gidromexanika qonunlari va ulardan amaliyotda foydalanish usullari *gidravlika fanida* o'rganiladi.

Gidravlika ikki asosiy qismdan: suyuqliklarning muvozanat qonunlarini o'rganadigan *gidrostatika* va suyuqliklarning harakat qonunlarini o'rganadigan *gidrodinamikadan* iborat.

Suyuqliklar *oquvchanlik* xususiyatiga ega. Suyuqlik go'yo ma'lum hajmga ega, lekin shaklga ega emas (qanday idishga solinsa, o'sha idish shaklini oladi), ammo suyuq massa tashqi kuchlar bo'lmagan sharoitda, faqat molekular kuchlar ta'siri ostida shar shaklini oladi. Moddalarning suyuq holati o'z tabiatiga ko'ra gaz holat bilan qattiq holat o'rtasidagi oraliq o'rinni egallaydi.

Suyuqlik va gazlarning harakat tezliklari tovush tezligidan past bo'lgani uchun ularning harakat qonunlari bir xil. Shuning uchun *gidravlikada suyuqlik deyilganda gaz ham, suyuqlik ham tushuniladi.* Ularni bir-biridan ajratish uchun suyuqliklar tomchili, gazlar esa *elastik suyuqlik* deb qaraladi.

Suyuqlik va gazlar quyidagi xossalari bilan bir-biriga o'xshaydi:

1) suyuqliklar xuddi gazlar kabi ma'lum shaklga ega emas, uning fizik xossalari barcha yo'nalishda bir xil, ya'ni izotropdir; 2) gazlarning *qovushoqligi kichik bo'lib, suyuqliklarnikiga yaqinlashadi*; 3) *kritik* haroratdan yuqori haroratda suyuqliklar bilan gazlar orasidagi farq yo'qoladi. Suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlari differensial tenglamalar bilan ifodalanadi. Boshqa sohalarda bo'lgani kabi gidravlikada ham nazariy tadqiqotlar natijalarini soddalashtirish maqsadida ideal suyuqlik modelidan foydalaniladi.

Bosim va harorat ta'sirida o'z hajmini o'zgartirmaydigan yoki siqilmaydigan, o'zgarmas zichlikka ega va ichki ishqalanishi (qovushoqligi) bo'lmagan suyuqliklar *ideal suyuqlik* deb aytiladi. Aslida esa har qanday suyuqlik bosim yoki harorat ta'sirida o'z hajmini o'zgartiradi. Har qanday suyuqlikda ichki ishqalanish kuchi va qovushoqlik bo'ladi. Demak, haqiqatda tabiatda ideal suyuqlik bo'lmaydi, ya'ni *barcha suyuqliklar haqiqiy suyuqlikdir*. Ammo ba'zi suyuqliklarning qovushoqligi juda kichik bo'ladi. Ular harorat va bosim ta'sirida o'z hajmini shu qadar kam o'zgartiradiki, bu o'zgarishni amalda hisobga olmasa ham bo'ladi. Bunday suyuqliklar shartli ravishda. ideal suyuqliklar deyiladi. Bu tushuncha haqiqiy suyuqlik qonunlarini o'rganishni osonlashtiradi. Elastik suyuqliklarning hajmi harorat va bosim ta'sirida keskin o'zgaradi.

Gidrodinamikani *o'rganish masalalari uch turga* bo'linadi: ichki, tashqi va aralash. Suyuqlik yoki gazlarning quvur va kanallar bo'yicha harakati gidrodinamikaning ichki vazifasini, qattiq zarrachalarning gaz yoki suyuq muhitdagi harakati tashqi vazifani, suyuqlik va gazlarning qattiq jism qatlami orqali harakati esa aralash vazifani tashkil etadi.

2.2. GIDROSTATIK BOSIM

Sirt va hajm kuchlarining ta'sirida suyuqlikning ichida gidrostatik bosim paydo bo'ladi. Tinch turgan suyuqlik hajmidan elementar yuza ΔF ni ajratib olamiz. Ushbu yuzaning turgan holatidan tashqari unga normal bo'yicha yo'nalgan ma'lum bir kuch ΔP ta'sir qiladi. Ushbu *kuchning elementar yuzaga nisbati* (ΔP /ΔF) *o'rtacha gidrostatik* bosimni tashkil etadi:

$$P_{ur} = \frac{\Delta P}{\Delta F}. \qquad (2.1)$$

Elementar yuzaning ayrim nuqtalaridagi haqiqiy bosim esa turlicha (bir nuqtada ko'proq, boshqa nuqtada esa kamroq) bo'lishi mumkin. ΔF

ning qiymati qancha kichik bo'lsa, biror nuqtadagi haqiqiy bosim o'rtacha gidrostatik bosimga ancha yaqin bo'ladi.

Elementar yuzaning qiymati nolga yaqinlashtirilgan holatdagi kuchning yuzaga nisbati berilgan nuqtadagi haqiqiy gidrostatik bosim (yoki gidrostatik bosim) deb ataladi:

$$P = \lim_{\Delta F \to 0} \frac{\Delta P}{\Delta F}. \qquad (2.2)$$

Bosimning yo'nalishi va ta'siri suyuqlikning hamma nuqtalarida bir xil, chunki bu kuch hamma vaqt normal bo'yicha yo'nalgan bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, bosimning *kattaligi yuzaning* shakliga va uning *qanday joylashganligiga* bog'liq emas.

Bosimning SI sistemasidagi o'lchov birligi N/m^2 yoki Pa. Bu birlik juda kichik bo'lganligi sababli, yiriklashtirilgan birliklar ishlatiladi: kilopaskal va megapaskal (kPa=10^3 Pa; mPa = 10^6 Pa).

Amaliyotda gidrostatik bosimning qiymati boshqa o'lchov birliklari orqali ham ifoda qilinadi: texnik atmosfera (at); fizik atmosfera (atm); din/sm^2; bar; simob ustuni; suv ustuni va hokazo. 1 kgk/sm^2 ga teng bo'lgan bosim texnik atmosfera deb ataladi. 10 paskalga teng bo'lgan bosim bir barni tashkil etadi.

Texnik atmosfera (at) fizik atmosfera (atm) dan farq qiladi. Fizik atmosfera dengiz sathidagi standart atmosfera bosimi bo'lib 1,033 kgk/sm^2 ga teng. Texnik va fizik atmosfera bilan boshqa bosim birliklari o'rtasida quyidagi nisbat mavjud:

1 at =1 kgk/sm^2=10^4 kgk/m^2=9,81 • 10^4 Pa=735 mm sim. ust. = 10^4 mm suv ust.

1 atm=1,033 kgk/sm^2= 1,033•10^4 kgk/m^2=1,033•10^5 Pa=760 mm sim. ust. =1,033-10^4 mm suv ust.

Paskal va boshqa birliklar o'rtasida yana quyidagi nisbat bor:

1 din/sm^2=0,1 Pa; 1 bar=10^5 Pa; 1 mm suv ust. =9,81 Pa;

1 mm sim. ust. =133,3 Pa.

Amaliyotda gidrostatik bosim turli usullar bilan hisoblanadi. Agar gidrostatik bosim o'lchanayotgan paytda suyuqlikning erkin yuzasiga ta'sir qilayotgan atmosfera bosimi ham hisobga olinsa, bu holatdagi gidrostatik bosimni *to'la* yoki *absolyut bosim* deb yuritiladi. Bunday sharoitda odatda texnik atmosfera o'lchanadi, u absolyut bosim (ata) ni tashkil etadi.

Ko'pincha gidrostatik bosimni o'lchashda suyuqlikning erkin yuzasiga ta'sir qilayotgan atmosfera bosimi hisobga olinmaydi. Bunda atmosfera bosimidan ortiqcha bo'lgan, manometrik bosim aniqlanadi.

Manometrik bosim suyuqlikdagi absolyut bosim va atmosfera bosimi o'rtasidagi ayirmaga teng:

$$P_{man} = P_{abs} - P_{atm} \qquad (2.3)$$

Manometrik bosim texnik atmosfera bilan o'lchanib, ortiqcha bosim (ati) ni tashkil etadi.

Agar jarayon siyraklanish sharoitida (vakuumda) ketsa, vakuumning qiymati atmosfera bosimi bilan suyuqlikdagi absolyut bosimning orasidagi ayirmaga teng bo'ladi:

$$P_{vak} = P_{atm} - P_{abs} \qquad (2.4)$$

R_{vak} ning qiymati noldan atmosfera bosimi o'rtasidagi chegarada o'zgarishi mumkin. Masalan, absolyut bosim R_{abs}=0,3 ata bo'lganda vakuumning qiymati R_{vak}=1-0,3 = 0,7 ati ni tashkil etadi.

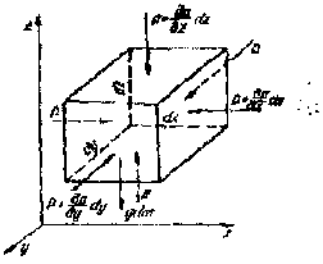
2.3. SUYUQLIK MUVOZANAT HOLATINING EYLER DIFFERENSIAL TENGLAMASI

Biror idishda tinch turgan suyuqlikka og'irlik va bosim kuchlari ta'sir qiladi. Bu kuchlarning o'zaro ta'sirining suyuqlik ichida taqsimlanishi *Eyler* tomonidan ishlab chiqilgan *differensial tenglama* bilan ifodalanadi. Ushbu tenglamani keltirib chiqarish uchun idishdagi suyuqlik hajmidan kichkina parallelepiped shaklidagi bo'lakcha olib, fazoviy koordinatalar sistemasida unga ta'sir qilayotgan kuchlarni ko'ramiz (2.1- rasm).

Parallelepipedning hajmini dv, uning *x*, *u* va *z* koordinatalar o'qiga parallel yo'nalgan qirralarini *dx*, *du* va dz bilan belgilaymiz. Parallelepipedga ta'sir qilayotgan og'irlik kuchi massa *t* bilan erkin tushish tezlanishi *g* ning ko'paytmasiga teng, ya'ni *gdt*. Gidrostatik bosim kuchlari esa gidrostatik bosimning shu qirralar yuzasi ko'paytmasiga teng bo'lib, uning qiymati koordinatalar o'qlariga bog'liq:

$$P = f(x, y, z).$$

Statikaning asosiy qoidasiga muvofiq tinch holatda turgan kichkina hajmga ta'sir qilayotgan barcha kuchlarning koordinatalar o'qlariga nisbatan olingan proeksiyalarining yig'indisi nolga teng, aks holda suyuqlik harakatda bo'lar edi.



4.1-rasm. Eylerning muvozanat holat differensial tenglamasini aniqlashga doir.

Kuchlar yig'indisini z o'qqa nisbatan proeksiyalaymiz. Og'irlik kuchi z o'qqa parallel va unga qarama-qarshi tomonga yo'nalgan. shuning uchun bu kuch z o'qqa manfiy (-) ishora bilan proeksiyalanadi:

$$-gdm = -g\rho d\upsilon = -\rho g dx dy dz$$

Parallelepipedning hajmi:

$$d\upsilon = dx dy dz.$$

Parallelepipedning pastki qirrasiga gidrostatik bosim normal bo'yicha ta'sir qiladi va uning z o'qqa nisbatan proeksiyasi $Pdxdy$ ga teng. Agar z o'q bo'yicha biror nuqtadagi gidrostatik bosimning o'zgarishi dR/dz bo'lsa, dz qirraning uzunligida bu bosim $\frac{\partial P}{\partial z}dz$ ga teng bo'ladi. Bunda qarama-qarshi (yuqorigi) qirradagi gidrostatik bosim $P+\frac{\partial P}{\partial z}dz$ ga teng va uning z o'q bo'yicha proeksiyasi:

$$-\left(P+\frac{\partial P}{\partial z}dz\right)dxdy$$

z o'qqa teng ta'sir etuvchi bosim kuchlarining proeksiyasi:

$$Pdxdy-\left(P+\frac{\partial P}{\partial z}dz\right)dxdy=-\frac{\partial P}{\partial z}dxdydz$$

z o'qqa proeksiyalangan umumiy kuchlarning yig'indisi nolga teng yoki:

$$\rho g dx dy dz - \frac{\partial P}{\partial z}dx dy dz = 0.$$

Parallelepipedning hajmi polga teng emas, ya'ni $dV = dxdydz \neq 0$. Shuning uchun

$$-\rho g - \frac{\partial P}{\partial z} = 0$$

Og'irlik kuchining x va u o'qlarga nisbatan proeksiyasi nolga teng, bu o'qlarga faqat gidrostatik bosim ta'sir qiladi. Uning x o'qqa

proeksiyasi:

$$P dy dz - \left(P + \frac{\partial P}{\partial x} dx \right) dy dz = 0.$$

Qavsni ochib, tegishli qisqartirishlarni bajarsak:

$$\left.\begin{aligned} -\frac{\partial P}{\partial x} dx dy dz = 0 \\ -\frac{\partial P}{\partial x} = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (2.5)$$

Xuddi shuningdek u o'q uchun:

$$\left.\begin{aligned} -\frac{\partial P}{\partial x} dx dy dz = 0 \\ -\frac{\partial P}{\partial y} = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (2.6)$$

Shunday qilib, kichkina parallelepipedning muvozanat sharti quyidagi tenglamalar sistemasi bilan ifodalanadi:

$$\left.\begin{aligned} -\frac{\partial P}{\partial x} = 0 \\ -\frac{\partial P}{\partial y} = 0 \\ -\rho g = \frac{\partial P}{\partial z} = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (2.7)$$

Bu tenglamalar sistemasi Eylerning suyuqlik muvozanat holatining differensial tenglamasi deyiladi. Suyuqlikning istalgan nuqtasidagi gidrostatik va og'irlik kuchini aniqlash uchun bu tenglamalar sistemasini integrallash kerak. Tenglamalarning integrali gidrostatikaning asosiy tenglamasi bo'lib, muhandislik hisoblash ishlarida keng qo'llaniladi.

2.4. GIDROSTATIKANING ASOSIY TENGLAMASI

(2.7) tenglamalar sistemasidan ko'rinib turibdiki, tinch turgan suyuqlikning istalgan nuqtasidagi bosimning x va u o'qlar bo'yicha o'zgarishi nolga teng bo'lib, bosim vertikal z o'q bo'yicha o'zgaradi. Shuning uchun $\frac{\partial P}{\partial z}$ xususiy hosila miqdorini $\frac{dP}{dz}$ bilan almashtiramiz, u holda:

$$-\rho g - \frac{\partial P}{\partial z} = 0.$$

Bundan

$$-dP - \rho g dz = 0 \qquad (2.8)$$

Tenglamaning chap va o'ng qismini ρg ga bo'lib, ishoralarini

o‘zgartiramiz:

$$dz + \left(\frac{1}{\rho g}\right) dP = 0.$$

Bir jinsli **aniq siq**ilmaydigan suyuqliklarning **zichligi o‘zgarmas** bo‘lgani uchun

$$dz + d\left(\frac{P}{\rho g}\right) = 0 \quad \text{ёки} \quad d\left(z + \frac{P}{\rho g}\right) = 0.$$

Bu tenglamani integrallaymiz, u holda:

$$z + \frac{P}{\rho g} = const. \tag{2.9}$$

Bu tenglama gidrostatikaning asosiy tenglamasi deyiladi.

Tenglamada z-ixtiyoriy gorizontal tekislikka nisbatan olingan nuqtaning balandligi (nivelir balandlik) yoki geometrik napor, $\frac{P}{\rho g}$ statik yoki pezometrik napor (yoki bosim kuchi).

Gidrostatikaning asosiy tenglamasiga muvofiq, tinch turgan suyuqlikning har qanday nuqtasida geometrik va statik bosim kuchlarining yig‘indisi o‘zgarmas miqdorga teng. Nivelir balandlik va statik bosim kuchi metr hisobida ifodalanadi. Umumiy holda tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$P = P_0 + \rho g z. \tag{2.10}$$

P_0 – tinch turgan suyuqlik sirtiga ta’sir qilayotgan atmosfera bosimi.

(2.10) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, tinch turgan bir jinsli suyuqlikning bir xil hajmida bitta gorizontal tekislikda joylashgan barcha zarrachalari bir xil gidrostatik bosim ostida bo‘ladi. Har qaysi nuqtadagi gidrostatik bosimning kattaligi suyuqlik ustunining balandligiga bog‘liq. Bu tenglama Paskal qonunining bir ko‘rinishidir, ya’ni bu tenglamaga binoan tinch holatdagi suyuqlikning istalgan nuqtasiga ta’sir etayotgan tashqi bosim suyuqlikning barcha nuqtalariga o‘zgarishsiz uzatiladi.

2.5. NYUTON VA NONYUTON SUYUQLIKLAR

Hamma gazlar va kichik molekular massaga ega ko‘pchilik suyuqliklarning umumlashgan mexanik xossalarini *Nyutonning ishqalanish qonuni* (1.11) orqali ifodalash mumkin. Bunday suyuqliklar

nyuton *suyuqliklari* deb yuritiladi. Berilgan harorat va bosimdan nyuton suyuqliklarining qovushoqligi o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi.

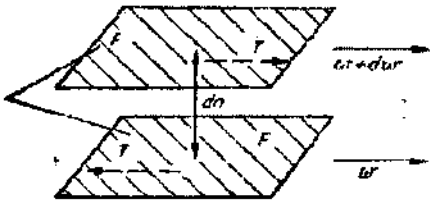
Ammo ba'zi suyuqliklar (neft, polimerlarning eritmasi, bo'yoq, sellyuloza, pasta, suspenziyalar va hokazo) ancha murakkab qovushoqlik xossalariga ega, bunday suyuqliklar (ya'ni *nonyuton suyuqliklar)* ning xossalarini Nyuton qonuni yordamida ifodalash mumkin emas. Nonyuton suyuqliklarda qovushoqlik holat kattaliklaridan tashqari oqish shart-sharoitlariga ham bog'liq bo'ladi. Nonyuton suyuqliklarda qovushoqlik doimiy qiymatga ega emas, qovushoqlikning qiymati siljish tezligiga va uning davomliligiga qarab o'zgaradi.

Nyutonning ishqalanish qonuni (2.11) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{T}{F} = \tau = \mu \frac{d\omega}{dn} \qquad (2.11)$$

bu yerda, T – siljish kuchlanishligi (ichki ishqalanish kuchlanishligi yoki kuchlanishlik urinmasi), Pa.

(2.11) tenglamadagi τ ning qiymati doimiy musbat bo'ladi. Agar bir-biriga nisbatan harakat qiluvchi suyuqlik qatlamlari



2.2-rasm. Qovushqoqlikni aniqlashga doir sxema.

(2.2- rasm) yuzasi *F* ga normal o'tkazish paytida uning yo'nalishini tezlik kamroq tomonga qarab olinsa, u holda tezlik gradientining qiymati doimo manfiy bo'ladi. Bunday holatda (2.11) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\tau = -\mu \frac{d\omega}{dn}. \qquad (2.11\ a)$$

(2.11) yoki (2.11 *a)* tenglama Nyutonning ichki ishqalanish

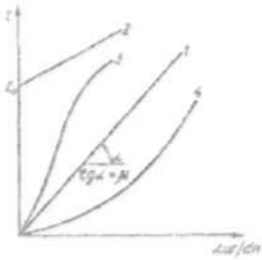
qonunini ifoda qiladi. Bu qonunga ko'ra, suyuqlikning oqishi paytida uning qatlamlari o'rtasida paydo bo'lgan ichki ishqalanish kuchlanishligi normal bo'yicha olingan tezlik gradientiga to'g'ri proporsionaldir. $\tau = -\mu \frac{d\omega}{dn}$ bog'liqligini grafik shaklda ko'rsatish mumkin. Bunday bog'liqlik *oqish egri chizig'i* deyiladi (2.3- rasm). Rasmda nyuton, bingam, mavhum plastik va dilatant suyuqliklarga tegishli egri chiziqlar berilgan.

Nyuton suyuqliklar uchun τ bilan $\frac{d\omega}{dn}$ o'rtasidag'i bog'liqlik to'g'ri chiziqni tashkil etadi (1- chiziq). Bu chiziq qiyalik burchagining tangensi dinamik qovushoqlik koeffitsiyentiga teng bo'ladi: $tg\alpha = \mu$.

Bingam yoki *plastik suyuqliklar* qatoriga suspenziyalar, ho'l qum. loy, pastalar kiradi. Siljish kuchlanishi kichik qiymatga ega bo'lganda bunday suyuqliklar oqmaydi (2-chiziq), faqat ularning shakli o'zgaradi. $\tau > \tau_0$ bo'lganda oqish boshlanadi va keyinchalik plastik suyuqliklar o'zining xossalari bo'yicha nyuton suyuqlikka o'xshab qoladi. Plastik suyuqliklar uchun oqish egri chizig'ining tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\tau - \tau_0 = \mu_{ss} \frac{d\omega}{dn}, \qquad (2.12)$$

bu yerda, μ – proporsionallik koeffitsiyenti (yoki plastik qovushoqlik).



2.3-rasm. Oqish egri chiziqlari. Suyuqliklar: 1- nyuton; 2- bingam; 3- mavhum plastik; 4- dilatant.

Mavhum plastik suyuqliklar (masalan, polimerlarning eritmalari,sellyulozalar, asimmetrik zarrachali suspenziyalar) siljish kuchlanishligi juda kichik qiymatga teng bo'lgandayoq oqa boshlaydi (3-egri chiziq) biroq ularning qovushoqlik koeffitsiyenti tezlik gradientining ortishi bilan kamayib boradi. *Dilatant suyuqliklar*

(masalan, kraxmal suspenziyasi, tarkibida qattiq jism zarrachalari ko'p bo'lgan turli yelimlar) da esa tezlik gradientining ortishi bilan qovushoqlik koeffitsiyenti ortib boradi (4- egri chiziq).

Mavhum plastik va dilatant suyuqliklar *tuyuladigan qovushoqlik* (μ_t) bilan xarakterlanadi:

$$\mu_t = \frac{\tau}{d\omega / dn}. \qquad (2.13)$$

Nonyuton suyuqliklar qatoriga *tiksotrop* va *reopektant* suyuqliklar ham kiradi. Tiksotrop suyuqliklarda (masalan, vaqt davomida qovushoqligi ortib boradigan bo'yoqlar) ma'lum qiymatdagi siljish kuchlanishligining ta'sir vaqti ortishi muhit tarkibining buzilishiga va oqish tezligining ko'payishiga olib kelishi mumkin. Reopektant suyuqliklarda esa vaqt davomida siljish kuchlanishligining ta'siri ortishi bilan muhitning oquvchanligi kamayadi. Reopektant suyuqliklarga bentonit loyining suspenziyasi va ayrim kolloid eritmalar misol bo'la oladi.

Nonyuton suyuqliklarning oqishini o'rganish *reologiya fani*ning mazmunini tashkil etadi. Bu fan nonyuton suyuqliklar shaklining o'zgarishi va oqishi to'g'risidagi fandir.

2.6. SUYUQLIKNING TEZLIGI VA SARFI

Suyuq muhitning harakati har bir zarrachalarning tezligi bilan xarakterlanadi. Ma'lum vaqt momentida har bir zarracha o'zining tezligi va yo'nalishiga ega. Agar tezlik maydoni vaqt davomida o'zgarmasa, *turg'un harakat* deb ataladi, mabodo tezlik maydoni vaqtga bog'liq bo'lsa – u holda harakat *noturg'un* bo'ladi. Turg'un harakat uchun $\omega=f(x,y,z)$ noturg'un harakat uchun esa $\omega=f(x,y,z,\tau)$, bu yerda ω – tezlik; x,y,z – koordinata o'qlari; τ – vaqt.

Quvurda oqayotgan suyuqlikning tezligi quvurning devorlariga yaqinlashgan sari kamayadi, chunki suyuqlik harakati ishqalanish kuchi tufayli sekinlashadi va suyuqlik zarrachalari devorga yopishib, qo'zg'almas bo'lib qoladi. Suyuqlik zarrachalari quvurning o'rtasida maksimal tezlik bilan harakatlanadi.

Suyuqlikning haqiqiy tezligini o'lchash juda qiyin, chunki suyuqlik zarrachalari oqimning har bir nuqtasida alohida tezlikka ega bo'ladi. Shuning uchun zarrachalarning tezligi o'rtacha kattalik bilan aniqlanadi. Hajmiy sarf miqdorining quvur ko'ndalang kesimiga nisbati *o'rtacha tezlik* (ω, m/s) deyiladi:

$$\omega = \frac{V}{S},$$

bu yerda, V – hajmiy sarf miqdori, m^3/s, S – quvurning ko'ndalang kesimi, m^2. Yuqoridagi tenglikdan:

$$v = \omega \cdot S. \qquad (2.14)$$

Bu tenglik *sekundli sarf tenglamasi* deyiladi. Suyuqlikning massaviy sarfi (m, kg/s) quyidagicha aniqlanadi:

$$M = V\rho = \omega S\rho. \qquad (2.15)$$

bu yerda, ρ – suyuqlik zichligi, kg/m^3.

Ishlab chiqarishdagi quvurlarni hisoblashda suyuqlik, gaz va bug' oqimlari o'rtacha tezliklarining taxminiy qiymatlaridan foydalaniladi (2.1-jadval).

Oqim o'rtacha tezligining taxminiy qiymati

2.1-jadval

Oqim turi	O'rtacha tezlik ω, m/s
Tabiiy tortishish holatidagi gazlar	2-4
Ventilatsiya gazoxodi va quvurdagi atmosfera bosimidagi gaz	5-20
O'zi oqib keladigan suyuqlik	0,1-05
Bosimli quvurlardagi suyuqlik	0,5-2,5
Absolyut bosim $R_{abs} \geq 4,9*10^4$ Pa bo'lgandagi suv bug'i	15-40
Absolyut bosim $R_{abs} \geq (1,96 \div 4,9)*10^4$ Pa bo'lgandagi suv bug'i	40-60

Suyuqlik va gazlarning tezligi va sarfini o'lchash uchun *pnevmometrik quvurlar* va *drossel asboblar ishlatiladi. Ochiq oqimda* suyuqlikning tezligi Pito naychasi bilan o'lchanadi. Yopiq quvurlarda *suyuqlik oqimining tezligini aniqlash uchun Pito naychasidan tashqari U-* simon pezometrik differensial manometrlar (quvurlar) ham *ishlatiladi.*

Oqim tezligi va sarfini o'lchash uchun yuqorida aytib o'tilgan usullar sodda va qulaydir, lekin pnevmometrik quvurlarni oqimlarning o'qiga nisbatan o'rnatish juda qiyin. Shu sababli sanoatda oqim tezligi va sarfini o'lchash uchun drossel asboblar ishlatiladi. Ularning ishlash *prinsipi quvurlarning kesimi* o'zgarganda, ya'ni quvurning tor va keng kesimidagi dinamik bosimlar farqining o'zgarishini o'lchashga asoslangan. Drossel asboblar sifatida o'lchovli diafragma, soplo, Venturi quvurlari ishlatiladi.

2.7. OQIMNING UZLUKSIZLIGI

Oqimning uzluksizlik tenglamasini aniqlash uchun quvurning uzunligi bo'yicha (2.4-rasm) uchta kesim olamiz (1-1, 2-2, 3-3). Kesimlarning yuzini S_1, S_2, S_3 va oqimning tezligini ω_1, ω_2, ω_3 deb olamiz. Sekundli sarf tenglamasiga muvofiq:

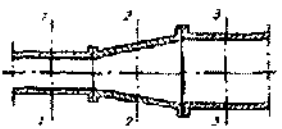
$$\omega_1 S_1 \rho_1 = \omega_2 S_2 \rho_2 = \omega_3 S_3 \rho_3 \qquad (2.16)$$

yoki

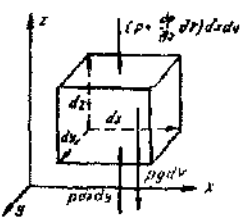
$$M_1 = M_2 = M_3.$$

bu yerda, $M = S\omega\rho$ – suyuqlikning massaviy sarfi, kg/s.

Quvurdan oqayotgan suyuqlik bir xil va uning zichligi vaqt birligida quvur uzunligi bo'yicha o'zgarmaydi ($\rho_1=\rho_2=\rho_3=\rho=$const), shuning uchun vaqtning istalgan momentida oqib o'tayotgan suyuqlikning miqdori bir xil bo'ladi:



2.4-rasm. Uzluksizlik tenglamasini aniqlashga doir.



2.5-rasm. Harakatdagi suyuqlikning Eyler tenglamasini aniqlashga doir.

$$\omega S = const. \qquad (2.17)$$

Bu tenglikdan ko'rinib turibdiki, tezlik quvurning kesim yuzasiga teskari proporsionaldir:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{S_2}{S_1} \qquad (2.18)$$

Oqimning uzluksizlik tenglamasi *moddalar saqlanish qonunining* xususiy ko'rinishi bo'lib, oqimning material balansini ifodalaydi. Ba'zan oqimning uzluksizligi buzilishi mumkin. Masalan, suyuqlikning qaynashi paytida bosimning birdan pasayishi natijasida ayrim vaqtda nasoslarning ishlashi paytida oqim uzluksizligi shartlari bajarilmaydi.

2.8. SUYUQLIK HARAKATINING EYLER DIFFERENSIAL TENGLAMASI

Bu tenglamani keltirib chiqarish uchun turg'un harakat qilayotgan ideal suyuqlik oqimidan elementar kichik zarrachaga harakat paytida va tinch holatda ta'sir qilayotgan kuchlarning taqsimlanishini ko'rib chiqamiz (2.5-rasm).

Elementar zarracha parallelepiped shakliga ega. Parallelepipedning qirralari dx, dy va dz ga teng bo'lib, x, u va z o'qlariga parallel. Uning hamji dV. Eylerning muvozanat tenglamasiga muvofiq og'irlik va gidrostatik kuchlarning koordinatalar o'qiga proeksiyasi quyidagicha:

x o'qiga $-\frac{\partial P}{\partial x}dxdydz$,

y o'qiga $-\frac{\partial P}{\partial y}dxdydz$,

z o'qiga $-\left(\rho g+\frac{\partial P}{\partial z}\right)dxdydz$.

Dinamikaning asosiy qoidasiga muvofiq harakatdagi suyuqlikning elementar hajmiga ta'sir qilayotgan kuchlar proeksiyasi suyuqlik massasining erkin tushish tezlanishiga ko'paytirilganiga teng. Parallelepiped hajmidagi suyuqlik massasi:

$$dm=\rho dx\,dy\,dz$$

Suyuqlik x, u va z o'qlarda t_x, t_u va t_z tezlik bilan harakatlansa, uning tezlanishi $d\omega/d\tau$ ga teng bo'lib, o'qlarga nisbatan tezlanishning proeksiyasi esa $d\omega_x/d\tau$, $d\omega_u/d\tau$ va $d\omega_z/dz$ bo'ladi. Bu holda tezlikning vaqt birligi ichida o'zgarishi fazoda olingan nuqta tezligining o'zgarishini emas, balki suyuqlik zarrachasining fazoda bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga o'tganda x, u va g o'qlarga to'g'ri keladigan tezlik miqdori ω_x, ω_u va ω_z ning o'zgarishini ko'rsatadi. Harakat turg'un bo'lgani uchun x, u va z o'qlardagi har bir nuqta uchun vaqt birligida tezlikning o'zgarishi nolga teng.

Dinamikaning asosiy qonuniga asosan:

$$\left.\begin{aligned}\rho dxdydz\frac{d\omega_x}{d\tau}&=-\frac{\partial P}{\partial x}dxdydz,\\ \rho dxdydz\frac{d\omega_y}{d\tau}&=-\frac{\partial P}{\partial y}dxdydz,\\ \rho dxdydz\frac{d\omega_z}{d\tau}&=-\left(\rho g+\frac{\partial P}{\partial z}\right)dxdydz\end{aligned}\right\}$$

Qisqartirishlardan so'ng quyidagi tenglamalar sistemasiga ega bo'lamiz:

$$\left.\begin{aligned} \rho\frac{d\omega_x}{d\tau} &= -\frac{\partial P}{\partial x} \\ \rho\frac{d\omega_y}{d\tau} &= -\frac{\partial P}{\partial y} \\ \rho\frac{d\omega_z}{d\tau} &= -\rho g - \frac{\partial P}{\partial z} \end{aligned}\right\} \qquad (2.19)$$

Bu tenglamalar turg'un oqimlar uchun ideal suyuqliklar harakatini ifodalovchi *Eylerning differensial tenglamasidir.* Bu tenglamalar sistemasini integrallash natijasida *Bernulli tenglamasini* keltirib chiqarish mumkin.

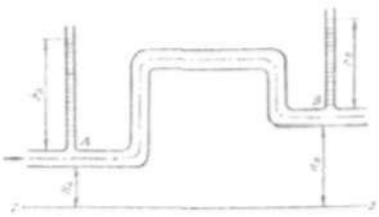
2.9. OQIMNING MATERIAL VA ENERGETIK BALANSLARI

Material balansi. Suyuqlikning turg'un oqimlarida material balansi sarf tenglamalari (2.14), (2.15) bilan, o'zgaruvchan kesimli quvurlar uchun esa oqimning uzluksizligi tenglamasi (2.16) yordamida aniqlanadi.

Energetik balansi. Oqimning energetik balansi Bernulli tenglamasi bilan ifodalanadi. Suyuqlik va gazlarning harakati paytidagi energiyaning saqlanish qonuniga asosan izotermik oqimning to'la energiyasi (E) kinetik va potensial energiyalar (Ek va Ep) ning yig'indisiga teng:

$$E = E_k + E_n. \qquad (2.20)$$

Oqimning energetik balansini tuzish uchun 2.7-rasmda ko'rsatilgan quvur sxemasini ko'rib chiqamiz. Sxemada: h_A va h_{Bv} – pezometrlar ko'rsatayotgan suyuqlik sathining balandligi; N_A va N_B – suyuqlikning gorizontal yuzaga nisbatan sathi (to'g'ri gorizontal quvurlar uchun $N_A = N_B$). Quvurdagi ortiqcha bosim pezometr yordamida aniqlanadi (rasmda ko'rsatilgan). Pezometrning naychasi quvurning o'qi bo'yicha joylashtiriladi.



2.6-rasm. Bernulli tenglamasini aniqlashga doir.

Quvurning A kesimi uchun kinetik va potensial energiyasini oqimning kattaliklari orqali ifodalaymiz:

$$E_K = \frac{m\omega_A^2}{2}; \quad E_n = GH_A + Gh_A,$$

bu yerda, $G = tg$ – oqimning og'irligi, N.

A va V kesimlari uchun G=1N bo'lganda energiyaning zaxiralari:

$$\frac{\omega_A^2}{2g} + H_A + h_A; \tag{2.21}$$

$$\frac{\omega_B^2}{2g} + H_B + h_B. \tag{2.22}$$

Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra ideal siqilmaydigan izotermik suyuqlik oqimi uchun:

$$\frac{\omega_A^2}{2g} + H_A + h_A = \frac{\omega_B^2}{2g} + H_B + h_B = const \tag{2.23}$$

Ushbu ifoda ideal suyuqliklarning turg'un oqimi uchun Bernulli tenglamasini bildiradi. (2.23) tenglamani quyidagicha ta'riflash mumkin: qovushoqligi bo'lmagan suyuqliklarning turg'un harakati uchun quvurning ixtiyoriy kesimida kinetik va potensial energiyalarning umumiy yig'indisi o'zgarmas qiymatga ega.

Bernulli tenglamasining quyidagi ko'rinishda yozilishi keng ishlatiladi:

$$\frac{\omega^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + z = const \tag{2.24}$$

(2.24) tenglamaning chap tomonidagi kattaliklar yig'indisi $\left(z + \frac{P}{\rho g} + \frac{\omega^2}{2g}\right)$ gidrodinamik bosim deb ataladi. Bernulli tenglamasiga asosan ideal suyuqlik turg'un oqimining ixtiyoriy ko'ndalang kesimidagi gidrodinamik bosimning qiymati o'zgarmas bo'ladi.

Gidrodinamik bosim uch qismdan iborat: z – geometrik bosim (yoki nivelir balandlik); $\frac{P}{\rho g}$ – statik (pezometrik) bosim; $\frac{\omega^2}{2g}$ – tezlik (dinamik) bosimi. Agar geometrik bosim berilgan nuqtadagi suyuqlik holatining solishtirma potensial energiyasini ifodalasa, statik bosim esa bosim kuchining solishtirma potensial energiyasini belgilaydi. Tezlik bosimi solishtirma kinetik energiyani tashkil etadi.

Agar z ni h_r, $\frac{P}{\rho g}$ ni h_s va $\frac{\omega^2}{2g}$ ni esa h_g bilan belgilasak, unda:

$$h_r + h_s + h_g = H. \qquad (2.25)$$

Bernulli tenglamasiga binoan, ideal suyuqliklarning turg'un harakatida geometrik, statik va dinamik bosimlar yig'indisi umumiy gidrodinamik bosimga teng bo'lib, u oqim bir quvurdan ikkinchi quvurga o'tganida ham o'zgarmaydi:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g}. \qquad (2.26)$$

Tenglamadagi uchala bosim ham uzunlik o'lchamiga ega bo'lib, metr hisobida ifodalanadi. Bernulli tenglamasi energiya saqlanish qonunining xususiy ko'rinishi bo'lib, oqimning energetik balansini belgilaydi.

Haqiqiy suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchi mavjud bo'lgani sababli, suyuqlik quvurlarda oqayotganda bir qism bosim bu kuchni yengishi uchun sarf bo'ladi. Bunday sharoitda Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} + h_u \qquad (2.27)$$

yoki

$$h_r + h_s + h_g + h_u = H, \qquad (2.28)$$

bu yerda, h_u – ishqalanish kuchini engish uchun sarflangan bosim.

Suyuqlik gorizontal quvurda harakat qilsa, bunda geometrik bosim nolga teng bo'ladi:

$$h_r = 0 \qquad \text{va} \qquad h_s + h_g + h_u = H. \qquad (2.29)$$

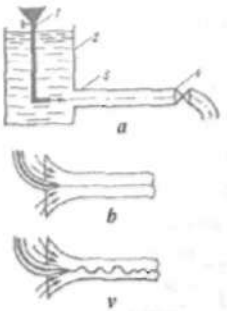
Bernulli tenglamasidan foydalanib, umumiy gidrodinamik bosim, suyuqliklarning tezligi, sarf miqdorini va rezervuarlardan oqib o'tish vaqti aniqlanadi.

2.10. HAQIQIY SUYUQLIKLARNING HARAKAT REJIMLARI

Quvurlar bo'ylab harakatlanayotgan suyuqlik oqimi tarkibining o'zgarishini Gagen, Puazeyl, Reynolds va boshqa olimlar o'rganishgan. Ayniqsa, Reynoldsning olib borgan ishlari yaxshi natija berdi. U 1883-yili quvurlardagi oqim tarkibi o'zgarishining sababini aniqladi.

Reynolds rangli eritmalar yordamida suyuqlikning ikki xil – laminar va turbulent rejimda bo'lishini aniqladi. Tajriba uskunasi 2.7-rasmda ko'rsatilgan. Rezervuarda suvning sathi bir xil ushlab turiladi. Unga gorizontal shisha quvur biriktirilgan. Shisha quvurdagi oqim harakatini kuzatish uchun uning o'qi bo'ylab rangli suyuqlik yuboriladigan naycha o'rnatilgan. Suvning quvurdagi tezligi kran orqali rostlanadi.

Suv oqimining tezligi kichik bo'lganda rangli suyuqlik suvga aralashmasdan to'g'ri chiziq bo'ylab gorizontal ip shaklida harakat qiladi. Chunki kichik tezlikda suvning zarrachalari bir-biriga aralashmasdan, parallel holda tartibli harakat qiladi (2.7-rasm, *b*). Bunday harakat *laminar rejim* deb yuritiladi. Quvurdagi suv oqimi tezligi keskin ko'paytirilsa, rangli eritma quvur bo'ylab to'lqinsimon harakat qilib, suvning butun massasiga aralashib ketadi (2.7- rasm, *d*).



2.7-rasm. Reynolds tajribasi: *a)* uskuna sxemasi; 1- rangli suyuqlik yuboriladigan naycha; 2- suyuqlik to'ldirilgan idish; 3- suyuqlik oqadigan quvur; 4- suyuqlik harakatini rostlab turuvchi kran; *b)* quvurdagi suyuqlikning laminar harakati; *d)* quvurdagi suyuqlikning turbulent harakati.

Bu vaqtda suv zarrachalari ham bir-biri bilan aralashib, tartibsiz to'lqinsimon harakat qiladi. Bunday oqim *turbulent* yoki *uyurma rejim* deyiladi.

Reynolds o'z tajribalarida faqat tezlikni emas, balki quvurning diametri, suyuqlikning qovushoqligi va zichligini o'zgartirdi. Bu o'zgaruvchan kattaliklar asosida Reynolds o'lchamsiz kompleks keltirib chiqardi, ya'ni:

$$\mathrm{Re} = \frac{\omega d\rho}{\mu} = \frac{\omega d}{\nu} \qquad (2.31)$$

bu yerda, ω – oqimning o'rtacha tezligi, m/s; d – oqimning aniqlovchi chiziqli o'lchami (dumaloq kesimli quvur uchun uning diametri), m; ρ – suyuqlikning zichligi, kg/m^3; μ – qovushoqlikning dinamik koeffitsiyenti, Pa-s; ν – qovushoqlikning kinematik koeffitsiyenti, m^2/s

Ushbu o'lchamsiz kompleks *Reynolds mezoni* deyiladi.

Reynolds mezoni harakat rejimini aniqlash bilan birga oqim harakatidagi qovushoqlik va inersiya kuchlarining o'zaro nisbatini ham aniqlaydi. Suyuqliklarning harakat rejimi Reynolds mezonining kritik qiymati Re_{kr} bilan aniqlanadi.

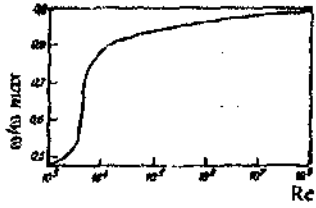
To'g'ri va tekis yuzali quvurlardagi suyuqlik oqimi uchun Re_{kr}=2300 ga teng. Agar Re_{kr}<2300 bo'lsa, laminar rejim bo'ladi, Re>2300 bo'lsa, to'lqinsimon harakat (turbulent rejim) bo'ladi. Re> 10 000 bo'lganda turg'un turbulent rejim bo'ladi, Re = 2300-10 000 chegarada o'zgarsa o'tish sohasi bo'lib, bunda bir vaqtning o'zida quvurda ikki xil harakat mavjud bo'ladi, ya'ni quvur o'rtasida suyuqlik turbulent, devor yaqinida laminar harakatda bo'ladi.

Suyuqliklar harakatini dumaloq kesim yuzali quvurlardan tashqari har xil kanallarda aniqlash uchun Re mezonidagi diametr o'rniga ekvivalent diametr kattaligi ishlatiladi. U holda

$$\mathrm{Re} = \frac{\omega d_e \rho}{\mu}; \qquad d_e = \frac{4S}{\Pi} \qquad (2.32)$$

bu yerda, S – suyuqlik oqimining kesim yuzasi, m^2; P – ho'llangan perimetr, m.

2.8- rasm. Oqim tezliklarining pulsatsiyasi ($\omega_{to'l} = \omega \pm \Delta\omega$).



2.9- rasm. ω/ω_{max} ning Reynolds mezoniga bog'liqligi.

Diametri d ga teng bo'lgan dumaloq kesim yuzali quvur uchun $d_e=d$. Agar kanalning kesim yuzasi tomonlari a va b, ga teng bo'lgan to'rtburchaklik bo'lsa, u holda:

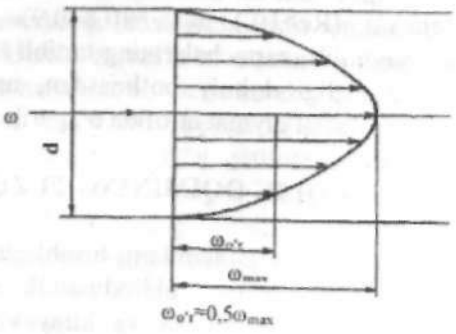
$$d_e = \frac{4S}{\Pi} = \frac{4ab}{2a+2b} = \frac{2ab}{a+b}. \qquad (2.32)$$

Reynolds mezonining kritik qiymati bir qator shart-sharoitlarga bog'liq bo'ladi (suyuqlikning quvurga qanday yo'l bilan kirishi, quvur devorlarining g'adir-budirligi, uning shakli va hokazo). Turg'un turbulent harakat $Re \geq 10^4$ bo'lganda yuz bersa ham, xohlagan shakldagi oqimlarda laminar rejimdan turbulent rejimga asta-sekin o'tiladi.

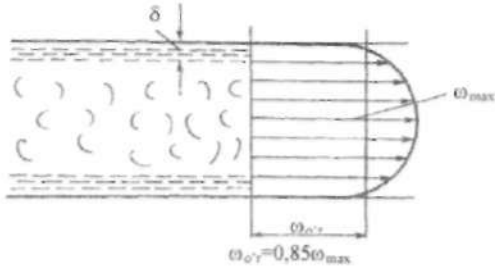
Oqimning turbulentlik darajasi pulsatsiya tezligining (ya'ni pulsatsiyalarning) jadalligi bilan belgilanadi. Pulsatsiyaning jadalligi haqiqiy oniy tezlikning o'rtacha tezlikka nisbatan vaqt davomida o'zgarishi bilan ifodalanadi (2.9-rasm). Ushbu tezlik o'zgarishini koordinata o'qlari yo'nalishi bo'yicha taqsimlash mumkin:

$$\omega_x, \Delta\omega_y \text{ ва } \Delta\omega_z.$$

Turbulentlik ikki xil: *izotrop* va *anizotrop* bo'ladi. Izotrop turbulentlikda tezlik pulsatsiyalarining hamma yo'nalishlar bo'yicha o'zgarishlari $(\omega_x, \Delta\omega_y, \Delta\omega_z)$ bir xil musbat va manfiy son qiymatga ega bo'lishi ehtimolga yaqin. Anizotrop turbulentlikda esa tezlik pulsatsiyalarining hamma yo'nalishlar bo'yicha o'zgarishlari turlicha va ularning son jihatdan bir xil bo'lishligi ehtimoldan uzoq.



2.10-rasm. Quvurdagi suyuqlikning laminar harakati paytida tezlikning taqsimlanishi.



2.11-rasm. Quvurdagi suyuqlikning turbulent harakati paytida tezlikning taqsimlanishi.

Oqimdagi o'rtacha va eng yuqori tezliklarning nisbati suyuqlikning harakat rejimiga (ya'ni Reynolds mezonining son qiymatiga) bog'liqligi tajriba yo'li bilan isbotlangan. Re ning ma'lum qiymati bo'yicha Nikuradze grafigi (2.10- rasm) yordamida $\omega_{o'r}/\omega_{max}$ aniqlanadi, so'ngra quvurning o'qi bo'yicha oqimning maksimal tezligi ω_{max} o'lchanib, oqimning o'rtacha tezligi $\omega_{o'r}$ hisoblanadi. O'rtacha tezlik qiymati quvurdan o'tayotgan suyuqlik sarfini topishda ishlatiladi.

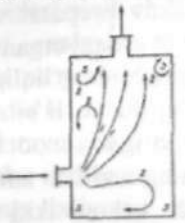
Laminar rejimda (Re<2300) to'g'ri va dumaloq quvurning o'qidagi eng yuqori tezlik o'rtacha tezlikka nisbatan ikki marta katta bo'ladi, ya'ni $\omega_{o'r} = 0,5\omega_{max}$ (2.10-rasm). Bunday rejimda suyuqlik zarrachalari bir-biriga aralashmasdan, parallel holatda harakat qiladi. Quvurning o'qi bo'yicha olingan kesimda tezlik o'zgarishining ko'rinishi parabola shakliga ega.

Turbulent rejimda ($Re>10^4$) $\omega_{o'r} =(0,8\div0,9)\omega_{max}$ (2.11-rasm). Turbulent rejimda suyuqlik zarrachalarining tartibli harakati buziladi, ayrim zarrachalarning tezligi doimiy bo'lmasdan, uning qiymati va yo'nalishi ma'lum bir o'rtacha qiymat atrofida o'zgarib turadi.

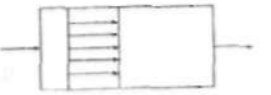
2.11. SUYUQLIK OQIMINING TUZILISHI

I bobdan ma'lumki, asosiy jarayonlarni hisoblash, modellashtirish va optimallash paytida uskunadagi gidrodinamik sharoit inobatga olinadi. Neft va gazni qayta ishlash va kimyoviy texnologiyada ishlatilayotgan uskunalarning juda murakkabligi natijasida material oqimlari harakat tezligining uskuna hajmi bo'yicha notekis tarqalishi mumkin. Ayrim zarrachalarning uskunada har xil vaqt davomida bo'lishi olib borilayotgan jarayonning samaradorligiga ta'sir qiladi.

Masalan, ichi bo'sh uskunani olib ko'ramiz (2.12-rasm):



2.12-rasm. Ichi bo'sh uskunadagi oqimlar sxemasi: 1,2-harakat traektoriyasi; 3-harakatsizlik sohasi.



2.13-rasm. Ideal siqib chiqarish uskunasining sxemasi.

1-ko'rsatkichlar bilan belgilangan traektoriyalar bo'yicha harakatlanayotgan zarrachalarning uskunada bo'lish vaqti, 2- yo'nalish bilan harakat qilayotgan yoki harakatsiz zonalar *(3)* ga tushib qolgan zarrachalarning uskunada bo'lish vaqtidan anchagina kamroq bo'ladi.

Suyuqlikning laminar harakatida ham ana shunday hodisa yuz beradi. Bunday rejimda quvurning o'qi bo'yicha olingan va uning ichki devori yaqinidagi tezlik bir-biridan ancha farq qiladi ($\omega_{o'r}=0,5\omega_{max}$). Quvurning o'qi atrofida harakatlanayotgan zarrachalar uning devori yaqinida harakatlanayotgan zarrachalarga nisbatan quvurda ancha kam vaqt bo'ladi.

Turbulent rejimda quvurning kesimi bo'yicha tezlik nisbatan bir tekisda tarqalgan: $\omega_{o'r}=(0,8\div0,9)\omega_{max}$. Ammo turbulent pulsatsiyalar ta'sirida zarrachalarning quvurda bo'lish vaqti turlichadir. Turbulent rejimda zarrachalarning jadal aralashishi natijasida turbulent diffuziya paydo bo'ladi. Bunda zarrachalar oqimning asosiy massasi harakatiga nisbatan turli yo'nalishlar bo'yicha harakat qiladi, jumladan, ko'ndalang kesim yo'nalishi bo'yicha (radial diffuziya), quvurning uzunligi bo'yicha (o'q diffuziyasi). O'q diffuziyasining yo'nalishi oqimning asosiy massasi yo'nalishiga to'g'ri yoki teskari yo'nalishda bo'lishi mumkin. O'q diffuziyasining yo'nalishi oqimning asosiy massasi yo'nalishiga qarama-qarshi bo'lganda *teskari aralashtirish* deb yuritiladi.

Ko'pchilik sanoat uskunalarida tezlikning taqsimlanishi yuqorida ko'rib chiqilgan misollarga nisbatan ancha murakkab bo'ladi. Uskunalardagi tezlik maydoni haqida ma'lumot olish uchun uskunaga kirayotgan oqimga indikator qo'shiladi va uskunadan chiqayotgan oqimlar tarkibidagi indikator miqdorining vaqt davomida o'zgarishiga

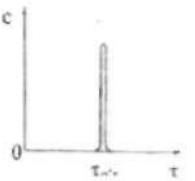
qarab, ayrim zarrachalarning uskunada bo'lish vaqti aniqlanadi. Indikator sifatida bo'yoq, tuz eritmasi, radioaktiv preparat va boshqa moddalar ishlatiladi. Indikatorning uskunadan chiqayotgan suyuqlik tarkibidagi miqdorining vaqt davomida o'zgarishi bog'liqligi chiqish yoki javob berish egri chiziqlari deb ataladi. Tajriba yo'li bilan olingan ushbu egri chiziqlarni oldindan ma'lum bo'lgan modellar bilan birgalikda tahlil qilish orqali uskunadagi oqimning tuzilishi aniqlanadi.

Suyuqlik oqimining tuzilishini aniqlash uchun ikki xil fizik modellardan foydalaniladi: ideal siqib chiqarish modeli; aralashtirish modeli.

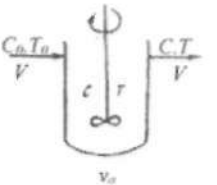
Ideal siqib chiqarish modeli. Uskunaning ichidagi suyuqlik zarrachalari o'zaro parallel va bir xil tezlik bilan harakat qiladi. Bunday holatda zarrachalar oqimning asosiy massasidan o'tib ham ketmaydi, orqada ham qolmaydi. Oqim xuddi qattiq porshenga o'xshab harakat qiladi. Porshenli harakatga ega bo'lgan uskunalarni *ideal* (yoki to'la) *siqib chiqarish uskunalari* deb ataladi (2.13-rasm). Hamma zarrachalarning bunday uskunada bo'lish vaqti bir xil bo'lib, o'rtacha bo'lish vaqti $x_{o'r}$ ga teng bo'ladi:

$$\tau_{o'r} = \frac{l}{\omega} = \frac{l \cdot S}{\omega \cdot S} = \frac{Va}{V}, \qquad (2.33)$$

bu yerda, l – zarrachaning yo'li, m; ω – suyuqlik tezligi, m/s; S – ko'ndalang kesimi yuzasi, m^2; Va – uskuna hajmi m^3; V – suyuqlikning hajmiy sarfi, m^3/s.



2.14- rasm. Ideal siqib chiqarish uskunasining javob berish egri chizig'i.



2.15- rasm. Ideal siqib chiqarish uskunasining sxemasi.

2.14- rasmda ideal siqib chiqarish uskunasining javob berish egri chizig'i ko'rsatilgan. Uskunaga kirayotgan oqimga indikator qo'shilgan momentdan boshlab (τ=0), to $\tau=\tau_{o'r}$ bo'lguncha uskunadan chiqayotgan oqimning tarkibida indikator bo'lmaydi. $\tau=\tau_{o'r}$ momentda indikatorning oqim tarkibidagi konsentratsiyasi S birdan ko'payib ketadi, so'ngra birdaniga nolgacha pasayadi.

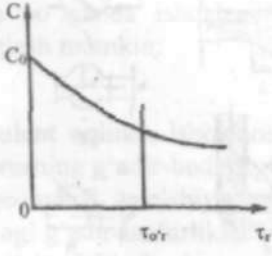
Balandligining diametriga nisbati ancha katta bo'lgan kolonnali uskunalar ideal siqib chiqarish uskunalariga misol bo'ladi.

Ideal aralashtirish modeli. Ushbu modelga ko'ra, uskunaga kirayotgan zarrachalarning uskunada mavjud bo'lgan zarrachalar bilan bir onda to'la aralashishi ro'y beradi (2.15-rasm). Agar uskunaga uzluksiz kirayotgan oqimga ma'lum miqdorda bo'yoq M_o qo'shilsa, u holda ushbu indikator uskunadagi hamma suyuqlikni to'liq bo'yaydi. Uskunaning ixtiyoriy nuqtasidagi indikatorning konsentratsiyasi S_o ushbu momentda quyidagi nisbat orqali topiladi:

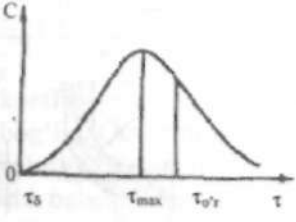
$$C_0 = \frac{M_0}{V_a} \qquad (2.35)$$

Bir ozdan so'ng bo'yoqning konsentratsiyasi S_o kamaya boradi, chunki bo'yoq moddasi uskunadan uzluksiz chiqayotgan oqim bilan chiqib ketadi. 2.16- rasmdan ko'rinib turibdiki, indikatorning katta qismi τ_0 bilan $\tau_{o'r}$ oralig'ida uskunadan chiqib ketadi.

Indikatorning qolgan qismini uskunadan to'la chiqarish uchun nazariy jihatdan olganda cheksiz vaqt talab qilinadi ($\tau \to \infty$).



2.16-rasm. Ideal aralashtirish uskunasining javob berish egri chizig'i.



2.17-rasm. Oraliq gidrodinamik modelning javob berish egri chizig'i.

Ideal aralashtiruvchi uskunalarga ishlash prinsipi bo'yicha jadal ishlaydigan aralashtirgichi bo'lgan idish va mavhum qaynash qatlamli uskuna misol bo'la oladi.

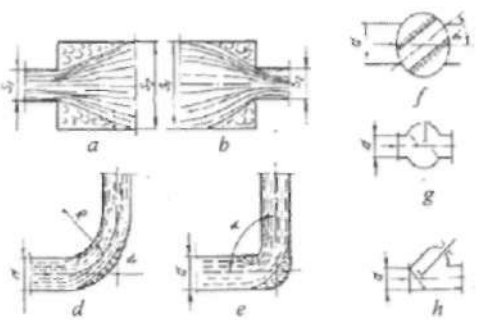
Ko'pchilik uzluksiz rejimda ishlaydigan uskunalar hech qaysi modelning talabiga javob bermaydi. Oqimlarning tuzilishiga ko'ra, bunday uskunalarni *oraliq turdagi uskunalar* deb aytish mumkin. 2.17-rasmda oraliq gidrodinamik modelli uskunaning javob berish egri chizigi ko'rsatilgan. Uskunaga kirayotgan oqimga qo'shilgan indikator τ_0 chiqayotgan oqimda biroz vaqt τ_b o'tgandan so'ng paydo bo'ladi. Indikatorning uskunadan chiqayotgan oqimdagi konsentratsiyasi dastlab

ortib boradi (τ_{max} ga yetguncha), keyinchalik ($\tau \to \infty$) kamayib nolga intiladi. Uskunaga $\tau=0$ momentida kirgan zarracha vaqtning $\tau=0$ dan $\tau=\infty$ gacha oralig'ida uskunadan chiqishi ehtimolga yaqin.

Suyuqlik oqimining tuzilishi differensial tenglamalar yordamida to'la ifodalanadi. Differensial tenglamalarning koeffitsiyentlari *modellarning kattaliklari* deyiladi. Ushbu noma'lum kattaliklar modellarning tenglamalarini tajriba yo'li bilan olingan javob berish egri chiziqlarini birgalikda solishtirish orqali aniqlanadi.

2.12. GIDRAVLIK QARSHILIKLAR

Haqiqiy suyuqliklar quvurdan yoki kanallardan oqayotganda bosimning bir qismi ichki ishqalanish kuchini yengish uchun harakat yo'nalishini o'zgartirganda va oqim tezligi o'zgarganda yo'qoladi. Demak, bosimning yo'qolishi ichki ishqalanish qarshiligini va mahalliy qarshilikni yengish uchun sarf bo'ladi.



2.18- rasm. Mahalliy qarshiliklar:
a- quvurning birdan kengayishi; *b*- quvurning birdan torayishi; *d*- quvurning tekis burchak ostida to'g'ri burilishi; *e*- to'g'ri burchak ostida quvurning birdan burilishi; *f*- tiqinli kran; *g*- standart ventil; *h*- to'g'ri ventil (egilgan shpindel bilan).

Gidravlik qarshiliklarni hisoblash katta amaliy ahamiyatga ega. Yo'qotilgan bosimni bilmasdan nasos va kompressorlar yordamida suyuqlik va gazlarni uzatish uchun kerak bo'lgan energiya sarfini hisoblash qiyin. Quvurdan suyuqlik oqayotganda ichki ishqalanish kuchi quvurning butun uzunligi bo'yicha mavjud bo'ladi. Uning kattaligi suyuqlikning oqish rejimiga (laminar, turbulent) bog'liq. Suyuqlik oqimining harakat yo'nalishi va tezligi o'zgarganda u mahalliy

qarshiliklarga duch keladi. Quvurdagi ventillar, tirsak, jo'mrak, toraygan hamda kengaygan qismlar va har xil to'siqlar *mahalliy qarshilik* deyiladi (2.18-rasm). Quvur va kanallarda ichki ishqalanish va mahalliy qarshilik uchun yo'qotilgan bosim *Darsi-Veysbax tenglamasi* orqali aniqlanadi:

$$\Delta P = \lambda \frac{l\rho\omega^2}{d_e 2} \qquad (2.35)$$

bu yerda, λ – ichki ishqalanish koeffitsiyenti; l – quvur uzunligi, m; ω – oqimning o'rtacha tezligi, m/s; d_e–quvurning ekvivalent diametri, m; ρ – suyuqlikning zichligi, kg / m^3.

To'g'ri va silliq quvurlarda suyuqlik oqimi laminar harakatda bo'lsa, ishqalanish koeffitsiyenti quvurning g'adir-budurligiga bog'liq bo'lmaydi va quyidagi tenglik orqali aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{A}{\mathrm{Re}} \qquad (2.36)$$

bu yerda, A – quvur shaklini hisobga oluvchi koeffitsiyent: dumaloq quvurlar uchun A=64, kvadrat shakldagi kanallar uchun A=57; Re – Reynolds mezoni.

Gidravlik jihatdan silliq quvurlar uchun Re ning qiymati $4*10^3$ dan 10^4 gacha bo'lganda ishqalanish koeffitsiyentini *Blazius tenglamasi* orqali aniqlash mumkin:

$$\lambda = \frac{0{,}316}{\mathrm{Re}^{1/4}} \qquad (2.37)$$

Turbulent oqimda ishqalanish koeffitsiyentining kattaligi rejimga hamda quvurning g'adir-budurligiga bog'liq. Quvurning g'adir-budurligi absolyut geometrik va nisbiy g'adir-budurlik bilan xarakterlanadi. Quvur devorlaridagi g'adir-budurliklar o'rtacha balandliklarning quvur uzunligi bo'yicha o'lchanishi *absolyut geometrik g'adir-budurlik* deyiladi.

Quvur devorlaridagi gadir-budurliklar balandligining (Δ) quvurning ekvivalent diametriga *(d_e)* nisbati *nisbiy g'adir-budurlik* deyiladi va ε bilan ifodalanadi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d_e} \qquad (2.38)$$

Turbulent rejim uchun ishqalanish koeffitsiyenti x ni topishda quyidagi tenglamadan foydalanish mumkin:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\lg\left[\frac{\varepsilon}{3{,}7} + \left(\frac{6{,}81}{\mathrm{Re}}\right)^{0{,}9}\right] \qquad (2.39)$$

Mahalliy qarshiliklardagi bosimning yo'qotilishi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$\Delta P_{mq} = \sum \zeta_{mq} \frac{\rho\omega^2}{2} \qquad (2.40)$$

bu yerda, ξ_{mq} – mahalliy qarshilik koeffitsiyenti (2.2-jadvalga qarang) uning qiymati tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari

4.2-jadval

Mahalliy qarshilik turlari	Mahalliy qarshilik koeffitsiyentining qiymatlari
Quvurga kirish	0,5
Quvurdan chiqish	1,0
Kran to'la ochiq bo'lganda	0,2
Tirsak uchun	1,1
Normal ventil	4,5-5,5
Quvur burilishi 90^0 burchak ostida bo'lsa	0,14

Ichki ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni yengish uchun umumiy sarf bo'lgan bosim quyidagiga teng:

$$\Delta P = \left(\lambda \frac{l}{d_e} + \sum \xi_{mq}\right) \frac{\rho \omega^2}{2} \qquad (2.41)$$

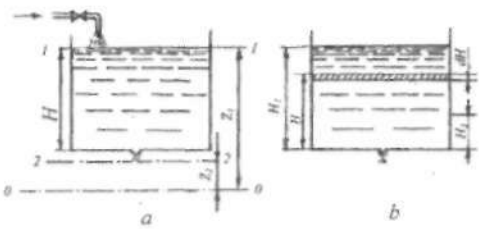
2.13. SUYUQLIKLARNING TESHIKLAR ORQALI OQIB CHIQISHI

Idishdagi suyuqlikning pastki yupqa devordagi dumaloq teshik orqali oqib tushgandagi sarflanish miqdorini aniqlashni ko'rib chiqamiz (2.19-rasm, *a)*. Idishda ideal suyuqlik bo'lib, uning balandligi bir xil vaziyatda o'zgarmasdan turadi. Idishning pastki qismiga parallel bo'lgan 0-0 tekislikka nisbatan 1 - 1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g}.$$

Idishning ustki qismi ochiq bo'lgani uchun 1 - 1 va 2-2 kesimlardagi bosim o'zaro teng ($R_1 = R_2$) va suyuqlikning balandligi o'zgarmaganligi uchununing yuqorigi qismidagi tezligi $\omega_1 = 0$, bundan tashqari, $z_1 - z_2 = N$, u holda:

$$\frac{\omega_2^2}{2g} = H. \quad \text{Bundan} \quad \omega_2 = \sqrt{2gH}.$$



2.19- rasm. Idishning teshigidan suyuqlikning oqib chiqishi:
a) o'zgarmas balandlikda; b) o'zgaruvchan balandlikda.

Demak, teshikdan oqib tushayotgan suyuqlikning tezligi suyuqlikning balandligiga bog'liq ekan. Haqiqiy suyuqlik teshikdan oqib chiqishida bosimning bir qismi ichki ishqalanish kuchlarini yengish uchun sarf bo'ladi, bunda bosimning yo'qolishi tezlik koeffitsiyenti φ orqali hisobga olinadi, ya'ni:

$$\omega = \varphi\sqrt{2gH}. \qquad (2.42)$$

Suyuqlik oqimi teshikdan oqib tushayotganda siqilishi natijasida tezlik va bosim kamayadi, bunday holat teshikdan chiqayotgan oqimning siqilish koeffitsiyenti orqali hisobga olinadi va ε bilan belgilanadi:

$$\varepsilon = \frac{S_2}{S_0},$$

bu yerda, S_2 – teshikdan o'tgan suyuqlik oqimining siqilgan joydagi ko'ndalang kesimi; S_0 – teshikdan o'tayotgan suyuqlik oqimining ko'ndalang kesimi.

Tezlik va oqimning siqilish koeffitsiyentlarining ko'paytmasi *sarf koeffitsiyenti* deyiladi va α bilan belgilanadi:

$$\alpha = \varepsilon\varphi.$$

Bu koeffitsiyent suyuqlik turiga bog'liq bo'lib, har qaysi suyuqlik uchun tajriba orqali aniqlanadi hamda uning qiymati suyuqlik xususiyati, teshik shakli va oqim tezligiga bog'liq. Hajmiy sarf miqdori:

$$V = \alpha S_0\sqrt{2gH}. \qquad (2.43)$$

(2.43) tenglamadan ko'rinib turibdiki, idishdan teshik orqali oqib chiqayotgan suyuqlik miqdori idishning shakliga bog'liq bo'lmasdan teshik kattaligi va suyuqlik balandligiga bog'liqdir. Suv va qovushoqligi suvning qovushoqligiga yaqin bo'lgan suyuqliklar uchun sarf koeffitsiyenti $\alpha = 0{,}62$.

Endi idish o'zgaruvchan balandlikka ega bo'lgan suyuqlikning pastki yupqa devordagi teshikdan oqib, batamom chiqib ketish vaqtini aniqlaymiz. Vaqt birligida idishdagi suyuqlikning teshik orqali oqib chiqishida uning balandligi va tezligi kamayadi (2.19-rasm, b). Suyuqlikning oqish jarayoni tuganmas holatda bo'ladi. Elementar vaqt $d\tau$ birligida suyuqlikning balandligi N_1 dan N_2 ga o'zgarganda idish hajmidagi pastki teshikdan oqib o'tgan suyuqlik hajmi:

$$dV = V_c d\tau = \alpha S_0 \sqrt{2gH} d\tau,$$

bu yerda, S_0 – idish tubidagi teshikning ko'ndalang kesimi.

Vaqt birligida idishdagi suyuqlik balandligi dN ga o'zgaradi va bunda idishdagi suyuqlik miqdori quyidagi miqdorga kamayadi:

$$dV = -SdH,$$

bu yerda, S – idishning ko'ndalang kesimi; minus ishora idishdagi suyuqlik balandligining kamayganini ko'rsatadi.

Uzluksizlik tenglamasiga asosan oqib tushgan suyuqliklar miqdorini bir-biriga tenglashtirsak:

$$\alpha S_0 \sqrt{2gH} = -SdH,$$

bundan

$$d\tau = -\frac{SdH}{\alpha S_0 \sqrt{2gH}}.$$

Suyuqlikning oqib tushish vaqtini aniqlash uchun bu ifodani integrallaymiz:

$$\int_0^{\tau} d\tau = -\int_{H}^{H} \frac{SdH}{\alpha S_0 \sqrt{2gH}}$$

$$\tau = \frac{S}{\alpha S_0 \sqrt{2gH}} \int_{H}^{H} H^{-\frac{1}{2}} dH = \frac{2S}{\alpha S_0 \sqrt{2gH}} \left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}\right)$$

Demak,

$$\tau = \frac{2S\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}}{\alpha S_0 \sqrt{2gH}}. \qquad (2.45)$$

Bu tenglik orqali idishdagi suyuqlik balandligi ma'lum miqdorga kamayganda, ya'ni N_1 dan N_2 ga o'zgarganda suyuqlikning oqib tushish vaqti aniqlanadi. Idishdagi suyuqlikning butunlay oqib chiqish vaqti (bunda $H_2 = 0$):

$$\tau = \frac{2S\sqrt{H_1}}{\alpha S_0 \sqrt{2g}}. \qquad (2.46)$$

Tayanch so‘z va iboralar

Gidromexanika, gidrostatika, gidrodinamika, gidrostatik bosim, Eyler differensial tenglamasi, Nyuton suyuqliklar, nonyuton suyuqliklar, o‘rtacha tezlik, turg‘un harakat, noturg‘un harakat, oqimning uzluksizligi, material balansi, energetik balansi, Bernulli tenglamasi, laminar rejim, turbulent rejim, Reynolds mezoni, ideal siqib chiqarish modeli, ideal aralashtirish modeli, gidravlik qarshilik, mahalliy qarshiliklar.

Mustaqil ishlash uchun savollar

2.1. Texnikaviy gidravlikaning asosiy vazifalari. Ideal va haqiqiy suyuqlik o‘rtasida qanday farq bor?

2.2. Gidrostatik bosim. Bosimning qiymati qanday o‘lchov birliklari orqali o‘lchanadi?

2.3. Suyuqlikning muvozanat holatini qaysi differensial tenglama bilan ifodalash mumkin?

2.4. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi qanday ko‘rinishga ega?

2.5. Nyuton va nonyuton suyuqliklarning asosiy xususiyatlari. Nonyuton suyuqliklar necha turga bo‘linadi?

2.6. Oqimning uzluksizligi. Suyuqlikning tezligi va sarfini qaysi tenglamalar yordamida hisoblash mumkin?

2.7. Suyuqlik harakatini qaysi differensial tenglama bilan ifodalash mumkin?

2.8. Ideal va haqiqiy suyuqliklar uchun Bernulli tenglamalari.

2.9. Suyuqliklarning harakat rejimlari. Reynolds mezonining kritik qiymati. Tezliklarning quvur ko‘ndalang kesimi bo‘yicha taqsimlanishi.

2.10. Suyuqlik oqiminnng tuzilishi. Oqimning fizik modellari.

2.11. Gidravlik qarshiliklar. Ishqalanish koeffitsiyentining qiymatini qaysi tenglamalar yordamida hisoblash mumkin?

2.12. Suyuqlikning teshiklar orqali oqib chiqishini ifodalaydigan asosiy tenglamalar.

III bob. SUYUQLIK VA GAZLARNI UZATISH

3.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Neft va gazni qayta ishlash sanoatining barcha tarmoqlarida suyuqliklar, gazlar, bug'lar, plastik va sochiluvchan materiallar quvurlar yordamida uzatiladi. Suyuqlik va gazlarni uzatish uchun gidravlik mashinalar ishlatiladi. Mexanik ishni oqimning energiyasiga aylantiruvchi uskuna *gidravlik mashina* deb yuritiladi.

Gidravlik mashinaning energiyasi oqimga tezlik berishdan tashqari *uzatish yo'lidagi qarshiliklarni yengish uchun ham sarf bo'ladi. Ushbu* mashinalar asosan ikki guruhga bo'linadi: 1) nasoslar – suyuqliklarni uzatish uchun; 2) kompressorlar – gazlarni normal bosimdan yuqori bosimgacha siqish va ularni uzatish uchun.

Nasoslar asosan ikki turga: dinamik va hajmiy nasoslarga bo'linadi. Dinamik nasoslarda suyuqlik tashqi kuch ta'sirida harakatga keltiriladi. Nasos ichidagi suyuqlik nasosga kirish va undan chiqish quvurlari bilan uzluksiz bog'langan bo'ladi. Suyuqlikka ta'sir qiladigan kuchning turiga ko'ra dinamik nasoslar parrakli va ishqalanish kuchi yordamida ishlaydigan nasoslarga bo'linadi.

Parrakli nasoslar o'z navbatida markazdan qochma va propellerli (o'qli) nasoslarga bo'linadi. Markazdan qochma nasoslarda suyuqlik ish g'ildiraklarning markazidan uning chetiga qarab harakat qilsa, propellerli nasoslarda esa suyuqlik g'ildirakning o'qi yo'nalishida harakat qiladi.

Ishqalanish kuchiga asoslangan nasoslar ikki xil (uyurmaviy va oqimli) bo'ladi, Uyurmaviy va oqimli nasoslarda suyuqlik asosan ishqalanish kuchi ta'sirida harakatga keladi. Hajmiy nasoslarning ishlash prinsipi suyuqlikning ma'lum bir hajmini yopiq kameradan itarib chiqarishga asoslangan. Hajmiy nasoslar jumlasiga porshenli, plunjerli, diafragmali, tishli, plastinali va vintsimon nasoslar kiradi.

Sanoatda suyuqliklarni siqilgan gaz (yoki havo) yordamida uzatish uchun erliftlar va montejyular ham ishlatiladi.

Quvurlarning boshlang'ich va oxirgi nuqtalaridagi bosimlar farqi quvurlardan suyuqlikning oqishi uchun harakatlantiruvchi kuch hisoblanadi. Nasos elektrdvigateldan mexanik energiya olib, uni

suyuqlikning harakatlanayotgan oqim energiyasiga aylantirib, bosimni oshiradi. Xuddi suyuqliklar kabi gazlar ham bosimlar farqi bo'lgandagina uzatiladi. Siqilgan gaz bosimi R_2 ning siqilmagan gaz bosimi R_1 ga nisbati siqish darajasi deyiladi. Siqish darajasining kattaligiga qarab kompressor mashinalar quyidagi turlarga bo'linadi:

a) *ventilatorlar* ($R_2/R_1 < 1,1$) – ko'p miqdordagi gazlarni uzatish uchun foydalaniladi;

b) *gazoduvkalar* ($1,1 < R_2/R_1 < 3$) – gaz quvurlarida katta qarshilik bo'lganda ishlatiladi;

d) *kompressorlar* ($R_2/R_1 < 3$) – yuqori bosim hosil qilish uchun ishlatiladi;

e) *vakuum nasoslar* – bosimi atmosfera bosimidan past bo'lgan gazlarni so'rish uchun ishlatiladi.

Ishlash prinsipiga ko'ra kompressorlar hajmiy va parrakli bo'ladi.

Hajmiy kompressorlarda gaz bosimi uning hajmini majburiy kamaytirish hisobiga ko'payadi. Hajmiy kompressorlar jumlasiga porshenli, rotatsion va vintli kompressorlar kiradi.

Parrakli kompressorlarda gaz bosimi kompressorning g'ildiraklari aylanganida vujudga keladigan inersiya kuchlari ta'sirida ko'payadi. Ular *trubokompressorlar* ham deyiladi.

Nasoslar, ventilatorlar, gazoduvkalar, kompressorlar va vakuum nasoslardan foydalanish bir qator kattaliklar bilan xarakterlanadi: ish unumdorligi (V m^3/s); bosim (N, m suyuqlik ustuni); iste'mol qiladigan quvvat (N, kVt).

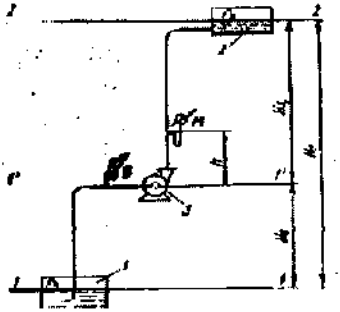
3.2. NASOS BOSIMI VA SO'RISH BALANDLIGI

Umumiy bosim. Suyuqlikni pastki idishdan (3.1-rasm) so'rish va haydash quvurlari orqali haydash uchun dvigatel nasosga zarur energiya berishi, ya'ni nasos bosimi (napor) hosil qilishi lozim.

Nasosning umumiy bosimini 3.1-rasmdagi nasos uskunasidan aniqlash uchun so'rish va haydash quvurlari uchun Bernulli tenglamasining o'zgarishidan foydalanamiz. Buning uchun so'rish va haydash vaqtidagi ko'rsatkichlarning o'zgarishini quyidagi tartibda aniqlaymiz:

R_1 – suyuqlik so'rib olinayotgan idishdagi bosim; R_2 – yuqorida joylashgan idishdagi bosim; R_s, R_x – suyuqlikning nasosga kirishidagi va chiqishidagi bosimi; N_s – so'rish balandligi; N_x – haydash balandligi; N_r – suyuqlikning geometrik ko'tarilish balandligi; h – vakuummetr va

manometr o'rnatilgan nuqtalar orasidagi vertikal masofa.



3.1- rasm. Nasosning umumiy bosimini aniqlash
1 – suyuqlik uzatiladigan rezervuar;
2 – suyuqlikni qabul qiluvchi rezervuar;
3 – nasos; *M* – manometr; *V* – vakuummetr.

Nasosning bosimini aniqlash uchun pastki idishdagi suyuqlik balandligining tekisligiga nisbatan so'rish vaqtidagi 1 – 1 va 1' – 1' kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$\frac{P_1}{\rho g}+\frac{\omega_1^2}{2g}=H_c+\frac{\omega_s^2}{2g}+\frac{P_s}{\rho g}+h_c \qquad (3.1)$$

Xuddi shuningdek, nasos o'qidan o'tuvchi tekislikka nisbatan haydash vaqtidagi 1–1 va 2–2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$\frac{P_x}{\rho g}+\frac{\omega_x^2}{2g}=H_x+\frac{\omega_2^2}{2g}+\frac{P_2}{2g}+h_x \qquad (3.2)$$

bu tenglamalarda: ω_1, ω_2 – pastki va yuqorigi idishlardagi suyuqlikning tezligi; ω_s, ω_x – so'rish va haydash quvurlaridagi suyuqlik tezligi: h_s, h_x – so'rish va haydash quvurlaridagi gidravlik qarshiliklarni yengish uchun ketgan bosim miqdori.

So'rish va haydash quvurlaridagi tezlikka nisbatan pastki va yuqorigi idishlardagi suyuqlik tezligining o'zgarishi juda kichik bo'lib, u nolga teng (ω_1=0; ω_2 = 0).

Nasosning bosimi oqimning nasosga kirish va chiqishdagi solishtirma energiyalari ayirmasiga teng:

$$H=\frac{P_c-P_x}{\rho g}, \qquad (3.3)$$

(3.1) va (3.2) tenglamalardan ayrimlar farqini aniqlasak:

$$H=\frac{P_c-P_s}{\rho g}+\frac{\omega_c^2-\omega_s^2}{\rho g}+H_c+H_x+h_c+h_x. \qquad (3.4)$$

Bunda $\omega_s = \omega_x$, chunki haydash va so'rish quvurlarining diametri bir xil. $h_u = h_s + h_x$ quvurning umumiy gidravlik qarshiligi. Bundan tashqari, 3.1-rasmdan: $N_s + N_x = N_r$. Bu holda (3.4) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$H = H_r + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_y. \quad (3.5)$$

Demak, nasosning umumiy bosimi suyuqlikni geometrik balandlikka ko'tarish uchun, pastki va yuqorigi idishlardagi bosimlar orasidagi farqni hamda so'rish va uzatish quvurlaridagi gidravlik qarshilikni yengish uchun sarflanadi. Agar pastki va yuqorigi idishlardagi bosim o'zaro teng bo'lsa, u holda nasosning umumiy bosimi:

$$H = H_r + h_y. \quad (3.6)$$

Suyuqlik gorizontal quvurlar orqali uzatilsa ($N_r = 0$):

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_y. \quad (3.7)$$

Xuddi shuningdek, nasosning umumiy bosimini manometr va vakuummetrning ko'rsatishi bo'yicha ham aniqlash mumkin:

$$H = \frac{P_M + P_{vak}}{\rho g} + h. \quad (3.8)$$

Shunday qilib, nasosning umumiy bosimi manometr va vakuummetrlar (uzatilayotgan suyuqlik ustuni metr hisobida) ko'rsatishlarining yig'indisi bilan asboblar ulangan nuqtalar orasidagi vertikal masofaning (h) yig'indisiga teng.

So'rish balandligi. Pastki idishdagi suyuqlikning erkin sirtiga (3.1-rasm) atmosfera bosimi R_o ta'sir etadi. Suyuqlik so'rish quvuri orqali balandlikka ko'tarilib, nasosning ish kamerasini to'ldirishi uchun bu kamerada siyraklanish (ya'ni vakuum) vujudga keltirish kerak. Bunda ish kamerasiga qoldiq absolyut bosim $R_s < R_o$ ta'sir etadi. Bosimlar farqi (R_o-R_s) hosil bo'lganligi sababli suyuqlik ustunining metrlarda ifodalangan bosimi (R_o-R_s)/ρg hosil bo'ladi. Bu bosimning bir qismi suyuqlikni so'rish quvurida N balandlikka ko'tarish uchun, qolgan qismi esa suyuqlikning quvurda ω tezlik bilan harakatlanishiga yoki tezlik bosimini hosil qilish uchun va so'rilayotgan suyuqlik yo'lida uchraydigan barcha qarshiliklarni yengishga sarflanadi. U holda:

$$\frac{P_0}{\rho g} - \frac{P_c}{\rho g} = H_c + \frac{\omega^2}{2g} + h_c. \quad (3.9)$$

Uzatilayotgan suyuqlikning qaynab ketishini hisobga olgan holda (u doim so'rilishi uchun) so'rilish quvurlaridagi bosim shu haroratdagi

suyuqlikning to'yingan bug' bosimi R_t dan yuqori bo'lishi kerak. Bunda nasosning normal ishlashi uchun tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\frac{P_s}{\rho g} = \frac{P_0}{\rho g} - \left(H_s + \frac{\omega^2}{2g} + h_s \right) \geq \frac{P_t}{\rho g}.$$

Bu yerdan

$$H_s \leq \frac{P_0}{\rho g} - \left(\frac{P_t}{\rho g} + \frac{\omega^2}{2g} + h_s \right). \qquad (3.10)$$

Harorat ortishi bilan suyuqlikning to'yingan bug' bosimi ham ortib, u qaynash haroratida tashqi atmosfera bosimiga tenglashadi, bu vaqtda so'rish balandligi nolga teng bo'ladi. Shuning uchun qovushoqligi yuqori va issiq suyuqliklarni uzatayotganda nasos qabul qiluvchi idishga nisbatan pastroq o'rnatilishi zarur.

Nasoslar so'rish balandligining uzatilayotgan suv harorati bilan bog'liqligi 3.1-jadvalda berilgan.

So'rish balandligining o'zgarishi

3.1-jadval

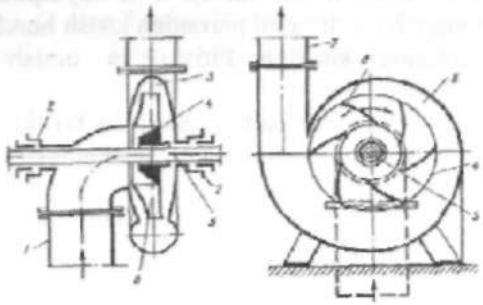
Suvning harorati,°C	10	20	30	40	50	60	65
So'rish balandligi, m	6	5	4	3	2	1	0

Xuddi shuningdek, so'rish balandligini hisoblashda gidravlik va mahalliy qarshiliklarni yengish uchun ketgan sarflardan tashqari, markazdan qochma nasoslarda kavitatsiya hodisasi, porshenli nasoslarda esa inersion kuch ta'sirida bo'ladigan bosim yo'qolishlari inobatga olinishi lozim.

3.3. MARKAZDAN QOCHMA NASOSLAR

Ishlash prinsipi. Markazdan qochma nasoslarda spiralsimon qobiq ichida parrakli ish g'ildirak joylashgan bo'ladi. Ish g'ildirakning aylanishida markazdan qochma kuch hosil bo'ladi. Bu kuch ta'sirida suyuqlikning so'rilishi va uni haydash bir me'yorda uzluksiz boradi. 3.2-rasmda markazdan qochma nasos sxemasi ko'rsatilgan. So'rish quvuri orqali ta'minlovchi idishdan ko'tarilgan suyuqlik ish g'ildirakning markaziy qismiga kiradi. So'ngra ish g'ildiragining kuraklari orasidan o'tib, nasos kamerasiga tushadi. Bu yerda markazdan qochma kuch ta'sirida hosil bo'lgan bosim suyuqlikni haydash quvuriga siqib chiqaradi. Bunda ish g'ildiragiga kirish oldida siyraklanish vujudga keladi. Kuraklar orasidagi kanallardan suyuqlik bir tekisda haydash

quvuriga berilishi va suyuqlik tezligini asta-sekin kamaytirib, suyuqlik bosimini oshirish uchun qo'zgalmas qobiq spiralsimon shaklda tayyorlanadi. Suyuqlikning haydash quvurida ma'lum miqdordagi tezlik bilan oqishini ta'minlash uchun nasosning kamerasi yo'naltirgich va diffuzor kabi bir qancha moslamalardan foydalaniladi. Nasosdagi so'rilish qabul qiluvchi idishdagi suyuqlik sathiga ta'sir qiluvchi bosim bilan so'rish quvuridagi siyraklanish bosimi orasidagi farq hisobiga amalga oshadi.



3.2-rasm. Markazdan qochma nasos:
1 – so'rish patrubkasi; *2* – salnik; *3* – qobiq; *4* – ish g'ildiragi; 5 – ish g'ildiragining kuraklari; 6 – haydash patrubkasi.

Nasosning ishlashini tekshirib ko'rish uchun so'rish liniyasiga vakuummetr va haydash quvuriga esa manometr o'rnatiladi. Bundan tashqari, nasosda uzatilayotgan suyuqlikning miqdorini rostlab turish uchun haydash quvuriga kran, ventil yoki zadvijka o'rnatiladi. Nasos qisqa muddatga to'xtatilganda, shuningdek, ish g'ildiragi suyuqlik bilan to'ldirilganda, suyuqlik tushib ketmasligi uchun so'rish quvuriga klapan o'rnatiladi.

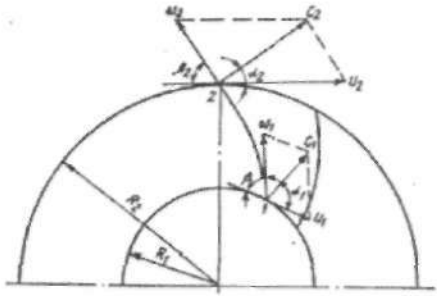
G'ildiraklar soniga qarab markazdan qochma nasoslar bir va ko'p bosqichli bo'ladi. Bir bosqichli nasoslarda hosil bo'ladigan umumiy bosim 50 metrdan (ayrim hollarda 70 metrdan) oshmaydi. Ko'p bosqichli nasoslarda suyuqlik bir valga ketma-ket ulangan ish g'ildiraklari orqali o'tadi. Bunday g'ildiraklarda bosim belgilangan miqdorlargacha asta-sekin ortib boradi. Hozirgi kunda ishlatilayotgan ko'p bosqichli nasoslarning bosimi 20 MPa gacha boradi. Markazan qochma nasoslarning vali ham gorizontal ham vertikal joylashgan bo'lishi mumkin.

Markazdan qochma nasoslarning xarakteristikalari. Ish g'ildiragining parraklari yordamida hosil bo'lgan nazariy bosim H_b (metr hisobida) Bernulli tenglamasiga asosan quyidagi tenglama bilan ifodalanadi.

$$H_b = \frac{(U_2C_2\cos\alpha_2 - U_1C_1\cos\alpha_1)}{g}, \qquad (3.11)$$

bu yerda, U – suyuqlik oqimchasining aylanma tezligi; S – g'ildirak kanalidagi suyuqlikning absolyut tezligi, bu tezlik U va W tezliklarining geometrik yig'indisi hisoblanadi (3.3-rasm); W – suyuqlikning nisbiy tezligi; α – suyuqlikning ish g'ildiragini parragiga kirish burchagi; 1 va 2 ko'rsatkichlar suyuqlikning kanalga kirishi va undan chiqishini belgilaydi.

(3.11) ifoda *Eyler* tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, markazdan qochma mashinalarning *asosiy tenglamasi* deb yuritiladi.



3.3-rasm. Markazdan qochma nasos ish g'ildiragi kanallaridagi suyuqlik harakatining chizmasi.

Maksimal qiymatdagi bosim olish uchun suyuqlik g'ildirakning parragiga $\alpha = 90°$ burchak bilan, ya'ni radial yo'nalishda berilishi kerak. Bunday sharoitda (3.11) tenglama soddalashadi, chunki sos $90° = 0$:

$$H_b = \frac{U_2C_2\cos\alpha_2}{g}. \qquad (3.12)$$

Nasos g'ildiragining ichidagi gidravlik qarshilikni yengish uchun va egri chiziqli kanalda suyuqlik oqimchalari traektoriyalarining har xil bo'lishligi sababli, haqiqiy bosim nazariy bosimga nisbatan doimo kam bo'ladi:

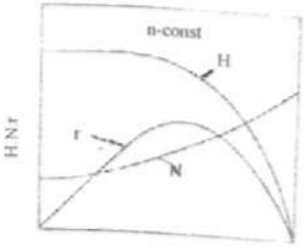
$$H = H_b\eta_r\eta_u, \qquad (3.13)$$

bu yerda, η_r – nasosning tuzilishi va o'lchamlariga bog'liq bo'lgan gidravlik foydali ish koeffitsiyenti $\eta_r = 0{,}7 \div 0{,}9$); η_u – parraklarning

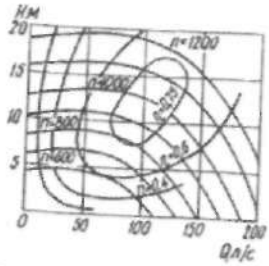
soniga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent ($\eta_u = 0{,}56 \div 0{,}84$), o'rta hisobda $\eta_u = 0{,}8$).

Gidravlik foydali ish koeffitsiyenti va nazariy bosimning qiymati parraklarning qiyalik burchagi β_2 va uning shakliga ham bog'liq bo'ladi (3.3-rasm). Orqa tomonga egilgan ($\beta_2 < 90°$) parraklarning gidravlik qarshiligi kam bo'ladi. Odatda turli markazdan qochma nasoslar uchun $\beta_2 = 14 \div 60°$, $\beta_1 = 20 \div 40°$ bo'ladi, bunday sharoitda suyuqlik nasosga zarbasiz kiradi va bir tekisda chiqadi.

Ish g'ildirakning aylanishlar soni η o'zgarmas bo'lganda nasos ish unumdorligi Q ning bosim N, nasosning o'z quvvati N va foydali ish koeffitsiyenti η bilan grafik usuldagi bog'liqligi nasoslarning xarakteristikalari deb yuritiladi (3.4- rasm). Bunday grafik bog'liqliklar markazdan qochma nasoslarni tekshirish paytida tuziladi. Bunda haydash liniyasidagi zadvijkaning ochilishi har xil qilib olinadi. Zadvijka berk bo'lganda (ya'ni $Q = 0$) nasos oladigan minimal quvvat uning salt ishlashiga mos keladi.



3.4-rasm. Markazdan qochma nasosning ish xarakteristikasi.



3.5-rasm. Markazdan qochma nasosning universal xarakteristikasi.

Bunday sharoitda foydali ish koeffitsiyenti ham $\eta = 0$ bo'ladi, chunki nasos suyuqlikni uzatishga oid foydali ish bajarmaydi, salt ishlash quvvati esa nasosdagi barcha ishqalanishlar (podshipniklardagi va o'q zichlagichlaridagi ishqalanishlar, nasos qobig'ini to'ldiruvchi suyuqlikning nasos parragiga ishqalanishi va boshqalar) ta'sirida vujudga keladigan mexanik isroflarni qoplashga sarflanadi.

Ish unumdorligini zadvijkani ochish bilan ko'paytirsak, nasosning bosimi kamayib, nasos oladigan quvvat ortib boradi va foydali ish koeffitsiyenti maksimal qiymatga ega bo'ladi. Bu hol shuni ko'rsatadiki, aylanish g'ildiragining tezligi o'zgarmas bo'lganda, nasosning xarakteristikasidan foydalanib energiyadan eng tejamli foydalanish rejimini topish mumkin.

Nasosning turli rejimda ishlash qobiliyatini universal xarakteristikadan aniqlash qulay. Ish g'ildiragining aylanish soni (*n* ayl/min) har xil bo'lganda bosim (N, m), foydali ish koeffitsiyenti (η, %) va ish unumdorligi (Q, m^3/s) o'rtasidagi bog'liqlik *nasosning universal xarakteristikasi* deb ataladi (3.5-rasm)

Bunday xarakteristikani hosil qilish uchun turli aylanish soni (η_1, η_2, η_3 . . .) da Q uchun xarakteristika tuzamiz. So'ngra bu xarakteristikalarda biror foydali ish koeffitsiyentiga tegishli nuqtalarni ajratamiz (3.5- rasmdan ko'rinadiki, bitta foydali ish koeffitsiyentining qiymati uchun ikkita bosim miqdori to'g'ri keladi). Bu nuqtalarni tutash chiziq bilan birlashtiramiz. Shu ishni bir qancha η (η_1, η_2, η_3 . . .) lar uchun takrorlab, bir qancha tutash chiziqlar olamiz. Bu chiziqlar bilan chegaralangan sohada η chiziqdagi qiymatdan kichik bo'lmaydi. 0–85 % chizig'i berilgan aylanish sonlarida maksimal η ga to'g'ri keladi.

Universal xarakteristikadan foydalanib, nasosning (maksimal η ga tegishli) ishlash chegarasini topish va uning ishlashi uchun eng qulay rejim tanlash mumkin. Nasoslarning xarakteristikalari tegishli kataloglarda keltiriladi.

Nasos dvigatelining iste'mol qiladigan quvvati (N, kVt) quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$N = \frac{Q\rho gH}{10^3\eta}, \qquad (3.14)$$

bu yerda, Q – nasosning hajmiy ish unumdorligi, m^3/s; ρ – uzatilayotgan suyuqlikning zichligi, kg/m^3; N – nasosda hosil bo'lgan bosim, m suyuqlik ustuni; η – nasos uskunasining umumiy foydali ish koeffitsiyenti.

Nasos uskunasini o'rnatish uchun zarur bo'lgan quvvatni aniqlashda quvvatning zaxira koeffitsiyenti hisobga olinadi:

$$N_{qur} = \beta N. \qquad (3.15)$$

bu yerda, β – quvvatning zaxira koeffitsiyenti.

Quvvatning zaxira koeffitsiyenti N ning qiymatiga ko'ra tanlab olinadi (3.2- jadval).

Quvvat zaxira koeffitsiyentining qiymatlari

3.2-jadval

Nasos dvigatelining iste'mol qiladigan quvvati, kVt	1	1,5	5-50	50
Quvvatning zaxira koeffitsiyenti	2-1,5	1,5-1,2	1,2-1,15	1,1

Mutanosiblik qonuni. G'ildirakning aylanishlar chastotasi o'zgarganda nasosning ish unumdorligi, bosimi va nasos iste'mol qiladigan quvvat o'zgaradi. G'ildirakning bir daqiqadagi maksimal aylanishlar chastotasi n_1 dan n_2 ga qadar oshirilsa, nasosning ish unumdorligi Q_2 ham Q_1 ish unumdorligiga nisbatan mutanosib ravishda ortadi:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}. \tag{3.16}$$

Suyuqlikning tegishli H_1 va H_2 bosimlari aylanishlar chastotasining kvadratlari nisbatiga mutanosib:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2. \tag{3.17}$$

Nasos iste'mol qiladigan quvvat N suyuqlik sarfi Q ning suyuqlik bosimi N ga ko'paytmasiga mutanosib bo'lganligi sababli, g'ildirakning bir daqiqadagi aylanishlar chastotasi turlicha bo'lgandagi nasosning oladigan quvvati N_1 va N_2 bir daqiqadagi aylanishlar chastotasining kublari nisbatiga mutanosib bo'ladi:

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3. \tag{3.18}$$

Demak, nasos g'ildiragining aylanishlar chastotasi ortishi bilan uning ish unumdorligi birinchi darajada, talab qilinadigan quvvat esa uchinchi darajada oshadi. Ammo amalda mutanosiblik qonuni g'ildirak aylanishlar chastotasining ikki martadan kam o'zgargan sharoitdagina o'z kuchini saqlaydi.

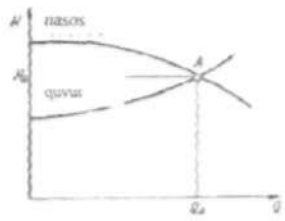
Kavitatsiya hodisasi. Nasos g'ildiragining tez aylanishida va issiq suyuqliklar markazdan qochma nasoslar yordamida uzatilganda *kavitatsiya hodisasi* yuz beradi. Bu vaqtda nasosdagi suyuqlik tez bug'lanadi. Hosil bo'lgan bug' suyuqlik bilan yuqori bosimli zonaga o'tib tezda kondensatsiyalanadi. Natijada nasos qobig'ida katta bo'shliq hosil bo'ladi, nasos qattiq silkinadi va taqillab ishlaydi. Nasos kavitatsiya rejimida ko'proq ishlasa, u tezda buziladi. Shuning uchun harorati yuqori bo'lgan suyuqliklarni uzatayotganda bu hodisa qo'shimcha kavitatsion koeffitsiyent bilan hisobga olinishi kerak.

Kavitatsiya oqibatida nasosning ish unumdorligi, bosimi va foydali ish koeffitsiyenti kamayadi. Kavitatsiya hodisasining oldini olish uchun ish g'ildiragining aylanish sonini kamaytirish kerak. Kavitatsiya ta'sirida nasos so'rish balandligining kamayishi (yoki kavitatsion koeffitsiyent) ni quyidagi tenglama orqali aniqlasa bo'ladi:

$$h_{kav} = 0{,}00125\left(Qn^2\right)^{0{,}67}. \tag{3.19}$$

(3.19) tenglamadan ko'rinib turibdiki, kavitatsion koeffitsiyentning qiymati nasosning ish unumdorligi va aylanish chastotasining soniga bog'liq ekan.

Nasosning ish nuqtasi. Nasosni tanlashda suyuqlik uzatilayotgan quvurlarning yoki sistema tarmoqlarining xarakteristikalari e'tiborga olinadi. Quvurlarning xarakteristikasi suyuqlik sarfi bilan uning quvurlaridagi harakati uchun kerak bo'ladigan bosim orasidagi bog'lanishni ifodalaydi.



3.6-rasm. Nasos va quvurning o'zaro bog'lanish xarakteristikasi.

Nasos va quvurning o'zaro bog'lanish xarakteristikasi 3.6-rasmda ko'rsatilgan. Ikkala xarakteristikaning kesishgan nuqtasi A nasosning ish nuqtasi deyiladi. Bu nuqtada nasos shu quvur tarmog'ida eng yuqori unumdorlikka ega bo'ladi. Bundan ham yuqoriroq unumdorlikka erishish uchun g'ildiraklarning aylanishlar chastotasini ko'paytirish yoki quvurdagi gidravlik qarshiliklarni kamaytirish kerak. Bu vaqtda nasosning ish nuqtasi nasos xarakteristikasining grafigida o'ng tomonga suriladi. Tanlangan nasosning ish nuqtasi talab qilinadigan unumdorlik va bosimga mos bo'lishi zarur.

3.6-rasmdan ma'lumki, berilgan quvur uchun nasosning ish unumdorligi Q_A va bosimi esa N_A ga teng bo'ladi. Agar Q_A ning qiymati oshirilsa, quvurning gidravlik qarshiligi ko'payib ketadi va natijada Q ning miqdori kamayadi.

Markazdan qochma nasoslarni boshqarish. Nasoslarning ish unumdorligini ularning aylanish chastotasini o'zgartirish yo'li bilan boshqarish mumkin. Ammo bu usuldan o'zgaruvchan tok bilan ishlaydigan asinxron elektr dvigatel bo'lganda foydalanish mumkin emas. Amaliyotda nasosning ish unumdorligi haydash quvurida o'rnatilgan zadvijka yordamida o'zgartiriladi. Markazdan qochma nasoslar o'zini-o'zi boshqarish qobiliyatiga ega, ya'ni haydash quvuridagi qarshiliklarning ko'payib yoki kamayishiga ko'ra, ularning ish rejimlari o'zgarib boradi.

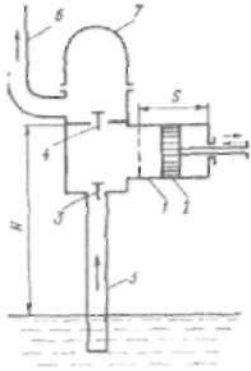
Nasoslarning ish unumdorligini oshirish uchun ularni parallel, agar bosimini ko'tarish kerak bo'lsa (ayniqsa, Q ning qiymati kam bo'lganda), - ketma-ket ulash maqsadga muvofiq bo'ladi. Kamchiligi: nasosni ishlatish uchun oldindan ish g'ildiraklarini suyuqlik bilan to'ldirish kerak, foydali ish koeffitsiyenti yuqori emas ($\eta = 0,6 \div 0,7$).

Markazdan qochma nasoslar bir qator afzalliklarga ega: 1) mustahkam va uzoq vaqt ishlatish mumkin; 2) suyuqlik uzluksiz va bir me'yorda uzatiladi; 3) ish unumdorligi yuqori; 4) ishlatish qulay; 5) vazni yengil va o'lchamlari kichkina; 6) porshenli nasoslarga nisbatan arzon; 7) hamma qismlari quyma shaklda oddiy tayyorlangan; 8) unumdorligini haydash quvuridagi siljituvchi mexanizm yordamida o'zgartirish mumkin. Ana shu afzalliklar sababli markazdan qochma nasoslar sanoatning barcha tarmoqlarida ishlatiladi.

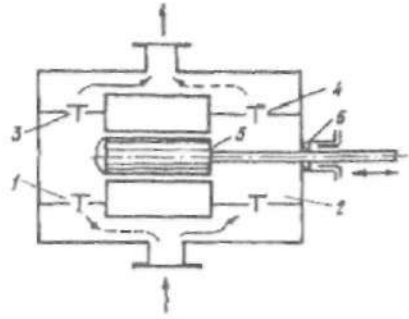
3.4. PORSHENLI NASOSLAR

Ishlash prinsipi. Porshenli nasoslarda suyuqlik haydash quvuriga ilgarilama-qaytma harakat qiluvchi mexanizmlar orqali uzatiladi. Porshenli nasoslar vositasida har qanday qovushoqlikdagi suyuqliklarni uzatish mumkin. Porshenli nasoslardan oz miqdordagi suyuqliklarni yuqori bosimda uzatishda va suyuqlik sarfi o'zgarmas bo'lib, bosim keskin o'zgaradigan hollarda foydalanish qulay. Bu nasoslarda porshen nasos qobig'ida gorizontal va vertikal holatda joylashgan bo'lishi mumkin. Ishlash prinsipiga ko'ra porshenli nasoslar oddiy, ikki bosqichli va ko'p bosqichli bo'ladi.

Porshen suyuqlikni faqat old tomoni bilan siqib chiqaradigan nasos *oddiy – bir tomonlama ishlaydigan nasos* deyiladi. Agar nasos silindrida porshenning ikkala tomonida joylashgan ish kamerasi bo'lsa va porshen ulardan suyuqlikni ketma-ket siqib chiqarsa, bunday nasos ikki bosqichli yoki ikki tomonlama ishlaydigan nasos deyiladi.Oddiy porshenli nasosning ishlash prinsipini ko'rib chiqamiz (3.7-rasm). Nasos porsheni so'rish jarayonida o'ng tomonga harakat qilganda ish kamerasining hajmi kattalashadi. Undagi bosim esa kamayadi va atmosfera bosimidan kichik bo'lib qoladi. Pastki rezervuardagi (nasos suyuqlikni so'rib oladigan idishdagi) suyuqlikning erkin sirti atmosfera bosimi R ta'sirida bo'ladi. Atmosfera bosimi bilan pasaytirilgan bosim R_s orasidagi farq ta'sirida silindrning ish kamerasida siyraklanish vujudga keladi va suyuqlik rezervuardan so'rish quvuri bo'ylab silindrga ko'tariladi hamda so'rish klapanini ochib, nasosning ish kamerasi bo'shlig'ini to'ldiradi. Porshen o'ng chekka holatni egallagach, suyuqlik ish kamerasini to'ldiradi va so'rish klapanini berkitadi. Porshenning chapdan o'ngga tomon teskari harakatida porshen va ish kamerasi bo'shlig'ini to'ldiruvchi suyuqlikka bosim beradi va uni haydash klapani orqali uzatish quvuriga chiqarib beradi.



3.7- rasm. Porshenli nasos: 1–silindr; 2 – porshen; 3 – so'rish; 4–haydash klapani; 5–plunjer; 6–salnik; 7 – havo qalpoqchasi.



3.8-rasm. Ikki tomonlama ishlaidigan plunjerli nasos: 1, 2 – so'ruvchi klapanlar; 3, 4-uzatuvchi klapanlar; 5 – so'rish quvuri; 6-salnik.

Suyuqlikning harakat tezligi va bosimlarning pulsatsiyalanishini tenglashtirish hamda suyuqlikning so'rish va haydash quvurlarida bir me'yorda tekis oqishini ta'minlash uchun nasosga maxsus uskuna (havo qalpoqchalari) o'rnatiladi.

3.8-rasmda ikki tomonlama ishlaydigan gorizontal plunjerli nasosning sxemasi ko'rsatilgan. Bunday nasos silindrining ikkala tomonida so'rish hamda haydash klapanlari bo'lgan ikkita mustaqil ish kamerasi bor. Plunjer o'ng tomonga qarab harakatlanganida suyuqlik klapan orqali chap kameraga so'riladi. Bir vaqtning o'zida plunjer ikkinchi o'ng kameradan suyuqlikni klapan orqali siqib chiqaradi. Plunjer chap tomonga qarab harakatlanganida o'ng kamerada so'rilish, chap kamerada esa haydalish jarayonlari yuz beradi.

Porshenli nasoslarda silindr orasidan suyuqlik siqib chiqmasligi uchun porshenning yon sirtiga metall yoki rezinadan ishlangan zichlash halqalari o'rnatiladi: ular silindrning ichki devoriga zich yopishib turadi. Plunjer esa zichlash halqalariga ega emas va uzunligining diametriga nisbati ancha katta bo'ladi. Plunjerli nasoslarda silindrning ichki yuzasi juda silliq bo'lishi shart emas. Plunjerli nasoslar yordamida ifloslangan va qovushoqligi ko'p bo'lgan suyuqliklarni uzatish uchun va yuqori bosimlar hosil qilish uchun ishlatiladi.

Porshenli nasoslarning turlari. Valning aylanish soniga ko'ra porshenli nasoslar uch turga bo'linadi: sekin ishlaydigan (40–60 ayl/min); normal ishlaydigan (n = 60–120 ayl/min); tez ishlaydigan (n

=120–180 ayl/min va undan ko'p). Ish unumdorligining qiymatiga ko'ra porshenli nasoslar uch xil bo'ladi: kichik (Q<15 m^3/soat); o'rta (Q=154–60 m^3/soat); katta (60<Q<150 m^3/soat). Bosimning qiymatiga ko'ra ham porshenli nasoslar uch turga bo'linadi: past bosimli (R<1 MPa); o'rtacha bosimli (R==1÷2 MPa); yuqori bosimli (R>2 MPa).

Nasosning ish unumdorligi. Porshenning bir marta borib kelish vaqti birligi ichida nasos uzatib bergan suyuqlik miqdori *porshenli nasosning ish unumdorligi yoki boshqacha aytganda, uzatilishi* deyiladi.

Bir tomonlama ishlaydigan porshenli nasosning o'rtacha nazariy ish unumdorligi (Q, m^3/s) quyidagi tenglama .bilan aniqlanadi:

$$Q = F \cdot Sn, \tag{3.20}$$

bu yerda, F – porshenning (yoki plunjerning) ko'ndalang kesim yuzasi,m^2; S – porshen yo'li, m; n – krivoship – shatunli mexanizmning aylanish chastotasi, ayl/s.

Ikki tomonlama ishlaydigan porshenli nasosning o'rtacha nazariy ish unumdorligi:

$$Q = [FS + (F - f)S]n = (2F - f)Sn,$$

bu yerda, f – shtok ko'ndalang kesimining yuzasi, m^2.

Shtok ko'ndalang kesimining yuzasi $2F$ ga nisbatan ancha kichikligini hisobga olib, quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$Q = 2FSn. \tag{3.21}$$

Porshenli nasosning haqiqiy ish unumdorligi Q_x nazariy ish unumdorlikka nisbatan kam bo'ladi. Oddiy bir bosqichli porshenli nasos uchun:

$$Q_x = \eta_U FSn, \tag{3.22}$$

bu yerda, η_{U} – uzatish koeffitsiyenti.

Uzatish koeffitsiyenti suyuqlikning nasosdan klapanlar va boshqa zichmas joylar orqali sizib chiqishini, shuningdek, kameraga haydalayotgan suyuqlik bilan havo o'tib, uning to'ldirilishini kamaytirishni hisobga oladi. Bu koeffitsiyentning qiymati o'rta hisobda 0,8÷0,9 oralig'ida o'zgaradi. Ikki bosqichli porshenli nasos uchun:

$$Q_x = 2\eta_U FSn. \tag{3.23}$$

Ko'p bosqichli nasoslar uchun:

$$Q_x = i\eta_U FSn. \tag{3.24}$$

Agar valning aylanish chastotasi ayl/min bo'yicha berilgan bo'lsa, u holda:

$$Q_x = 60i\eta_U FSn. \tag{3.25}$$

Porshenli nasoslar quyidagi afzalliklarga ega: ish unumdorligi yuzaga chiqayotgan bosimga bog'liq emas; yuqori bosimda ishlashi mumkin; oz miqdordagi suyuqliklarni katta bosim bilan uzatish imkoniyati bor; foydali ish koeffitsiyenti yuqori (0,64÷0,9). Shu bilan birga porshenli nasoslar ayrim kamchiliklarga ham ega: konstruksiyasi qo'pol va ko'p joyni egallaydi. Porshenning ilgarilama qaytma harakati sababli og'ir fundament talab qiladi; ta'mirlash talab qiluvchi bir necha klapanlarning bo'lishligi; so'rish va uzatish jarayonlari bir me'yorda bormaydi.

3.5. BOSHQA TURDAGI NASOSLAR

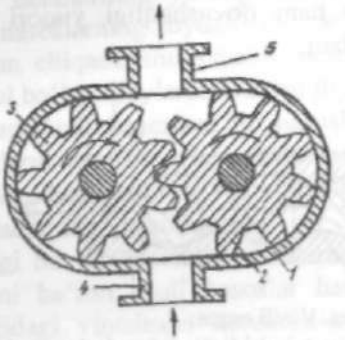
Ishlab chiqarishda suyuqliklarni uzatish uchun markazdan qochma va porshenli nasoslardan tashqari maxsus nasoslar ham ishlatiladi. Maxsus nasoslar qovushoqligi yuqori bo'lgan, juda ifloslangan, chuqur quduqdagi suyuqliklarni uzatish uchun qo'llaniladi. Maxsus nasoslar sifatida rotorli (tishli, plastinali, vintli), uyurmali, oqimli, propellerli nasoslar, liftlar va montejyular ishlatiladi.

Qovushoqligi juda yuqori, ifloslangan va uzatilishi qiyin bo'lgan suyuqliklarni uzatish uchun rotorli nasoslardan foydalaniladi. Bu nasoslarda suyuqlik aylanuvchi mexanizmlar harakati vositasida uzatiladi. Rotorli nasoslar porshenli nasoslardan klapan va havo qalpoqchalarining yo'qligi bilan farqlanadi.

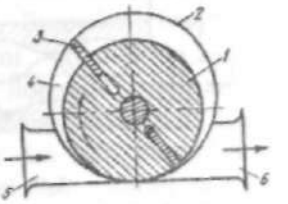
Tishli (shesternyali) nasoslar. Sanoatda ko'pincha tishli nasoslar ishlatiladi. Nasos qobig'ida o'zaro ilashgan holatdagi uzluksiz aylanib turuvchi shesternyalar jufti joylashgan (3.9-rasm). Shesternyalar aylanganida bir shesternyaning har qaysi tishi ilashgan holatdan chiqib, ikkinchi shesternyaning chuqurchasidagi tegishli hajmni bo'shatadi. Yig'gich rezervuaridagi atmosfera bosimi ta'sirida suyuqlik bo'shagan hajmga so'riladi. Shesternyalarning keyingi aylanishida tishlar orasidagi suyuqlik tishlar bilan birgalikda so'rish sohasidan haydash sohasiga o'tadi.

Shesternyalarning tishlari yana qaytadan ilashgan paytda ikkala shesternyaning tishlari orasidagi chuqurchalarni to'ldirgan suyuqlik siqib chiqariladi va haydash quvuriga o'tadi. Shesternyali nasoslar katta aylanishlar chastotasida (3000 ayl/min gacha) ishlay oladi, shuning uchun ularni tez aylanadigan dvigatelning valiga bevosita ulash mumkin. Ular tuzilishining soddaligi, ishonchli ishlashi, o'lchamlarining kichikligi va arzonligi bilan boshqa nasoslardan ajralib turadi. Shuning

uchun shesternyali nasoslar amalda keng ishlatiladi.



3.9- rasm. Shesternyali nasos: 1-qobiq; 2, 3-bir-biriga ilashgan tishli shesternyalar; 4 – so'ruvchi patrubka; 5 – haydash patrubka.



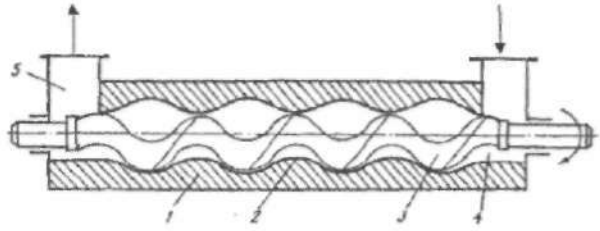
3.10- rasm. Plastinkali nasos: 1 – rotor; 2 – qobiq; 3 – plastinalar; 4 – bo'shliq. 5 – so'ruvchi patrubka; 6 – uzatuvchi patrubkasi.

Plastinali nasoslar. Bu nasoslarning ham ishlash prinsipi porshenli nasoslar kabi ish bo'shlig'i hajmining kamayishiga asoslangan. Bu nasos katta silindrdan iborat bo'lib, uning kengligi bo'yicha ekssentrik ravishda rotor joilashgan (3.10-rasm). Silindrning ichidagi qobiqqa to'g'ri burchakli plastinalar o'rnatilgan. Rotorning aylanishi natijasida bu plastinalar markazdan qochma kuch ta'sirida silindrning ichki yuzasiga mahkam zichlanib, o'roqsimon ish bo'shlig'ini qobiq va potor orasidagi kameralar ajratib turadi.

Plastinalar so'ruvchi patrubkadan nasosning vertikal o'qiga tomon harakatlanganda har bir kameraning hajmi kengayadi, natijada kamerada siyraklanish hosil bo'lib, so'rish patrubkasi orqali suyuqlik so'riladi. Plastinalar vertikal o'qdan rotor yo'nalishi bo'yicha aylanma harakat qilganda kameralarning hajmi kichiklashadi va suyuqlik nasosdan siqib chiqarilib, uzatish quvuriga beriladi. Rotor aylanishi natijasida plastinalar vertikal o'qqa tomon harakatlanganda jarayon yana takrorlanadi. Plastinali rotorli nasoslar toza holdagi, qovushoqligi yuqori bo'lgan suyuqliklarni uzatish uchun ishlatiladi.

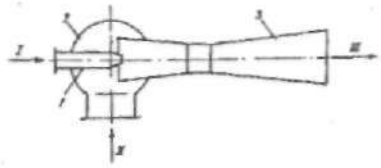
Vintli nasoslar. Bu nasoslar shesternyali nasoslar singari ishlaydi. Suyuqlik so'rish sohasidan vint o'yiqlarining o'lchamlari o'rtasidagi oraliqqa kiradi va vintlarning aylanish o'qi yo'nalishi bo'yicha haydash sohasiga o'tadi (3.11-rasm). Vintli nasos suyuqlikni bir me'yorda uzatadi. Nasosning vali bevosita dvigatelning valiga biriktiriladi.

Uzatilayotgan suyuqlik miqdorini oshirish uchun ikki va uch vintli nasoslar ishlatiladi. Bu nasoslar ham qovushoqligi yuqori bo'lgan suyuqliklarni uzatish uchun ishlatiladi.

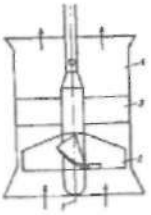


3.11-rasm. Vintli nasos:
/–qobiq; 2–silindr; 3–vint; 4–so'rish bo'shlig'i; 5–haydash patrubkasi.

Ingichka oqimli nasoslar. Bunday nasoslarda suyuqliklarni uzatish uchun ish muhiti sifatida – suyuqliklar, gaz va bug' ishlatiladi. Ingichka oqimli nasoslardan uzatilayotgan suyuqliklarni gaz, bug' va kondensat bilan aralashib ketishi mumkin bo'lgan holatlardagina foydalaniladi. Ushbu nasoslar suyuqliklarni haydash uchun ishlatilsa *injektor*, ularni so'rib olish maqsadida ishlatilsa ejektor deb ataladi. Ingichka oqimli nasosning sxemasi 3.12-rasmda ko'rsatilgan. Ish suyuqligi torayib boruvchi soplodan o'tayotganida bosimning bir qismini yo'qotadi va natijada tezligi ortadi. Soplodan chiqish oldida ish suyuqligining oqimi atrofida siyraklashgan bosim vujudga keladi, quvur orqali haydalayotgan suyuqlik so'rish quvuri yordamida aralashtirgich kamerasiga so'riladi va ish suyuqligi bilan aralashadi. Shu yo'sinda olingan aralashma diffuzorga yuboriladi.



3.12-rasm. Ingichka oqimli nasos:
1-soplo; 2 - ish va uzatilayotgan suyuqliklarni aralashtirish kamerasi; 3 - haydash quvuri; I-ish suyuqlik oqimi; II- uzatilayotgan suyuqlik okimi; III - aralashma.



3.13-rasm.Propellerli nasos:
1 – val; 2 – kurakchalar;
3 – yo'naltiruvchi qism;
4 – haydash patrubkasi.

U yerda suyuqlikning tezligi kamayadi, bosim ortib haydash quvuriga o'tadi.

Ingichka oqimli nasoslarning tuzilishi sodda, ularda harakatlanuvchi detallarning yo'qligi bilan boshqa nasoslardan farq qiladi. Bunday nasoslarning foydali ish koeffitsiyenti yuqori emas (0,3), ular tez ishdan chiqadi, shu sababli qimmat turadigan nasoslarni ishlatish nomaqbul bo'lgan joylarda ulardan foydalaniladi.

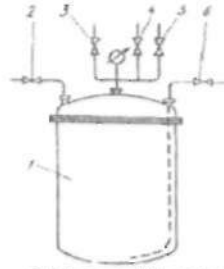
Propellerli nasoslar. Bu nasoslar kam bosimli ko'p miqdordagi suyuqliklarni uzatish uchun ishlatiladi. Propellerli nasoslar ko'pincha bug'latish qurilmalarida suyuqliklarni sirkulatsiya qilish uchun qo'llaniladi. Bu nasoslarning ish g'ildiraklari propeller parraklari shaklidagi bir necha vintsimon kurakchalardan iborat (3.13-rasm). Bu nasoslarni ba'zan *o'qli nasoslar ham deyiladi, chunki suyuqlik* ish g'ildiragidagi vintsimon kurakchalari bilan qamrab olinib, g'ildirak o'qining yo'nalishi bo'ylab aylanma harakat qiladi.

Propellerli nasoslar hosil qiladigan bosim unchalik katta emas va ularning so'rilish balandligi ham kichik (3 metrgacha), lekin ish unumdorligi yuqori bo'ladi. Ularning tuzilishi oddiy, ixcham, vazni yengil, foydali ish koeffitsiyenti markazdan qochma nasoslarning foydali ish koeffitsiyentiga nisbatan birmuncha yuqori. Bunday nasoslar ifloslangan suyuqliklarni ham uzata oladi. O'qli nasoslarning xarakteristikasi markazdan qochma nasoslarning xarakteristikasidan farq qiladi: bunday nasoslarning unumdorligi $Q = 0$ bo'lganda iste'mol qiladigan quvvati maksimumga yetadi.

Uyurmali nasoslar. Bunday nasoslarda qobiq bilan ish g'ildiragi o'rtasidagi *tirqish juda kichik bo'ladi* (0,2 mm). *Uyurmali nasoslar* (3.14-rasm) tarkibida abraziv moddalarni ushlamagan va harorati 85°C dan kam bo'lgan suv va boshqa suyuqliklarni uzatish uchun ishlatiladi. Sanoatda VS va VK markali uyurmali nasoslar ishlatiladi. Bunday nasoslarning ish unumdorligi kichik bo'lib (2÷40 m^3 soat), bosimi esa ancha katta bo'ladi (12÷250 m suyuqlik ustuni). Bir xil o'lchamga ega bo'lgan markazdan qochma nasoslarga nisbatan uyurmali nasoslarda hosil bo'lgan bosim qiymati 2–5 barobar kattadir.

Montejyu. Ifloslangan, zaharli va radiofaol suyuqliklarni siqilgan havo yoki inert gazlarning energiyasi yordamida uncha yuqori bo'lmagan balandlikka uzatish uchun montejyu ishlatiladi. Montejyu gorizontal yoki vertikal silindrsimon rezervuardan iborat. U qopqoq yordamida zich yopilgan bo'lib (3.15- rasm), qopqoqqa uchta patrubka o'rnatiladi. Bu patrubkalar yordamida montejyuga uzatilayotgan suyuqlik, siqilgan havo beriladi. Uchinchi patrubka esa montejyu ichidagi uzatuvchi quvur bilan biriktiriladi.

3.14-rasm. Uyurmali nasos.



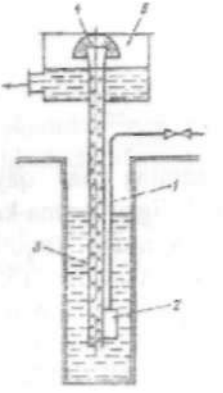
3.15-rasm. Montejyu:
1–idish; 2–suyuqlik kiradigan kran; 3–siqilgan gaz beriladigan kran; 4–atmosfera bilan bog'lanadigan kran; 5–vakuum bilan boglanuvchi kran; 6–uzatish quvurining krani.

Montejyuga suyuqlik quvur orqali kranning ochiq holatida atmosfera bosimi ostida berilsa, havo krani ochiq bo'lishi kerak. Agar montejyuga suyuqlik vakuum ostida berilsa, bunda montejyudagi vakuum krani ochiq bo'lishi kerak. Montejyu suyuqlik bilan to'ldirilgandan keyin, suyuqlik tushayotgan hamda havo va vakuum liniyalari bilan ulangan kranlar berkitiladi. Suyuqlikni uzatish uchun montejyuga kran orqali siqilgan havo beriladi va uning bosimi manometr orqali kuzatib turiladi. Siqilgan havo bosimi ta'sirida suyuqlik oraliq haydash quvuri orqali yuqoriga ko'tarilib, ochiq kran orqali uzatiladi. Montejyudagi suyuqlikni uzatib bo'lgandan keyin siqilgan havo beruvchi va uzatuvchi kranlar berkitilib, havo krani ochiladi va jarayon takrorlanadi. Agar uzatilayotgan suyuqlikning bug'i havo bilan portlovchan, alangalanuvchan aralashma hosil qilsa, bunda siqilgan havo o'rniga inert gazlar ishlatiladi.

Montejyu ko'pincha suyuqlikni filtr uskunalarga uzatish uchun ishlatiladi, chunki suyuqlik bir xil me'yorda va gidravlik turtkisiz uzatiladi. Montejyuning tuzilishi oddiy, yasash oson, harakatlanuvchi qismlarining yo'qligi sababli korroziyaga uchramaydi, uskuna tez yedirilib ishdan chiqmaydi.

Erliftlar. Bunday nasoslar katta chuqurlikdagi suyuqliklarni siqilgan havo yoki gaz yordamida yuqoriga ko'tarish hamda ayrim uskunalardagi modda almashinish jarayonlarini tezlashtirish uchun ishlatiladi. Erliftlar (havo yordamidagi ko'targichlar) ning ishlashi tutash idishlarning ishlash prinsipiga asoslangan. Erlift ko'tarish quvuridan, siqilgan havo beruvchi quvur va aralashtirgichdan iborat (3.16-rasm). Quvur orqali berilgan siqilgan havo aralashtirgichda suyuqlik bilan aralashib, hosil bo'lgan suyuqlik va havo aralashmasining solishtirma

og'irligi idish ichidagi suyuqlikka nisbatan past bo'lgani uchun, ko'tarish quvurida yuqoriga qarab ko'tariladi.



3.16-rasm. Erlift:
1–havo yoki gaz beriladigan quvur; 2–gaz taqsimlagich;
3–ko'tarish quvuri; 4–tomchi ushlagich; 5–suyuqlik
yig'iladigan idish.

Suyuqlik va havo aralashmasi ko'tarish quvuridan chiqayotganda ajratkichga urilib, havo ajralib chiqib ketadi va suyuqlik yig'gichga tushadi.

Erliftlar har xil suyuqliklarni, shu jumladan, kislota, ishqorlarni yuqoriga ko'tarish uchun ishlatiladi. Erliftlarning tuzilishi oddiy, ortiqcha mexanizmi va harakatlanuvchi qismlari yo'q. Bundan tashqari, yerliftlar yuqori haroratda ham ishlayveradi. Erliftlarning foydali ish koeffitsiyenti kichik (η = 0,25÷0,35), unumdorligi kam, siqilgan havo berish uchun ortiqcha kompressor mashinalari talab qilinadi.

3.6. GAZ SIQISHNING TERMODINAMIK ASOSLARI

Gaz siqilish jarayonida uning hajmi, bosimi va harorati o'zgaradi. Bu uchala kattalikning o'zaro bog'lanishi gazning bosimi 1 MPa gacha bo'lgan ideal gazlarning holat tenglamasi bilan ifodalanadi. Yuqori bosimli gazning hajmi, bosimi va harorati o'rtasidagi bog'lanish *Van-der-Vaals tenglamasi* bilan aniqlanadi:

$$\left(P+\frac{a}{b^2}\right)(v-b)=\overset{\bullet\bullet}{R}T, \qquad (3.26)$$

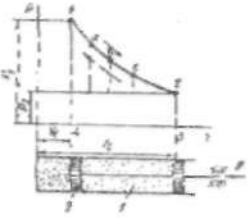
bu yerda, R – gaz bosimi, Pa; v – gazning solishtirma hajmi, m^3/kg; $R = 8310/M$ – gazlarning universal konstantasi, j/(kg·K); M – gazning molar massasi, kg/kmol; T – harorat, K.

a va b koeffitsiyentlarning miqdori maxsus qo'llanmalarda berilmasa, u kritik harorat T_{kr}, kritik bosim P_{kr} orqali quyidagicha topiladi:

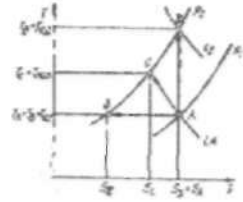
$$a = \frac{27R^2T_{kr}^2}{64P_{kr}}; \qquad b = \frac{RT_{kr}}{8P_{kr}}.$$

Gaz holatining vaqtning har qaysi paytida o'zgarishi RV diagrammada uzluksiz keladigan ketma-ket nuqtalar bilan ifodalanadi, bu nuqtalar bosim va hajmning vaqtning tegishli momentlaridagi o'rtacha qiymatlarini ko'rsatadi (3.17-rasm). Bu nuqtalarni birlashtiruvchi egri chiziq gazning jarayon boshlanishidagi va oxiridagi muvozanat holatini aniq ifodalaydi. Egri chiziqning ko'rinishi jarayonning xarakteriga bog'liq. Bunday egri chiziq termodinamik jarayon egri chizig'i deyiladi.

Gazlarni siqish natijasida uning hajmi, bosimi o'zgarishi bilan harorati ko'tarilib, issiqlik ajralib chiqadi. Nazariy jihatdan gaz ikki xil jarayonda siqiladi. Siqish vaqtida ajralib chiqqan issiqlik tashqi muhitga tortib olinsa izotermik, agar faqat isitish uchun sarflansa, adiabatik jarayon deyiladi.



3.17- rasm. Gaz holatining R- V diagrammasi: 1–silindr; 2–porshen.



3.18-rasm. Gazlarni siqish jarayonining T-S diagrammasi.

Izotermik jarayonda issiqlik ajratib olingani uchun, gazning va jarayonning harorati o'zgarmas bo'ladi. Adiabatik jarayonda tashqi muhit bilan issiqlik almashinmaydi. Haqiqatda esa siqish vaqtida ajralgan issiqlikning bir qismi tashqi muhitga tarqaladi va qolgan qismi gazni isitishga sarflanadi. Gaz politropik jarayonda siqiladi.

Gazlarni kompressorlarda siqish jarayonlarida bajarilgan solishtirma ishning miqdori T - S diagramma orqali aniqlanadi. T - S

diagrammada o'zgarmas bosim va haroratga to'g'ri kelgan qiymatlar gorizontal chiziqlar bilan tasvirlangan (3.18-rasm). Diagrammada ordinata o'qiga absolyut harorat va abssissa o'qiga entropiyaning qiymatlari qo'yiladi.

Gazni bosimning R_1 dan R_2 gacha o'zgarishidagi izotermik siqish jarayoni T - S diagrammada AV chizig'i bilan ifodalanadi. 1 kg gazni izotermik siqishdagi tashqi muhitga tortib olinishi zarur bo'lgan issiqlikning miqdori q_{iz} son jihatidan izotermik siqishdagi solishtirma ishning miqdori L_{iz} ga (J/kg) hisobida) teng. q_{iz} ning qiymati diagramma yordamida aniqlanadi:

$$q_{iz} = L_{iz} = T_A(S_A - S_B). \tag{3.27}$$

Adiabatik siqish jarayonida gaz bilan atrof-muhit orasida issiqlik almashinmaydi, ya'ni $dQ = 0$, $dS = 0$. Bu jarayonda gaz harorati ko'tarilib, AD vertikal chiziq bilan ifodalanadi. 1 kg gazni R_1 dan R_2 gacha adiabatik siqish paytida ajralib chiqqan issiqlik miqdori solishtirma ishning qiymatiga teng bo'lib, diagramma yordamida quyidagicha topiladi:

$$q_{ad} = L_{ad} = C_p(T_C - T_A). \tag{3.28}$$

Politropik jarayondagi gaz R_1 bosimdan R_2 gacha siqilganda T - S diagrammada AS chiziq bilan ifodalanadi. Bunda solishtirma ishning miqdori politropik jarayonida 1 kg gazni siqishda ajralib chiqqan issiqlik miqdoriga teng bo'ladi:

$$q_{mast} = L_{mast} = (S_A - S_C)\frac{T_A + T_C}{2} + C_p(T_A - T_C). \tag{3.29}$$

Agar bosimning oxirgi qiymati R_2 ma'lum bo'lsa, siqish jarayonidagi solishtirma ishning miqdorini analitik usul bilan ham aniqlash mumkin. Bunday sharoitda:

izotermik siqish uchun $L_{iz} = P_1V_1 \ln\frac{P_2}{P_1}$; (3.30)

adiabatik siqish uchun $L_{ad} = \frac{R}{R-1}P_1V_1\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{R-1}{R}} - 1\right]$; (3.31)

politropik siqish uchun $L_{mast} = \frac{m}{m-1}P_1V_1\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{R-1}{R}} - 1\right]$. (3.32)

(3.30)-(3.32) tenglamalarda: R_1 va R_2 – gazning dastlabki va oxirgi bosimi, Pa; v_1 – boshlang'ich sharoitlardagi (bosim R_1 va harorat T_1

bo'lganda) gazning solishtirma hajmi, m^3/kg;

$R = \frac{C_p}{C_v}$ – adiabatik ko'rsatkichi; S_T va S_V – o'zgarmas bosim va hajmdagi gazning issiqlik sig'imi, j/kg. K; m – politropik ko'rsatkich.

Politropik ko'rsatkichning qiymati gazning xarakteristikalariga va atrof-muhit bilan issiqlik almashinish shartlariga bog'liq bo'ladi. Masalan, havoni sovitish uchun suv ishlatiladigan kompressorlar uchun taxminan m=1,35 deb olish mumkin. Sovitilmaydigan kompressorlarda siqish jarayoni adiabatik yoki politermik sharoitda borishi mumkin, bunday holat uchun $m > R$.

Gazlarni izotermik siqishda eng kam ish bajariladi, shu sababdan haqiqiy siqish jarayonini izotermik jarayonga yaqin bo'lgan sharoitda olib boriladi. Buning uchun siqish jarayonida ajralib chiqqan issiqlik gazni sovitish orqali tortib olinadi. Siqishdan keyingi gazning harorati T_2 izotermik jarayon uchun

$$T_2 = T_1; \tag{3.33}$$

adibatik jarayon uchun

$$T_2 = T_1\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{R-1}{R}}; \tag{3.34}$$

politropik jarayon uchun $T_2 = T_1\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{m-1}{m}}$. (3.35)

Havoni kompressor bilan siqish uchun sarflanadigan nazariy quvvat (N_H,V_T) quyidagi tenglama bilan aniqlanadi

$$N_H = V\rho L, \tag{3.36}$$

bu yerda, V – kompressorning hajmiy ish unumdorligi, m^3/s; ρ – gazning zichligi, kg/m^3; L – gazni siqish uchun sarflangan solishtirma ishning miqdori, J/kg; L ning qiymatini (3.30), (3.31) yoki (3.32) tenglamalar yordamida hisoblash mumkin.

Agar kompressorning hajmiy ish unumdorligi va gazning zichligi so'rish sharoitiga keltirilgan bo'lsa (ya'ni $V = V_1, \rho = \rho_1 = \frac{1}{V_1}$) u holda (3.30)-(3.32) tenglamalarga asosan quyidagilarga erishamiz:

$$N_{H\,IZ} = P_1 V_1 \ln\frac{P_2}{P_1}; \tag{3.38}$$

$$N_{n.ad} = \frac{R}{R-1} P_1 V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{R-1}{R}} - 1 \right]; \quad (3.37)$$

$$N_{n.izot} = \frac{m}{m-1} P_1 V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right]. \quad (3.39)$$

Kompressorning validagi quvvat quyidagi tenglama yordamida hisoblanadi:

$$N_e = \frac{N_{n.izot}}{\eta_{izot} \eta_{mex}}, \quad (3.40)$$

bu yerda, η_{iz} – izotermik foydali ish koeffitsiyenti; η_{mex} – mexanik foydali ish koeffitsiyenti.

Kompressor dvigatelining quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$N_{dv} = \frac{N_e}{\eta_{uz} \eta_{dv}} \quad (3.41)$$

bu yerda, η_{uz} – uzatish foydali ish koeffitsiyenti; η_{dv} – dvigatelning foydali ish koeffitsiyenti.

Dvigatelni o'rnatish uchun odatda 14÷15% zaxira energiya olinadi:

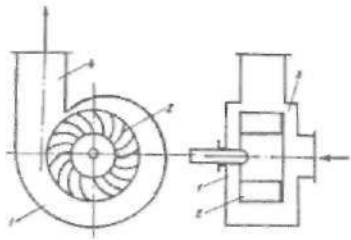
$$N_{o'rn} = (1,1 \div 1,15) N_{dv} \quad (3.42)$$

Izotermik foydali ish koeffitsiyenti siqish darajasiga ko'ra 0,64÷0,78, mexanik foydali ish koeffitsiyenti esa 0,85÷0,95 oralig'ida o'zgaradi.

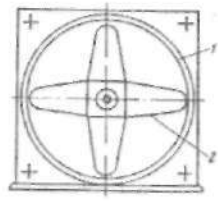
3.7. VENTILATORLAR

Havo va sanoat gazlari oqimini siqish darajasi kichik bo'lganda (taxminan 1,1 gacha) uzatish uchun markazdan qochma va o'qli ventilator ishlatiladi. Ventilator gazni nisbatan yuqori bosimda uzatib berish uchun, o'qli ventilator esa kichik bosimda, lekin ko'p miqdordagi gazni uzatish uchun mo'ljallangan. Sanoatda o'qli ventilator juda kam ishlatiladi, undan faqat binolarni sovitishda foydalaniladi.

Sanoatda gazlarni uzatish uchun asosan markazdan qochma ventilatordan foydalaniladi. Bu ventilator bosimining kattaligiga qarab uch guruhga bo'linadi: 1) past bosimli 981 Pa gacha; 2) o'rta bosimli 981–2940 Pa; 3) yuqori bosimli 2940– 11700 Pa.



3.19- rasm. Markazdan qochma ventilator:
1–qobiq; 2–ish g'ildiragi; 3–so'ruvchi patrubka; 4–uzatuvchi patrubka.



3.20- rasm. O'qli ventilator:
1–qobiq; 2–kurakchali g'ildirak.

Markazdan qochma ventilatorning asosiy qismi parraklar va spiralsimon qobiq ichiga joylashtirilgan ish parraklari bor g'ildirakdir (3.19- rasm). Markazdan qochma ventilator markazdan qochma nasosga o'xshab ishlaydi. Ish g'ildiragi aylanganda ventilatorning ish bo'shlig'idagi havo yoki gaz g'ildirak bilan birga aylanadi va markazdan qochma kuch ta'sirida g'ildirakning chekkalariga haydaladi. Gaz g'ildirak parraklaridan spiralsimon kameraga va undan haydash quvuriga o'tadi. Gaz g'ildirak parraklaridan o'tganda g'ildirakning markaziy qismida siyraklashgan bosim vujudga keladi va gazning yangi qismi atmosfera bosimi ta'sirida ventilator qobig'idagi so'rish teshigi orqali o'tib, parrakli g'ildirakning markaziy qismiga kiradi. So'ngra gaz g'ildirak parraklariga uriladi va jarayon shu tarzda davom etaveradi.

Past bosimda ishlaydigan ventilatorda ish g'ildiragidagi parraklar orqa tomonga yuqori bosimda ishlaydiganlarida esa old tomonga egilgan bo'ladi. Ish g'ildiragidagi parrak sonini o'zgartirib past bosimli ventilatordan o'rta bosimli ventilator hosil qilish mumkin.

O'qli ventilator ish g'ildiragining ikkitadan to o'n oltigacha-kurakchalari bo'ladi (3.20- rasm). Kurakchalarning shakli samolyotning propelleriga o'xshaydi. O'qli ventilator reversiv qobiliyatga (ikki tomonga qarab aylanishi mumkin), ixcham va nisbatan yuqori foydali ish koeffitsiyentiga (0,7–0, 9) ega.

Havoni uzatish paytida ventilatorda hosil bo'lgan bosim (ΔR, Pa) quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\Delta P = (P_2 - P_1) + \Delta P_r + \Delta P_s + \frac{\omega^2 \rho_x}{2}, \qquad (3.43)$$

bu yerda, R_1 – ventilator havo olayotgan joydagi bosim, Pa; R_2 – ventilator havo uzatayotgan joydagi bosim, Pa; ΔR_s – so'rish liniyasidagi

bosimning yo'qolishi, Pa; ΔR_x – haydash liniyasidagi bosimning yo'qolishi, Pa; ω – ventilator tarmog'idagi chiqayotgan havoning tezligi, m/s; ρ_x – havoning zichligi kg/m^3.

Agar ventilator bilan zichligi havoning zichligidan farq qiladigan gaz uzatilsa, u holda (3.43) tenglamaning o'ng tomoniga yana ΔR_k qo'shiladi:

$$\Delta P_k = (\rho_r - \rho_x) g, \tag{3.44}$$

bu yerda, ΔR_k – birinchi kesim yuzasidan ikkinchi kesim yuzasiga gazni ko'tarish uchun sarflangan bosim, Pa; ρ_r – gazning zichligi, kg/m^3; z – so'rish va haydash balandliklarining nuqtalari o'rtasidagi ayirma, m.

Markazdan qochma ventilatorning xarakteristikasi xuddi markazdan qochma nasosnikiga o'xshash bo'ladi, shuningdek, bular nasoslar kabi mutanosiblik qonuniga bo'ysunadi. Ventilator tomonidan sarflanadigan quvvat(N, kVt) quyidagi tenglama yordamida topiladi:

$$N = \frac{Q\Delta P}{10^3 \eta} \tag{3.45}$$

bu yerda, Q – ventilatorning ish unumdorligi, m^3/s; η – ventilator uskunasining umumiy foydali ish koeffitsiyenti (0,6÷0,9); ΔR – ventilatorda hosil bo'lgan bosim, Pa.

3.8. MARKAZDAN QOCHMA KOMPRESSOR VA GAZODUVKALAR

Gazni normal bosimdan yuqori bosimgacha siqish uchun mo'ljallangan mashina *kompressor* deb yuritiladi. Gaz siqilganda unga kinetik va potensial energiya beriladi. Energiyadan foydalanish turiga asosan kompressor ikkita katta guruhga bo'linadi: 1) markazdan qochma, o'qli va oqimchali kompressorlar; 2) porshenli va rotatsion kompressorlar. Kompressor qatoriga ventilator, gazoduvka, vakuum-nasoslar ham kiradi.

Hosil bo'ladigan bosimning qiymatiga ko'ra kompressor mashinalar quyidagi turlarga bo'linadi: 1) past bosimli (0,01 MPa gacha) ventilatorlar; 2) o'rta bosimli (0,01 dan 0,3 MPa gacha) - gazoduvkalar 3) yuqori bosimli (0,3 MPa va undan katta) - kompressorlar; 4) vakuum-nasoslar (siyraklanish 0,05 MPa). Gazoduvka, ventilator va vakuum-nasosning kompressor bilan o'xshashligi – umumiy ishlash prinsipiga ega bo'lishligidir, biroq ularning tuzilishida ancha farq bor.

Markazdan qochma prinsipda ishlaydigan kompressor va gazoduvka *turbokompressor* va *turbogazoduvka* deb ataladi.

Turbokompressorning tuzilishi turbinaning tuzilishiga o'xshash. Gazni siqish jarayoni kompressor g'ildiraklarining parraklararo kanallarida va so'ngra, qo'zg'almas kanallarida (diffuzorlarda)sodir bo'ladi. Ish g'ildiragining parraklarida gazning olgan kinetik energiyasi qo'zg'almas kanallarda tormozlanishi natijasida siqilgan gazning potensial energiyasiga aylanadi.

O'qli turbinadagi kabi o'qli turbokompressorda ham gazning harakat yo'nalishi o'qning aylanishi bilan mos tushadi. Markazdan qochma kompressorda gaz ish g'ildiragida mashina o'qiga perpendikular ravishda markazdan chetga qarab harakatlanadi va bu yerda markazdan qochma kuch ta'siriga uchraydi. Natijada markazdan qochma kompressor hosil qilgan bosimning ko'tarilish darajasi o'qli kompressordagiga qaraganda yuqori bo'ladi.

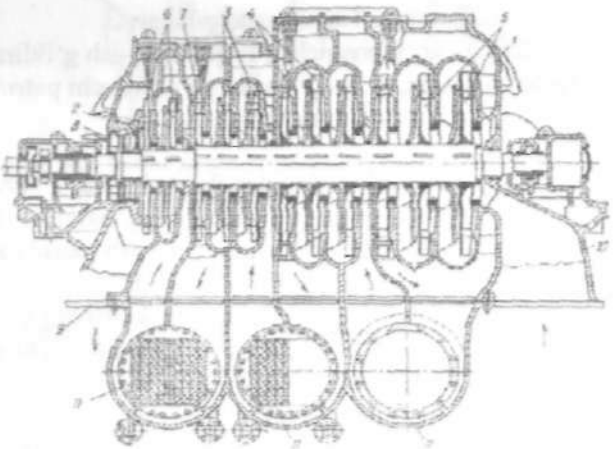
Turbokompressor g'ildiragi aylanishlar tezligining ortishi bilan uning siqish darajasi ham ortadi. Lekin ish g'ildiragi aylanishlar tezligining miqdori g'ildirak materialining mustahkamligi tufayli cheklangan bo'ladi va shunga muvofiq ravishda bir bosqichda siqish bosimining ko'tarilishi ham cheklangan. Shu sababli gazning yuqori bosimini hosil qilish uchun aylanishlar chastotasi yo'l qo'yilgan qiymatidan ortmaydi, bunda ko'p bosqichli siqish usulidan foydalaniladi.

Ko'p bosqichli kompressorlarda bosqichlar soni va shunga muvofiq ravishda ish g'ildiraklari soni gazning berilgan bosimi bilan belgilanadi. Siqilgan gazning bosimi qanchalik yuqori bo'lsa, bosqichlar soni va kompressorlar valiga to'g'ri keladigan ish g'ildiraklari soni ham tegishlicha bo'ladi. Turbokompressorlarda gazlar yuqori bosimgacha siqilganda uning harorati ko'tarilib, ko'p miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Issiqlikning yo'qolishi va tashqi muhit bilan issiqlikning almashinishi yuz bermasa, bunday sharoitda kompressor kanallarida adiabatik jarayon davom etadi. Gazning hamda turbokompressor qobig'i va ish g'ildiraklarining o'ta qizib ketishining oldini olish maqsadida qobiq devorlari suv bilan sovitiladi va bosqichlar orasiga sovitkichlar o'rnatiladi (3.21-rasm). Oraliq sovitkichlarda siqilgan gaz turbokompressorning birinchi bosqichidan ikkinchi bosqichiga o'tishida qo'shimcha soviydi. Ko'p bosqichli nasoslarda g'ildiraklarning kattaligi bir xil bo'lsa, turbokompressorlarda siqilgan gaz bosimining ko'tarilishi bilan g'ildiraklarning kattaligi kichiklashib boradi. Ko'p bosqichli

turbokompressorlar yordamida 1,5÷1,6 MPa gacha bosim hosil qilinadi.

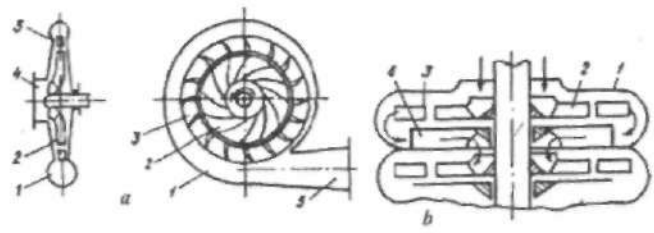
Oxirgi bosqichning yo'naltiruvchi moslamasidan chiqayotgan gazning tezligi ko'pincha 50 m/s gacha yetadi. Zamonaviy turbomashinalar ish g'ildiragi qirralaridagi gazning tezligi 400 m/s dan ortadi.

Eylerning asosiy tenglamasi turbokompressorlar uchun ham taalluqlidir, ammo mutanosiblik qonunini bular uchun qo'llab bo'lmaydi, chunki gaz siqilishi natijasida uning bosimi va zichligi o'zgaradi.



3.21-rasm. Ko'p bosqichli turbokompressor:
1–qobiq; *2, 3, 4,* 5–to'rtinchidan to birinchi pog'onagacha bo'lgan ish g'ildiraklari guruhi; *6*–qo'zgalmas yo'naltiruvchi moslamalar; *7*–harakatchan yo'naltiruvchi moslamalar; 8–porshen; *9, 10*–uzatish va so'rish patrubkalari; *11*–ko'p pog'onali sovitkichlar.

Turbokompressorlarda gazlar bir me'yorda uzatiladi, ammo foydali ish koeffitsiyenti porshenli kompressorlarga nisbatan kamroq. Bosimi kamroq bo'lgan ko'p miqdordagi moyli, yog' aralashgan gazlarni uzatish uchun turbogaz oduvkalar ishlatiladi. Valdagi ish g'ildiraklarining soniga qarab turbogazoduvka bir va ko'p bosqichli bo'ladi (3.22-rasm, *a* va *b*). Turbogazoduvkaning qobig'idagi parrakli ish g'ildiraklari xuddi markazdan qochma nasoslarnikiga o'xshab aylanma harakat qiladi. Ish g'ildiragi yo'naltiruvchi moslamaning ichida joylashib, bunda gazning kinetik energiyasi potensial energiyaga aylanadi.



3.22- rasm. Turbogazoduvkalar:
a–bir bosqichli; *b* - ko'p bosqichli; 1–qobiq; 2–ish g'ildiragi;
3–yo'naltiruvchi moslama; 4, 5–so'ruvchi va uzatuvchi patrubkalar;
6–qaytma kanal.

Yo'naltiruvchi moslama ikkita diskdan iborat bo'lib, o'zaro bir-biri bilan g'ildirak parraklariga qarama-qarshi yo'nalgan parraklar yordamida biriktirilgan. Gaz turbogazoduvkaga so'rish patrubkasi orqali kirib, siqilgan gaz haydash patrubkasi orqali uzatiladi.

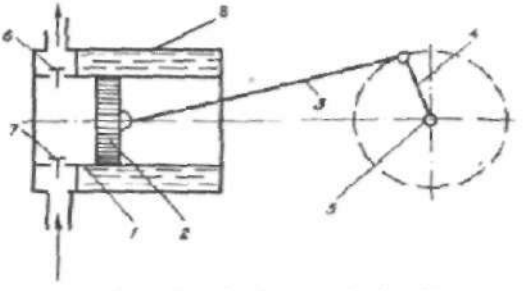
Ko'p bosqichli turbogazoduvkada ish g'ildiraklarining soni 3–4 ta bo'ladi. Bularda gaz birinchi ish g'ildiragidan yo'naltiruvchi moslama va qaytma kanal orqali keyingi ish g'ildiragiga o'tadi. Qaytma kanalda bir qancha qo'zg'almas yo'naltiruvchi qirralar bo'lib, ular yordamida o'tayotgan gaz berilgan tezlikda va yo'nalishda harakat qiladi. Turbogazoduvkalarda gaz 0,3÷0,35 MPa bosimgacha siqiladi, shuning uchun gaz sovitilmaydi. Turbogazoduvkada gazning bosimi bilan hajm orasidagi bog'lanishni indikator diagramma orqali tasvirlab bo'lmaydi.

3.9. PORSHENLI KOMPRESSORLAR

Porshenli kompressorlar siqish darajasiga qarab *bir* va *ko'p bosqichli*, shuningdek, ishlash prinsipiga ko'ra *bir* va *ikki tomonlama harakat qiluvchi* bo'ladi.

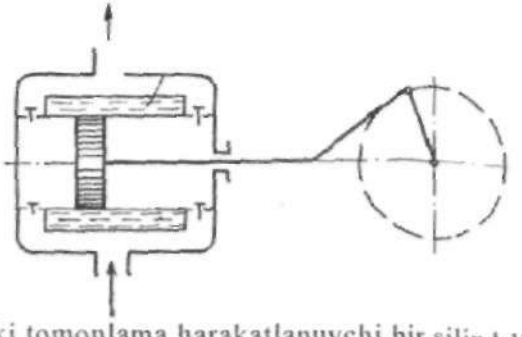
Bir bosqichli porshenli kompressorning tuzilishi xuddi porshenli nasosning tuzilishiga o'xshash (3.23-rasm). Porshen, silindr ichida o'ngga va chapga krivoship mexanizmi yordamida qaytarilma-ilgarilama harakat qiladi. Porshen silindrning ichki devoriga zich qilib o'rnatiladi va silindr bo'shlig'ini ikki qismga bo'lib turadi. Porshen chapdan o'ngga tomon ilgarilama harakat qilganda so'rish klapani ochilib silindr gazga to'ladi. Orqaga qaytganda silindrdagi gazning siqilishi natijasida bosim orta borib, uzatilish liniyasidagi bosimga teng bo'lganda, uzatuvchi

klapan ochilib gaz uzatila boshlanadi. Gaz siqilganda uning harorati ko'tariladi, qizigan gaz yog'lab turuvchi moyni kuydirib yubormasligi uchun silindrning devori suv bilan uzluksiz sovitib turiladi.



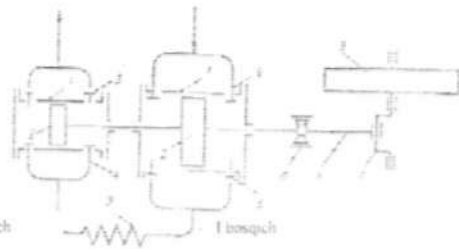
3.23- rasm. Bir tomonlama harakatlanuvchi bir silindrli kompressor: 1–silindr; 2–porshen; 3–shatun; 4–krivoship; 5–val; 6–haydash klapani. 7–so'rish klapani; 8–sovituvchi suv.

Bir bosqichli kompressorning unumdorligi kam bo'lganligi uchun ikki tomonlama harakatlanuvchi porshenli kompressorlar ko'p ishlatiladi. Bu kompressorlarda silindrdagi gaz porshenning ikkala qismida (chap va o'ng) siqiladi: ularda ikkita so'rish va ikkita uzatish klapani bor (3.24-rasm). Porshen krivoship-shatunli mexanizm yordamida ilgarilama harakat qiladi. Val bir marta aylanganda silindrga gaz ikki marta so'riladi va ikki marta uzatiladi. Kompressorning unumdorligi bir tomonlama ishlaydigan kompressornikiga qaraganda deyarli ikki marta ko'p. Bir bosqichli kompressorning unumdorligini oshirish hamda gazning siqilish darajasi 0,4÷0,6 MPa bo'lishi uchun ko'p silindrli bir va ikki tomonlama siqadigan



3.24- rasm. Ikki tomonlama harakatlanuvchi bir silindrli kompressor.

kompressorlar ishlatiladi. Bu kompressorda gaz birinchi silindrdan keyingi silindrga o'tgan sari bosim ko'tarila boshlaydi. Kompressorning parsheni umumiy bir ish valiga o'rnatilgan bo'ladi. Gaz siqilishi natijasida uning harorati bir silindrdan ikkinchi silindrga o'tganida ortib boradi.



3.25-rasm. Ikki silindrli bir tomonlama harakatlanuvchi kompressor: 1–silindr; 2–porshen; 3, 4–so'ruvchi va uzatuvchi klapanlar; 5–shatun; 6–kreytskopf; 7–krivoship; 8–maxovik; 9–sovitkich.

Shu sababli ikkita silindr orasiga sovitkichlar o'rnatiladi. 3.25-rasmda ikki silindrli gazni bir tomonlama siqadigan kompressorning ishlash prinsipi ko'rsatilgan. Bu kompressorda porshenlar parallel ishlaydi va silindr ketma-ket yoki parallel bitta o'qqa o'rnatiladi.

Odatda porshenli kompressorda siqish bosqichlarining soni 7 dan ortmaydi. Haqiqiy kompressorlarda biror holatni egallagan porshen bilan silindr qopqog'i orasida doimo muayyan hajm qoladi va u qoldiq hajm deyiladi. Qoldiq hajm silindr hajmining 3–5 % ini tashkil qiladi va u ortishi bilan kompressorning unumi pasayadi. Gaz uzatilgandan keyin u yana so'rilishi uchun va qoldiq hajmda qolgan siqilgan gazning bosimi so'rish vaqtidagi siqilmagan gazning bosimiga teng bo'lishi uchun u kengayishi kerak. Bir tomonlama harakat qiluvchi, ya'ni oddiy bir bosqichli porshenli kompressorning ish unumdorligi (Q, m^3/s) quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Q = \lambda \frac{FSn}{60}, \qquad (3.46)$$

bu yerda, λ – uzatish koeffitsiyenti; F – porshen yuzasi, m^2; S – porshen yo'lining uzunligi, m; n – aylanish chastotasi, ayl/min.

Ko'p bosqichli kompressorning ish unumdorligi birinchi bosqichning unumdorligi orqali aniqlanadi.

Uzatish koeffitsiyenti:

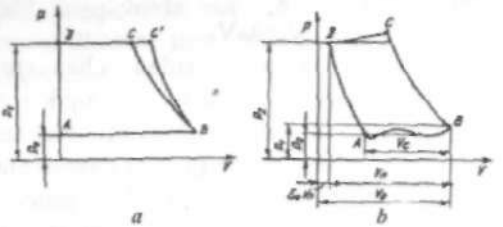
$$\lambda=(0,8\div0,95)\lambda_0, \qquad (3.47)$$

bu yerda, λ_0 – hajmiy foydali ish koeffitsiyenti.

Kompressorning hajmiy foydali ish koeffitsiyenti quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\lambda_0 = 1 - \varepsilon_0 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right], \qquad (3.48)$$

bu yerda, $\varepsilon_0 = 0{,}03 \div 0{,}08$- silindrdagi qoldiq hajmni porshenning harakati paytida hosil bo'lgan hajmga nisbati; m=1,2÷1,35 qoldiq hajmdagi siqilgan gazning kengayish politropi ko'rsatkichi.



a *b*

3.26-rasm. Bir bosqichli porshenli kompressorning indikator diagrammasi:
a – ideal kompressor; *b* – haqiqiy kompressor.

Porshenli kompressorning ishlashini tekshirib turish uchun indikator diagrammasi tuziladi (3.26-rasm). Bu diagramma porshenning bir marotaba ilgarilama-qaytma harakati natijasida so'rilgan va haydalgan gazning bosimi va hajmi o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi.

Avvalo ideal kompressorning indikator diagrammasini ko'rib chiqamiz. Bunda porshenning chapdan o'ngga qarab harakati boshlanishi bilanoq so'rish boshlanadi (3.26-rasm, *a*). *AV* gorizontal chizig'i gazni so'rish jarayonini, *VS* chizig'i silindrdagi gazni bosimning qiymati R_0 dan R_1 gacha siqish jarayonini (*VS* – izotermik siqish, *VS`* – adiabatik siqish), *SD* – gorizontal chizig'i gazni haydash jarayonini ko'rsatadi.

Haqiqiy kompressorning indikator diagrammasi 3.26- rasm, *b* da berilgan. D nuqta porshenning chap tomonga siljigandagi eng chekka holatini belgilaydi. Haqiqiy kompressorlarda bu nuqta hech vaqt silindrning qopqog'iga zich tegib turmaydi. Silindr qopqog'i va porshenning chap tomonidagi eng chekka holatini egallagan payda hosil bo'lgan bo'shliq qoldiq hajm deb ataladi. Bu qoldiq hajm $\varepsilon_0 V_n$ ga teng, bu yerda V_n silindrning ish hajmi.

Porshen chap holatdan o'ngga qarab harakatlanganda qoldiq hajmdagi gazning kengayishi boshlanadi. Bu jarayon (*DA* chizig'i) hajmning ko'payishi va bosimning kamayishi bilan xarakterlanadi va silindrdagi bosimning qiymati R_o so'rish quvuridagi bosim R_1 dan biroz kamroq bo'lganda to'xtaydi. Porshenning L nuqtasiga to'g'ri kelgan holatida R_1-R_2 bosimlar farqi ta'sirida so'rish klapani ochiladi va gaz kompressorga kiradi. So'rish jarayoni (*AV* chizig'i) porshenning o'ng tomondagi eng chekka *V* nuqtasini egallaguncha davom etadi. So'rilayotgan gazning hajmi.

V_s *AB* chizig'ining uzunligiga mutanosib bo'lib, quyidagi ifoda yordamida topiladi:

$$V_c=\lambda_0 V_n.$$

Porshen eng chekka o'ng holatdan chap tomonga qarab harakatlanganda so'rish klapani yopiladi va politropik siqish boshlanadi (*VS* chizig'i). Bu politropik siqish jarayoni haydash quvuridagi bosimning qiymati R_2 dan bir oz ko'payguncha davom etadi. Bu holatda (*S* nuqtasida) haydash klapani ochiladi. Haydash jarayoni *SD* chizig'i bo'yicha boradi. *SD* chizig'ining uzunligi haydalgan gazning hajmiga mutanosibdir.

Berilgan miqdordagi gazni (*G*, kg) 1 soat davomida dastlabki bosim R_1 dan oxirgi bosim R_2 gacha adiabatik siqish uchun bir bosqichli kompressor dvigatelining iste'mol quvvati (N_{DB}, kVt) quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$N_{DB}=\frac{GL_{ad}}{3600\cdot 1000\eta}=\frac{G(i_2-i_1)}{3600\cdot 1000\eta}, \qquad (3.49)$$

bu yerda, i_1 va i_2 gazning boshlang'ich va oxirgi entalpiyasi (yoki issiqlik ushlashligi), J/kg; η – kompressor uskunasining umumiy foydali ish koeffitsiyenti. Porshenli kompressor yuqori foydali ish koeffitsiyentiga ega bo'lib, uning yordamida gazlarni keng intervalda 100 MPa bosimgacha siqish mumkin. Gazning bir me'yorda uzatilmasligi, unumdorligining pastligi va klapanlarining ko'pligi porshenli kompressorning kamchiligidir.

3.10. ROTORLI KOMPRESSORLAR

Bu kompressorlar ham porshenli kompressorlar singari, ish bo'shlig'i hajmining kamayishi prinsipida ishlaydi. Rotorli kompressorlar konstruktiv belgilariga ko'ra plastinali, yumalaydigan rotorli, suv halqali, gazoduvka va ikki rotorli kompressorlarga bo'linadi.

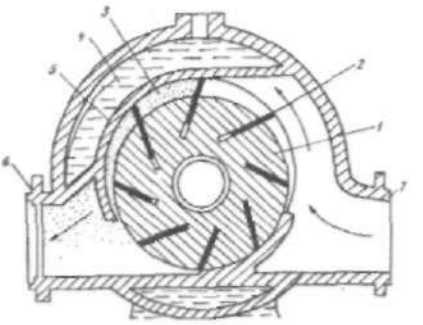
Plastinali kompressor plastinali nasoslar kabi ishlaydi, ular *bir bosqichli* va *ikki bosqichli* bo'ladi.

Plastinali rotorli kompressorning so'rish vaqtidagi unumdorligi quyidagicha aniqlanadi:

$$V = 2len\lambda(\pi Dl - \delta z), \qquad (3.50)$$

bu yerda, l – plastinaning uzunligi, m; e – rotorning ekssentriteti, m; n – rotorning aylanishlar chastotasi, 1/s yoki s^{-1}; D – qobiqning ichki diametri, m; δ – plastina qalinligi, m; z – plastinalar soni, z = 30–40 tagacha bo'ladi; λ – uzatish koeffitsiyenti.

Bir bosqichli rotorli plastinali kompressorda gaz 0,25÷0,5 MPa bosimgacha, ikki bosqichlida esa 0,8÷1,5 MPa bosimgacha siqiladi. Bunday kompressorlardan past bosim va katta unumdorlik olish maqsadida foydalaniladi.



3.27- rasm. Plastinali rotorli kompressor:
1–rotor; 2–sirpanadigan plastinalar; 3–rotor bilan qobiq orasidagi bo'shliq; 4–sovituvchi suv bo'shlig'i; 5–qobiq; 6–haydash quvuri; 7–so'rish quvuri.

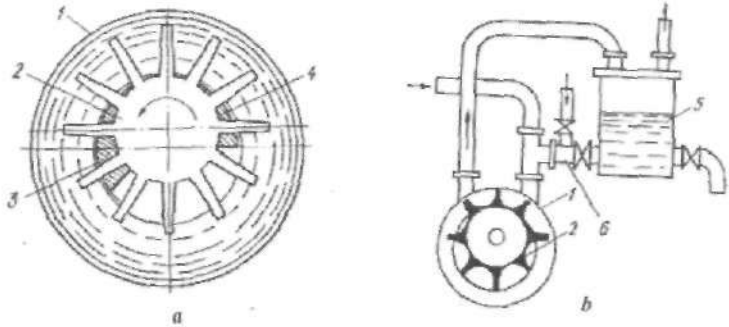
3.27-rasmda plastinali rotorli kompressorning chizmasi ko'rsatilgan. Qobiqda ekssentrik ravishda rotor joylashgan, uning o'yilgan joylarida radial yo'nalishda oson sirpanadigan plastinalar bo'lib, ular rotor bilan qobiq orasidagi o'roqsimon bo'shliqni bir necha qismga bo'lib turadi. So'rish patrubkasi shunday joylashganki, bu yerda plastinalar markazdan qochma kuch ta'sirida rotorning o'yilgan joylaridan chiqadi va gaz kirishi uchun ikki plastina orasidagi hajm bo'shaydi. Rotor parrakning yuqorigi holatigacha burilgan sari hajm asta-sekin orta boradi. Rotor yana burilganda plastinalar o'yilgan joylarga kira boshlaydi va plastinalar orasidagi hajm kichrayadi. Hajmni

to'ldiruvchi gazning bosimi ham tegishlicha ko'payadi. Rotor burilishi davomida bo'sh hajm haydash patrubka bo'shlig'i bilan birlashadi va bu yerdan siqilgan gaz quvur orqali gaz yig'gichga hamda iste'molchiga o'tadi. Rotor yana burilganida jarayon takrorlanadi. Kompressor ishlagan vaqtda qobig'ining devorlari qizib ketmasligi uchun suv bilan sovitib turiladi.

Rotorli kompressorning porshenli kompressorga nisbatan quyidagi afzalliklari bor: 1) o'lchamlari va og'irligi kichik, porshenli kompressorga nisbatan kam joy egallaydi; 2) krivoship-shatunli mexanizmi bo'lmagani uchun ancha ravon ishlaydi; 3) aylanishlar chastotasi katta, kompressorni harakatga keltirish uchun uni bevosita elektr dvigateliga ulash mumkin; 4) tuzilishi oddiy, detallari soni kam va arzon.

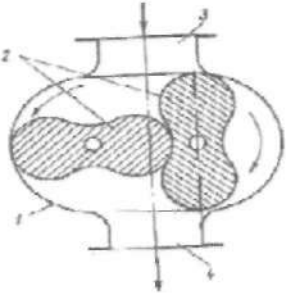
Lekin rotorli kompressorning porshenli kompressorga nisbatan muhim kamchiligi ham bor: 1) foydali ish koeffitsiyenti kichik; 2) detallari nihoyatda aniq ishlanishi tufayli ularni tayyorlash texnologiyasi ancha murakkab; 3) siqilgan gazning bosimi katta emas; 4) bir sozlashdan keyingi sozlashgacha ishlash muddati qisqa.

Suv halqachali kompressorlar. Kompressorning qobig'ida ekssentrik holda yassi kurakchalari bo'lgan rotor joylashgan (3.28-rasm). Kompressorni ishga tushirishdan oldin uning yarmigacha suv quyiladi. Rotor aylanganda suv atrofga sochilib, kompressorning qobig'i bilan rotorga nisbatan ekssentrik suv halqachalari hosil qiladi. Hajmdagi kurakchalarning pastki qismi suv halqachalaridagi suyuqlikka botirilguncha kompressorga suv quyiladi.



3.28- rasm. Suv halqachali kompressor:
a–kompressorning tuzilishi; *b*–gazlarni uzatish qurilmasi; 1–qobiq; 2–rotor; 3–uzatuvchi teshik; 4–so'rish teshigi; 5–idish; 6–kompressorni suv bilan to'ldiruvchi quyilish quvuri.

Rotor kurakchalari bilan suv halqachalari orasida yacheykalar hosil bo'ladi. Yacheykalarning hajmi rotorning birinchi yarim aylanishida kengayadi, ikkinchi yarim aylanishida esa torayadi. Yacheykalarning hajmi kengayganida gaz so'riladi va rotorning keyingi aylanishida yacheykaning hajmi torayishi natijasida gaz siqilib uzatish patrubkasi orqali uzatiladi. Bu kompressorda suv halqachalari porshen vazifasini bajaradi, chunki halqachalar vositasida ish kamerasining hajmi o'zgaradi. Shuning uchun bunday kompressorlarni suyuqlik porshenli kompressorlar ham deyiladi. Suyuqlik porshenli kompressorlar asosan gaz holatdagi xlorni uzatish uchun ishlatiladi. Bunda ellips shakldagi qobiqning yarmisigacha ish suyuqlik sifatida konsentrlangan sulfat kislota quyiladi. Rotorli suv halqachali kompressorlar juda kam ortiqcha bosim hosil qilgani (0,25 MPa gacha) sababli ular gazoduvkalar va vakuum-nasoslar sifatida ishlatiladi.



3.29- rasm. Rotatsion gazoduvka: 1–qobiq; 2–rotor; 3 va 4–so'rish va uzatish patrubkalari.

Gazoduvkalar. Rotorli gazoduvkaning qobig'idagi ikkita parallel valda barabanlar yoki porshenlar jufti aylanma harakat qiladi. Barabanlarning bittasi elektr dvigatel yordamida aylanma harakat, ikkinchisi esa unga tishlari bilan ilashib harakat qiladi (3.29-rasm). Barabanlar bir-biriga qarama-qarshi yo'nalishda aylanma harakatda bo'ladi. Barabanlar aylanganida bir-biriga va qobiq devoriga zich joylashib, ikkita bir-biridan ajratilgan kamera hosil qiladi. Pastki kamerada vakuum hosil bo'lib, unga gaz so'riladi, yuqorigi kamerada gaz siqib chiqariladi.

Rotorli gazoduvkalar daqiqaga 2÷800 m^3 gacha havo uzatadi. Uzatish koeffitsiyenti 0,8; umumiy foydali ish koeffitsiyenti 0,6÷0,7. Gazoduvkalarning tuzilishi sodda, ixcham, klapanlari bo'lmagani uchun ularda gaz bir me'yorda uzatiladi. Lekin yuqori bosim hosil qilmagani sababli kam ishlatiladi.

3.11. VAKUUM-NASOSLAR

Neft va gazni qayta ishlashning ayrim jarayonlari (masalan, haydash, bug'latish, quritish) siyraklanish (ya'ni vakuum) muhitida ham

olib boriladi. Vakuum qo'llanilganda suyuqlikning qaynashini past haroratda olib borish imkoniyati vujudga keladi. Vakuum hosil qiluvchi mashinalar *vakuum-nasoslar* deb ataladi. Ularning ishlash prinsipi va tuzilishi kompressorning ishlashi va tuzilishiga o'xshaydi.

Vakuum-nasoslar tuzilishi jihatidan kompressorlardan siqilish darajasining kattaligi bilan farq qiladi. Masalan, vakuum-nasos gazni (yoki havoni) R_1 = 0,05 at bo'lganda (ya'ni siyraklanish 95 %) so'rib olib, uni siqib, nasosdan chiqayotganda R_2=1,1 at ga yetkazsa (0,1 at miqdoridagi ortiqcha bosim quvurdagi va haydash klapanlaridagi qarshiliklarni yengish uchun sarflanadi), u holda siqish darajasi:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1,1}{0,05} = 22.$$

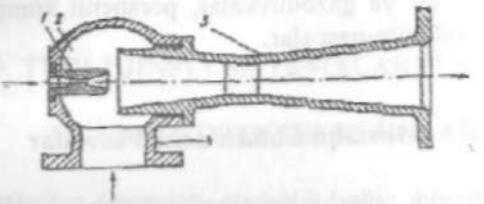
Ma'lumki, bir bosqichli porshenli kompressorlarda siqish darajasi 8 dan ortmaydi. Siqish darajasi juda yuqori bo'lishi sababli, vakuum-nasosning hajmiy koeffitsiyenti va unumdorligi birdan kamayadi. Nasosning ish hajmidan to'liq foydalanish uchun qoldiq hajmni kamaytirishga harakat qilinadi. Shuning uchun vakuum-nasosning bir necha turlarida (porshenli, rotorli) bosimlarni tenglashtirish usulidan foydalanib, uzatish koeffitsiyentining qiymati 0,8÷0,9 gacha ko'paytiriladi.

Porshenli vakuum-nasoslar. Bular *quruq* va *suyuqlik* nasoslariga bo'linadi. Quruq vakuum-nasoslar gazlarni so'rib tashqariga chiqarib tashlash uchun, suyuqlik vakuum-nasoslar esa bir vaqtning o'zida gaz va suyuqliklarni so'rib chiqarib tashlash uchun ishlatiladi.

Quruq vakuum-nasosning tuzilishi porshenli kompressorlarga o'xshash. Hajmiy koeffitsiyentini oshirish uchun bu vakuum nasosning ba'zilariga zolotnik, ya'ni taqsimlovchi mexanizm o'rnatiladi. Zolotnik yordamida siqish jarayonining oxiridagi qoldiq hajm so'rish kamerasi bilan birlashtiriladi. Bunda qoldiq hajmda bosimi R_2 bo'lgan gaz so'rish kamerasida bosimi R_1 bo'lganda gaz bilan aralashib, gazning bosimi tenglashadi. Natijada gazni so'rish jarayoni vakuum nasoslarda avvalgi holatdagidek, porshenning harakati bilan silindrga so'riladi va unumdorlik ortadi.

Suyuqlik vakuum-nasoslarida ortiqcha miqdordagi suyuqlikni chiqarib tashlash maqsadida (klapandan chiqayotgan suyuqlikning tezligi gazning harakat tezligidan kam bo'lishligi uchun) so'rish va haydash klapanlarda kattaroq bo'ladi. Shuning uchun suyuqlik vakuum-nasoslarida qoldiq hajm egallagan qismi katta bo'lib, ular quruq vakuum-nasoslarga nisbatan kam siyraklanish beradi. Suyuqlik vakuum-

nasoslarda zolotniklar bo'lmaydi.



3.30-rasm. Ingichka oqimli bug' vakuum-nasosi:
1 – bug' soplosi; 2 – aralashish kamerasi; 3 – diffuzor;
4 – so'rish patrukasi.

Rotor plastinali va suv halqachali vakuum-nasoslar. Bu *nasoslar* konstruktiv jihatdan xuddi 3.27- va 3.28-rasmlardagi kompressorlarga o'xshash. Rotorli vakuum-nasoslarda qoldiq hajm maxsus kanal yordamida past bosimli kamera bilan birlashtirilib, gazning bosimi tenglashtiriladi. Bunda vakuum-nasosning hajmiy koeffitsiyenti va unumdorligi ortadi.

Suv halqachali vakuum-nasoslarda hosil bo'lgan siyraklanish miqdori nasosga quyiladigan ish suyuqligining parsial bosimiga va haroratiga bog'liq. Suyuqlik haroratining ortishi bilan siyraklanish miqdori kamayadi. Shu sababli suv *halqachali vakuum-nasoslarga past haroratli suyuqlik quyiladi.*

Ingichka oqimli vakuum-nasoslar. Ularning ishlash prinsipi xuddi suyuqlik uzatuvchi ingichka oqimli nasoslarnikiga o'xshaydi. Ingichka oqimli vakuum-nasoslarda ish suyuqligi sifatida bug' ishlatiladi (3.30- rasm). Bunday nasoslar kislota bug'larini so'rib olish uchun ishlatiladi. Katta va chuqur vakuum olish uchun ko'p bosqichli ingichka oqimli vakuum-nasoslardan foydalaniladi.

Tayanch so'z va iboralar

Gidravlik mashina, nasosning umumiy bosimi, nasosning so'rish balandligi, nasoslarning xarakteristikalari, nasosning universal xarakteristikasi, mutanosiblik qonuni, kavitatsiya hodisasi, nasosning ish nuqtasi, nasosning ish unumdorligi, uzatish koeffitsiyenti, markazdan qochma nasoslar, porshenli nasoslar, tishli nasoslar, plastinali nasoslar, ingichka oqimli nasoslar, propellerli nasoslar, gaz holatining T-V diagrammasi, gazlarning siqish jarayonining T-S diagrammasi, gazlarni

izotermik siqish jarayoni, gazlarni adiabadik siqish jarayoni, gazlarni politropik siqish jarayoni, markazdan qochma ventilator, markazdan qochma kompressor va gazoduvkalar, porshenli kompressorlar, rotorli kompressorlar, vakuum-nasoslar.

Mustaqil ishlash uchun savollar

3.1. Gidravlik mashinalarning umumiy turlari. Nasoslar va kompressorlar qanday kattaliklar bilan xarakterlanadi ?

3.2. Nasoslarning bosimi va so'rish balandligi o'rtasida qanday farq va umumiylik bor?

3.3. Markazdan qochma nasosning ishlashi va uning universal xarakteristikasi o'rtasida qanday bog'liqlik mavjud ? Bunday nasos uchun mutanosiblik qonunining mazmuni nimadan iborat ?

3.4. Porshenli va plunjerli nasoslarning o'xshashligi. Bunday nasoslarning haqiqiy ish unumdorligini qaysi tenglama orqali aniqlash mumkin?

3.5. Tishli, plastinali, vintli, ingichka oqimli, propellerli, uyurmali nasoslarning asosiy farqlari nimalardan iborat?

3.6. Montejyu va erliftlar o'rtasida qanday umumiylik va farq bor?

3.7. Gazlarni izotermik, adiabatlik va politropik siqishda bajarilgan solishtirma ish va tashqi muhitga tortib olinishi lozim bo'lgan issiqlik miqdorlari qaysi tenglamalar yordamida aniqlanadi?

3.8. Ventilator qanday maqsadlar uchun ishlatiladi? Ularning asosiy ko'rsatkichlari qaysi tenglamalar orqali topiladi?

3.9. Turbokompressorlar va turbogazoduvkalarning ishlash prinsipi. Ularning umumiy va xususiy tomonlari.

3.10. Ideal va haqiqiy poroshenli kompressorlarning indikator diagrammalari o'rtasida qanday farq bor?

3.11. Rotorli kompressorlarning turlari. Ularning afzalliklari va kamchiliklari nimalardan iborat?

IV bob. TURLI JINSLI SISTEMALARNI AJRATISH

4.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Har xil fazalardan (masalan, suyuqlik-qattiq modda, suyuqlik-gaz va hokazo) tashkil topgan aralashmalar turli jinsli sistema deb ataladi. Ko'pchilik turli jinsli sistemalar ishlab chiqarish sharoitida texnologik jarayonlarni amalga oshirish paytida hosil bo'ladi. Har qanday turli jinsli sistema ikki yoki undan ko'p fazalardan tashkil topgan bo'ladi. Zarrachalari juda maydalangan holatdagi faza dispers yoki ichki faza deyiladi. Dispers faza zarrachalarini o'rab olgan faza esa dispersion yoki tashqi faza deyiladi.

Fazalarning fizik holatiga ko'ra turli jinsli sistemalar quyidagi guruhlarga bo'linadi: suspenziyalar, emulsiyalar, ko'piklar, changlar, tutunlar, tumanlar.

Suyuqlik va qattiq modda zarrachalaridan tashkil topgan aralashmalar suspenziya deyiladi. Qattiq modda zarrachalarining o'lchamiga ko'ra suspenziyalar shartli ravishda quyidagi turlarga bo'linadi: dag'al suspenziyalar (zarrachalar o'lchami 100 mkm dan ortiq); mayin suspenziyalar (zarrachalar o'lchami 0,5÷100 mkm); loyqasimon suspenziyalar (zarrachalar o'lchami 0,1÷0,5 mkm atrofida); kolloid eritmalar (zarrachalar o'lchami 0,1 mkm dan kichik).

Emulsiyalar ikki xil o'zaro aralashtirilgan suyuqliklardan iborat bo'lib, bunda birinchi suyuqlikning ichida ikkinchi suyuqlikning tomchilari tarqatilgan bo'ladi. Dispers faza zarrachalarining keng intervalda o'zgarishi mumkin. Odatda emulsiya og'irlik kuchi ta'sirida qatlamlarga ajralib ketishi mumkin. Agar tomchining o'lchami ancha kichik (0,4÷0,5 mkm dan kam) bo'lsa yoki stabilizatorlar qo'shilgan holda emulsiyalar turg'un bo'ladi. Dispers fazaning konsentratsiyasi ortishi bilan fazaning inversiyasi (ya'ni o'zaro almashinishi) sodir bo'lishi mumkin.

O'z tarkibida gaz pufakchalari bo'lgan suyuq sistemalar ko'piklar deb ataladi. Suyuqlik – gaz sistemasi o'zining xossalariga ko'ra emulsiyalarga yaqin turadi. Bir qator gidromexanik va modda almashinish uskunalarida (barbotajli skrubber, g'alvirsimon tarelkali absorber va hokazo) suyuqlik qatlamidan gazning o'tish jarayonida

ko'pikli qatlamlar hosil bo'ladi.

O'z tarkibida qattiq moddaning mayda zarrachalarini tutgan gaz sistemalariga changlar deb ataladi. Chang odatda qattiq moddalarni mexanik usullar bilan maydalash va ularni bir joydan ikkinchi joyga uzatish paytida hosil bo'ladi. Chang tarkibidagi qattiq zarrachalar o'lchami 5÷100 mkm oralig'ida bo'ladi.

Tutunlar tarkibida o'lchami 0,3÷5 mkm ga teng bo'lgan qattiq modda zarrachalari bo'ladi. Tutunli bug' (yoki gaz) larning suyuq yoki qattiq holatga kondensatsiyalash yo'li bilan o'tishida tutunlar hosil bo'ladi. Bundan tashqari, tutunlar qattiq yonilg'ilarning yonishi paytida ham paydo bo'ladi.

Tumanlar suyuq va gaz fazalaridan tashkil topgan bo'ladi. Masalan, suv bug'larini havo yordamida sovitish jarayonida bug'ning kondensatsiyalanishi natijasida tuman hosil bo'ladi. Tuman tarkibidagi suyuqlik zarrachalarining o'lchami 0,3÷3 mkm ga teng.

Chang, tutun va tumanlar aerodispers sistemalar (yoki aerozollar) deb yuritiladi.

Texnikada turli jinsli sistemalarni tashkil etuvchi fazalar yoki komponentlarga ajratishga to'g'ri keladi. Ajratish usullarini tanlashda turli jinsli sistemani tashkil etuvchi fazalarning holatiga (suyuq, qattiq va gazsimon), qattiq yoki suyuq zarrachalarning o'lchamiga, fazalar o'rtasidagi zichliklar farqiga, muhitning qovushoqligiga ahamiyat berish kerak.

Neft-gazni qayta ishlash texnologiyasida turli jinsli sistemalarni ajratish uchun quyidagi gidromexanik usullardan foydalaniladi: 1) cho'ktirish, 2) filtrlash, 3) sentrifugalash, 4) suyuqlik yordamida ajratish.

Turli jinsli sistemalarni texnikada ajratish uchun gravitatsion, markazdan qochma kuch va elektr maydonlaridan hamda suyuqlik va gazlardagi yuza kuchlari bosimi maydonidan foydalaniladi.

Og'irlik kuchi, inersiya kuchlari (jumladan, markazdan qochma kuch) yoki elektrostatistik kuchlar yordamida suyuqlik va gazsimon turli jinsli sistemalar tarkibidagi qattiq yoki suyuq zarrachalarni ajratish cho'ktirish deb ataladi. Agar cho'ktirish og'irlik kuchi ta'sirida olib borilsa, bu jarayon tindirish deb yuritiladi. Tindirish asosan turli jinsli sistemalarni birlamchi ajratish uchun ishlatiladi.

Filtrlash-suyuq va gazsimon aralashmalarni g'ovaksimon to'siq (filtr) yordamida ajratishdan iborat. Bu jarayonda g'ovaksimon to'siq suyuqlik yoki gazni o'tkazib yuboradi, muhitdagi qattiq modda

zarrachalarini esa ushlab qoladi. Filtrlash bosim yoki markazdan qochma kuch ta'sirida olib boriladi va asosan suspenziya hamda changlarni to'la tozalash uchun ishlatiladi.

Sentrifugalash – suspenziya va emulsiyalarni markazdan qochma kuchlar ta'sirida yaxlit yoki g'ovaksimon to'siqlar yordamida ajratishdan iborat.

Suyuqlik yordamida ajratish usuli deb gaz tarkibida bo'lgan qattiq zarrachalarni biror suyuqlik ishtirokida ushlab qolish jarayoniga aytiladi. Bu jarayon og'irlik yoki inersiya kuchlari ta'sirida olib boriladi va gazlarni tozalash uchun ishlatiladi. Ayrim hollarda bu usuldan suspenziyalarni ajratishda ham foydalanish mumkin.

Turli jinsli sistemalarni ajratishning yuqorida bayon etilgan usullari sanoatda cho'ktirgichlar, chang cho'ktiruvchi kameralar, filtrlar, siklonlar, gidrosiklonlar, sentrifugalar, elektrofiltrlar, skrubberlar va shu kabi uskunalarda olib boriladi.

4.2. OG'IRLIK KUCHI TA'SIRIDA CHO'KTIRISH

Cho'ktirish usuli suspenziya, emulsiya va changli gazlarni ajratish uchun ishlatiladi. Cho'ktirish tezligi kichik bo'lgani sababli, bu usul asosan turli jinsli sistemalarni birlamchi ajratish uchun qo'llaniladi. Cho'ktirish jarayoni changli gazlar, suspenziya va emulsiyalar tarkibidagi mayda qattiq zarrachalarning og'irlik kuchi ta'sirida uskuna tubiga cho'kishiga asoslangan. Og'irlik kuchi ta'sirida cho'ktirish jarayoni tindiruvchi uskunalarda olib boriladi.

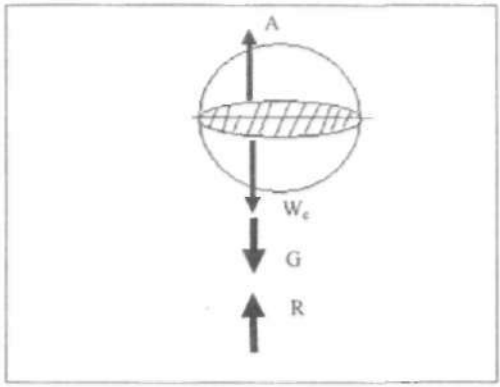
Cho'kish tezligini aniqlash. Buning uchun alohida olingan sharsimon qattiq zarrachaning suyuqlik muhitida erkin cho'kishini tekshiramiz. Bunda zarrachaga og'irlik kuchi G, ko'tarish kuchi A va muhitning qarshilik kuchi R ta'sir qiladi (4.1-rasm). Cho'kish jarayonining harakatlantiruvchi kuchi rolini og'irlik va ko'tarish kuchlari o'rtasidagi farq, ya'ni zarrachaning suyuqlikdagi og'irligi bajaradi:

$$P=G-A=\frac{\pi d^3}{6} g (\rho_q-\rho_m), \qquad (4.1)$$

Muhitning qarshiligi R zarracha yo'nalishiga qarama-qarshi bo'lib, ishqalanish va inersiya kuchlaridan tarkib topgan. Laminar oqimda ishqalanish kuchlari inersiya kuchlariga nisbatan katta bo'ladi. Stoks qonuniga ko'ra, laminar rejimda sharsimon zarrachaning cho'kishida muhitning qarshilik kuchi R quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$R = 3\,\pi d\mu W_e, \qquad (4.2)$$

bu yerda, μ – muhitning dinamik qovushoqligi, Pa·s; W_e – zarrachaning erkin cho'kish tezligi, m/s.



4.1-rasm. Cho'kayotgan zarrachaga ta'sir qilayotgan kuchlar:
G – og'irlik kuchi; A-ko'tarish kuchi; R-qarshilik kuchi;
W_e-zarrachining erkin cho'kish tezligi.

Cho'kayotgan zarracha dastlab tezroq cho'kadi, bir oz vaqt o'tgach, muhitning qarshilik kuchi harakatlantiruvchi kuchga tenglashganda, o'zgarmas tezlik bilan bir xilda cho'ka boshlaydi. Shu o'zgarmas tezlik cho'kish tezligi deyiladi.

Demak, zarracha o'zgarmas tezlikka ega bo'lganda P=R bo'lib qoladi. P va R ning qiymatlarini tenglashtirib quyidagilarni olamiz:

$$\frac{\pi d^3}{6}\, g\,(\rho_q - \rho_m) = 3\,\pi d\mu W_e,$$

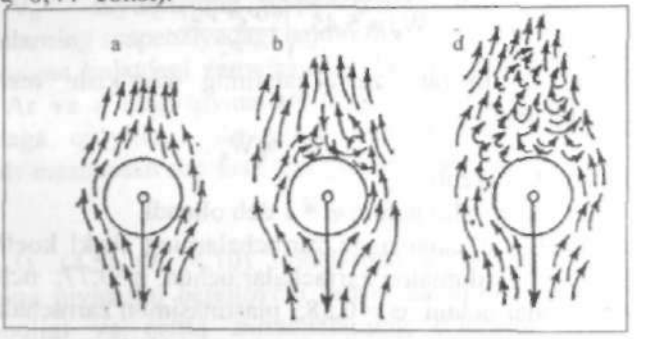
bu yerdan cho'kish tezligi

$$W_e = \frac{d^2 g(\rho_q - \rho_m)}{18\mu}. \qquad (4.3.)$$

(4.3) ifoda Stoks tenglamasi deb yuritiladi va Re≤2 bo'lganda ishlatiladi.

4.2-rasmda qattiq sharsimon zarrachaning suyuqlikdagi harakati ko'rsatilgan. Tezlik va zarrachaning o'lchami kichik bo'lganda yoki muhitning qovushoqligi katta bo'lganda, zarracha suyuqlikning chegara qatlami bilan qoplangan bo'ladi, bunday holatda oqim zarrachani silliq aylanib o'tadi (4.2-rasm, a). Laminar rejimda oqimning energiyasi asosan ishqalanish qarshiligini yengishga sarflanadi. Oqimning

turbulentligi ortishi bilan (masalan, jism harakati tezligining ko'payishi) inersiya kuchlarining ta'siri sezila boshlaydi. Ushbu kuchlar ta'sirida qattiq zarracha yuzasidagi chegara qatlam buziladi, oqibat natijada zarrachaning orqa tomoni atrofida tartibsiz mahalliy uyurmalar paydo bo'ladi (4.2-rasm, b). Reynolds mezoni ma'lum qiymatlarga ega bo'lgandan so'ng, ya'ni rivojlangan turbulent rejimda (4.2-rasm, d) ishqalanish qarshiligini hisobga olmasa ham bo'ladi, chunki bunda asosiy kuchni zarrachaning old tomonidagi qarshilik tashkil etadi. Bunday sharoitda avtomodel rejimi boshlanadi. Rivojlangan turbulent (yoki avtomodel) rejimda muhitning qarshilik koeffitsiyenti o'zgarmas bo'ladi (ξ=0,44=const).



4.2-rasm. Qattiq sharsimon zarrachning suyuqlikdagi harakati:
a – laminar oqim; b – oraliq oqim; d – turbulent oqim.

Turbulent rejimda (Re>500) zarrachaning orqa tomonida uyurma oqimlar paydo bo'ladi va shu bilan birgalikda biroz siyraklanish yuz beradi; bu holat muhit qarshiligining ko'payishiga olib keladi va oqibat natijada zarrachaning cho'kish tezligi sekinlashadi.

Turbulent rejimda (Re>500 bo'lganda) inersiya kuchlari ishqalanish kuchlaridan ustun turadi. Bunda qarshilik kuchi R Nyuton qonuniga ko'ra topiladi:

$$R = \xi G' \frac{\rho_s W_r^2}{2} \qquad (4.4.)$$

bu yerda, ξ – qarshilik koeffitsiyenti; G' – zarrachaning harakat yo'nalishiga bo'lgan tekislikka tushirilgan proeksiyasi.

Qarshilik koeffitsiyentining qiymati Re ning son qiymatiga ko'ra aniqlanadi:

agar $Re \leq 2$ bo'lganda $\xi = \frac{24}{Re}$;

agar $500 > Re < 2$ bo'lganda $\xi = \frac{18,5}{Re^{0,6}}$;

agar $Re > 500$ bo'lganda $\xi = 0,44$.

Sharsimon zarracha uchun $G' = \frac{\pi d^2}{4}$.

Turbulent rejim uchun quyidagi tenglikni yozish mumkin:

$$\frac{\pi d^3}{6} g (\rho_q - \rho_m) = \xi G' \frac{\rho_M W_s^2}{2}.$$

g, ξ va G' ning qiymatlarini oxirgi tenglamaga qo'ygandan so'ng, cho'kish tezligini aniqlash uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$W_e = 5,45 \sqrt{\frac{d(\rho_q - \rho_M)}{\rho_m}}. \quad (4.5)$$

Sharsimon bo'lmagan zarrachalarning cho'kish tezligi W^1 quyidagicha aniqlanadi:

$$W' = \varphi W_e . \quad (4.6)$$

φ– shakl koeffitsiyenti.

Sharsimon zarrachalar uchun $\varphi = 1$ deb olinadi.

Boshqa, sharga o'xshamagan zarrachalarning shakl koeffitsiyenti $\varphi<1$ bo'ladi. Masalan: dumaloq zarrachalar uchun $\varphi=0,77$; uchburchak shakldagi zarrachalar uchun $\varphi = 0,58$; plastinasimon zarrachalar uchun $\varphi = 0,43$.

Yuqoridagi (4.3), (4.5), (4.6) tenglamalar orqali erkin cho'kish tezligi, ya'ni alohida olingan zarrachaning suyuqlik yoki gaz muhitidagi erkin cho'kishi aniqlanadi.

Haqiqiy sharoitlarda cho'ktirish jarayoni ma'lum hajmda, qattiq zarrachalarning konsentratsiyalari katta bo'lganda olib boriladi. Bunda siqilgan holatdagi cho'kish yuz beradi. Siqilgan holatdagi cho'kish tezligi erkin cho'kish tezligidan kichik bo'ladi, ya'ni $W_{ch}<W_e$, chunki siqilgan holatdagi cho'kishda umumiy qarshilik muhitning qarshiligi va zarrachalarning o'zaro bir-biriga ishqalanishi hamda urilishi natijasida hosil bo'lgan qarshiliklar yig'indisiga teng bo'ladi.

Taxminiy hisoblashlar uchun siqilgan holatdagi cho'kish tezligini (ya'ni haqiqiy cho'kish tezligini) olingan sharsimon zarracha nazariy cho'kish tezligining yarmiga teng deb olinadi:

$$W_{ch} = 0,5 W_e \quad (4.7)$$

Noto'g'ri shaklga ega bo'lgan zarrachalar uchun W_e ni hisoblash paytida d ning o'rniga d_e olinadi:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}} , \quad (4.8)$$

bu yerda, d_e – ekvivalent diametr; V – cho'kayotgan zarrachaning hajmi.

Hamma rejimlar uchun siqilgan holatdagi cho'kish tezligini aniqlashda quyidagi umumiy tenglamadan foydalaniladi:

$$Re = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0,6\sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}}, \qquad (4.9)$$

bu yerda, $Re = \frac{W_c d \rho_s}{\mu}$ – Reynolds mezoni;

$Ar = \frac{d^3 \rho g(\rho_q - \rho_s)}{\mu^2}$ – Arximed mezoni;

$\varepsilon = \frac{V_0 - V}{V_0}$ – suyuqlikning suspenziyadagi hajm jihatdan olingan ulushi: V_0 – suyuqlikning suspenziyadagi hajmi, m^3; V – qattiq zarrachalarning suspenziyadagi hajmi, m^3.

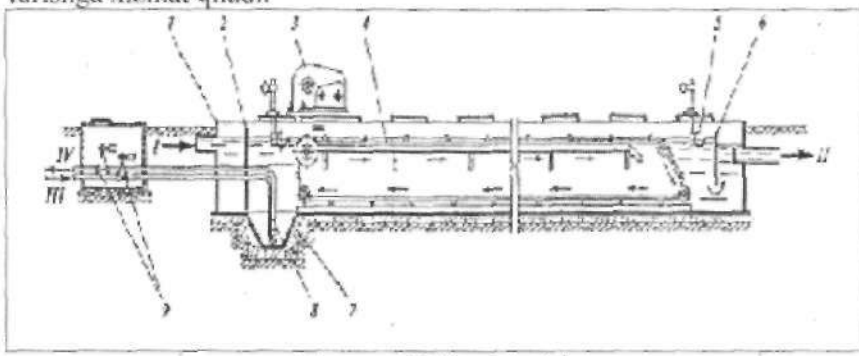
Siqilgan holatdagi zarrachaning cho'kish tezligini aniqlash uchun avvalo Ar va ε ning qiymatlari topiladi, so'ngra bu qiymatlar (4.9) tenglamaga qo'yilib, Re ning miqdori hisoblanadi. Keyinchalik Reynolds mezonidan cho'kish tezligi aniqlanadi:

$$W_{ch} = \frac{Re\mu}{\rho_{s.l} d}. \qquad (4.10)$$

(4.3), (4.5) va (4.10) ifodalardan ko'rinib turibdiki, cho'kish tezligining qiymatini belgilovchi asosiy kattaliklar qatoriga muhitning qovushoqligi va qattiq zarrachalarning o'lchami kiradi. Cho'kish jarayonini jadallashtirish uchun ko'pincha suspenziyaning harorati texnologik jihatdan mumkin bo'lgan darajagacha qizdiriladi, chunki haroratning ko'tarilishi bilan qovushoqlik pasayadi, natijada cho'kish jarayoni tezlashadi. Bundan tashqari, cho'kish jarayonini jadallashtirish uchun qattiq zarrachalarni koagulyatsiya qilish ham yaxshi natija beradi. Zarrachalarning o'lchamini koagulatsiya yo'li bilan kattalashtirish uchun odatda suspenziyaga koagulantlar qo'shiladi. Suspenziyaga koagulantlar qo'shilganda molekulalarning o'zaro tortishish kuchlari ta'sirida mayda zarrachalar birlashib, katta-katta konglomeratlar hosil qiladi, oqibat natijada cho'kish tezlashadi.

Tindirish uskunalari. Neft-gazni qayta ishlash va neft kimyosi korxonalarida turli tuzilishga ega bo'lgan tindirish uskunalari (neft ushlagichlar, tindirgichlar, qum ushlagichlar, gaz separatorlari va hokazo) qo'llaniladi. 4.3-rasmda tarkibida neftni ushlagan oqova suvlarni neftdan tozalash uchun mo'ljallangan tindirish uskunasi (neft ushlagich) ko'rsatilgan. Uzluksiz ishlab turishlik uchun neft ushlagich eng kamida o'zaro parallel ishlaydigan ikkita seksiyadan iborat bo'ladi.

Har bir seksiyaning qobig'i (1) bo'lib, uning ichida kurakli transportyor (4) joylashgan bo'ladi. Ushbu transportyor uzatma (3) yordamida harakatga keltiriladi va oqova suv tarkibidan yuzaga ajralib chiqqan neft mahsulotlarini yig'ib hovuzcha (7) ga tushiradi. Oqova suv yuzasida yig'ilib qolgan neft mahsulotlarining balandligi 100 mm oshmasligi kerak. Odatda kurakli transportyor sakkiz soat davomida bir marta harakatga keltiriladi. G'alvirsimon to'siq (2) oqimning uskuna ko'ndalang kesimi bo'yicha bir me'yorda taqsimlanishiga yordam beradi, yaxlit to'siq (6) esa toza suv qatlamini tindirish qismidan ajratib turishga xizmat qiladi.

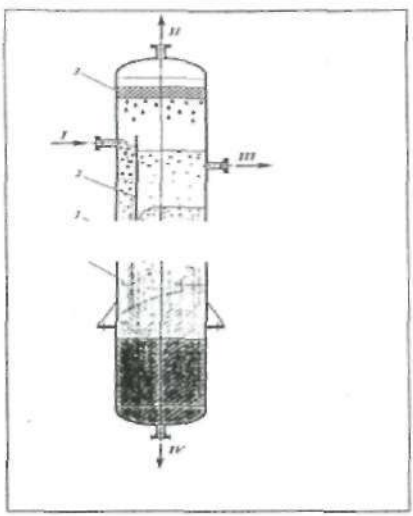


4.3-rasm. Neft ushlagich:
1–qobiq; 2–g'alvirsimon to'siq; 3–kurakli transportyorning uzatmasi; 4–kurakli transportyor; 5–neftni yig'uvchi quvur; 6–to'siq; 7–chuqurcha; 8–gidroelevator; 9–elektr uzatmali zadvishkalar. Oqimlar: I–oqova suv; II–tozalangan suv; III–gidroelevatorga beriladigan suv; IV–chiqindi.

Neft ushlagich qo'l kuchi bilan harakatlanib, neft tomchilarini ushlab qolishga mo'ljallangan quvurlar (5) bilan ham jihozlangan. Hovuzchadagi cho'kmalar gidroelevator (8) yordamida uzatiladi. Gidroelevatorga suvni berish va cho'kmani uzatish jarayonlari zadvijkalar (9) yordamida amalga oshiriladi. Har bir seksiyaga oqova suvlar alohida beriladi. Oqova suvlarning neft ushlagichlardagi o'rtacha tezligi 5 mm/soat ga teng bo'ladi. Sanoatda bitta seksiyaning ish unumdorligi 18, 36, 54, 81 va 198 m^3/soat ga teng bo'lgan neft ushlagichlar ishlatiladi.

4.4-rasmda vertikal gaz separatori – suv ajratgich uskunasining sxemasi berilgan. Ushbu uskuna neftni qayta ishlash qurilmalarida yengil mahsulotlar (benzin) dan suv va gazni ajratib olish uchun

ishlatiladi. Kerosinni suv va gazdan tozalash esa odatda gorizontal uskunada amalga oshiriladi. Silindrsimon uskunaning balandligi bo'yicha uchta qatlam hosil bo'ladi; toza benzin, aralashma va suv. Vertikal to'siq (2) gazning asosiy qismi ajraladigan hajmni separatorning tindirish qismidan ajratib turishga xizmat qiladi. Separatorning yuqori qismiga tomchi qaytargich (3) o'rnatilgan bo'lib u gaz oqimi bilan qo'shilib ketgan suyuqlik tomchilarini



4.4-rasm. Gazoseparator – suv ajratgichning sxemasi:
1–qobiq; 2–to'siq; 3–qaytargich. Oqimlar: I–aralashma; II–gaz;
III–benzin; IV–suv.

ushlab qolishga yordam beradi. Benzin va suvning balandligi sath o'lchovchi regulatorlar yordamida boshqarib turiladi.

Cho'ktirish uskunalarini hisoblash. Bunday hisoblashning asosiy maqsadi cho'kish yuzasini aniqlashdan iborat. Cho'ktirish natijasida ma'lum vaqt τ davomida quyuqlashtirilgan suspenziya (shlam) qatlami va balandligi h ga teng bo'lgan tozalangan suyuqlik qatlami hosil bo'ldi, deb hisoblaymiz. Cho'ktirish yuzasi G'(m^2) bo'lganda olingan toza suyuqlik hajmi hG'(m^3) ga teng bo'ladi. Vaqt birligi ichida tozalangan suyuqlik hajmi esa (V, $\frac{M^3}{c}$):

$$V = \frac{hF}{\tau}. \qquad (4.11)$$

W_E tezlik bilan cho'kayotgan qattiq zarrachalar τ vaqt davomida $W_e\tau$ masofani bosadi. Bu masofa h ga teng. Shunga ko'ra $W_e\tau = h$.

h ning qiymatini (4.11) tenglamaga qo'yib quyidagi ifodani olamiz:

$$V = \frac{W_e \tau F}{\tau} = F W_e \quad . \qquad (4.12)$$

Demak, tenglama (4.12) ga muvofiq, cho'ktirish uskunasining ish unumi cho'ktirish yuzasiga to'g'ri proporsional bo'lib, uskunaning balandligiga bog'liq emas ekan. (4.12) tenglamadan kerak bo'lgan cho'ktirish yuzasini topamiz:

$$G' = \frac{V}{W_e}.$$

Tozalangan suyuqlikning zichligi ρ_s bo'lsa, u holda

$$V = \frac{G_2}{\rho_c}; \quad G' = \frac{G_2}{\rho_c W_e}, \qquad (4.13)$$

bu yerda, ρ_c – suspenziyaning zichligi, kg/m^3; G_2 – tozalangan suyuqlikning miqdori (kg/s);

$$G_2 = G_1 (1 - \frac{X_1}{X_2});$$

G_1 – uskunaga berilayotgan supenziyaning miqdori, kg/s; X_1 – suspenziyadagi quruq moddalarning massa jihatdan olingan ulushi; X_2 – cho'kmadagi quruq moddalarning massa jihatdan olingan ulushi.

G_2 ning qiymatini (4.13 tenglamaga qo'yib, quyidagi ifodani olamiz:

$$G' = \frac{G_1}{\rho_c W_e} (1 - \frac{X_1}{X_2}) \qquad (4.14)$$

$\frac{X_1}{X_2} = \beta$ desak, u holda $G' = \frac{G_1}{\rho_c W_e} (1-\beta)$. (4.15)

(4.14) tenglamani keltirib chiqarishda cho'ktirish uskunasidagi suyuqlik harakatining rejimlari e'tiborga olinmagan. Bundan tashqari, oqimlar uskunaning hamma yuzasi bo'ylab bir xil tarqalgan deb olingan.

Haqiqiy uskunalarda suyuqlik harakati rejimlarining o'zgarishi va boshqa omillarning ta'siri natijasida cho'kish jarayoni bir xil tarzda bormaydi. Shu sababli (4.15) tenglama bilan topilgan nazariy yuzani 30–35% ga ko'paytirish kerak. Demak, hisoblangan yuza qiymatini 1,3 ga teng bo'lgan tuzatish koeffitsiyentiga ko'paytirish kerak bo'ladi. Shunga ko'ra cho'ktirish yuzasi yoki uskunaning ko'ndalang kesimi quyidagicha aniqlanadi:

$$G' = \frac{1{,}3G_1}{\rho_c W_\gamma}(1-\beta). \qquad (4.16)$$

(4.16) tenglamadagi W_E kattalik zarrachalarning erkin tushish tezligi bo'lib, agar siqilgan holatda cho'kish yuz berayotgan bo'lsa W_E o'rniga W_{ch} ishlatiladi.

4.3. MARKAZDAN QOCHMA KUCH MAYDONIDA CHO'KTIRISH

Turli jinsli sistemalarni ajratishda markazdan qochma kuch maydonidan foydalanish jarayonni anchagina jadallashtirishga olib keladi. Markazdan qochma kuch maydonini hosil qilish uchun ikki xil usuldan foydalaniladi: 1) qo'zg'almas uskunaning ichida gaz yoki suyuqlik oqimining aylanma harakati tashkil etiladi (siklonlar, gidrosiklonlar); 2) aylanib turgan uskunaga suyuqlik yoki gaz oqimi yuborildi, bunda oqim uskuna bilan birgalikda aylana boshlaydi (cho'ktiruvchi sentrifugalar, separatorlar).

Ajratish faktori. Markazdan qochma kuch maydonida cho'ktirishning samaradorligini bilish uchun uni og'irlik kuchi ta'sirida cho'ktirish bilan solishtirilib ko'riladi.

Aralashmaning aylanma harakati ta'sirida uning tarkibidagi zarrachaga markazdan qochma kuch ta'sir qiladi. Bu kuch zarrachani markazdan uskunaning chekasi tomon cho'kish tezligiga teng bo'lgan tezlik bilan uloqtirib tashlaydi.

Bunda hosil bo'lgan markazdan qochma kuchning qiymati S (N hisobida) quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \frac{mn^2}{R} = mw^2R \qquad (4.17)$$

bu yerda, m – zarrachaning massasi, kg; W – zarracha aylanishining burchak tezligi, s^{-1}; n – zarracha harakatining aylanma tezligi, ayl/s; R – zarracha aylanishining radiusi, m.

Markazdan qochma uskunalardagi cho'kish samaradorligini aniqlash uchun markazdan qochma kuch qiymatini zarrachaga ta'sir qilayotgan og'irlik kuchi bilan solishtiriladi.

Og'irlik kuchi P (N hisobida):

$$P = mg, \qquad (4.18)$$

g – erkin tushish tezlanishi, $g = 9{,}81\ m/s^2$.

(4.17) va (4.18) tenglamalarni yechib, quyidagi ifodaga erishamiz:

$$\frac{C}{P} = \frac{mw^2R}{mg} = \frac{w^2R}{g} = \text{Ka}, \qquad (4.19)$$

bu yerda, $\text{Ka} = \frac{W^2R}{g}$ – ajratish omili.

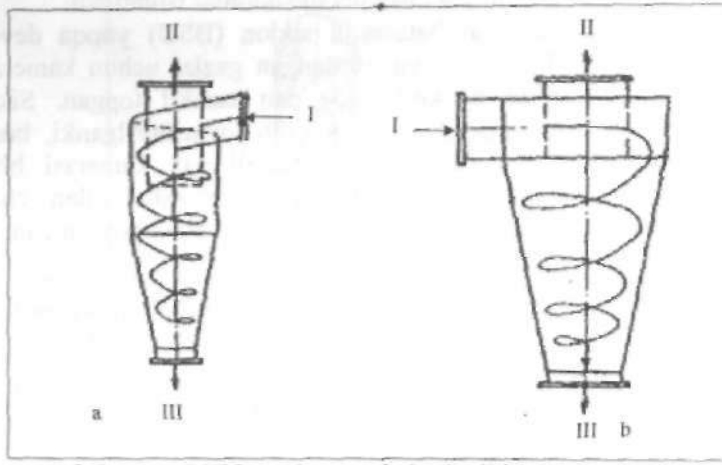
Ajratish omili markazdan qochma kuch ta'siri og'irlik kuchi ta'siridan necha marotaba kuchli ekanligini bildiradi. Ajratish omilining qiymati qancha katta bo'lsa, markazdan qochma uskunalarning ajratish qobiliyati shuncha yuqori bo'ladi.

Ajratish omili Ka ning qiymati siklonlar uchun bir necha yuzni tashkil etsa, sentrifugalar uchun esa – 3000 atrofida. Demak, siklon va sentrifugalarda cho'kish jarayonining harakatlantiruvchi kuchi og'irlik kuchi ta'sirida ishlaydigan cho'ktirish uskunalariga nisbatan 2–3 daraja yuqori ekan. Ushbu raqamlardan ma'lumki, siklon va sentrifugalar oddiy cho'ktirish uskunalariga nisbatan yuqori unumdorlikka ega. Ushbu uskunalarda o'ta mayda zarrachalarni ham ajratish imkoniyati mavjud: sentrifugalarda o'lchami 1 mkm atrofida bo'lgan zarrachalarni ajratish mumkin; siklonlarda esa – 10 mkm atrofida.

Siklonlar. Oddiy cho'ktirish uskunalarida gaz aralashmalaridagi mayda changlarni ajratish ancha qiyin. Cho'ktirish uskunalarining o'lchami katta bo'lganligi uchun ular ko'p joyni egallaydi. Bundan tashqari, gazlarni tozalash darajasi ancha kichik. Shuning uchun changli gaz aralashmalarini tozalash uchun sanoatda siklonlar keng ishlatiladi. Siklon silindrik va konussimon qismlardan iborat bo'ladi. Uskunada tozalangan gaz chiqadigan va chang tushadigan patrubkalar bor. Changli gaz siklonga tangensial yo'nalishda 20÷25 m/s tezlikda kiradi. So'ngra pastga spiralsimon aylanma harakat bilan yo'naladi. Natijada markazdan qochma kuch hosil bo'ladi. Bu kuch ta'sirida gaz oqimidagi qattiq zarrachalar o'qdan siklonning ichki devori tomon harakat qiladi, so'ngra devorga urilib o'z kinetik energiyasini yo'qotadi va og'irlik kuchi ta'sirida pastga tushadi. Siklonning pastki konussimon qismida gaz oqimi inersiya bo'yicha aylanma spiralsimon harakatini davom ettiradi va yuqoriga yo'nalgan oqim paydo bo'ladi. Tozalangan gaz markaziy quvur orqali uskunadan chiqib ketadi. Siklondagi changli gazlarning tozalanish darajasi qattiq zarrachalarning kattaligi, gaz oqimining tezligi va uskunaning geometrik o'lchamlariga bog'liq bo'ladi.

Siklonlar konstruktiv tuzilishiga ko'ra ikki turga bo'linadi: silindrli va konusli (4.5-rasm). Silindrli siklonlarda qobiqning silindrli qismi ancha uzun qilib, konusli siklonlarda esa konussimon qilib tayyorlangan bo'ladi. Silindrli siklonlar yuqori ish unumdorlikka, konusli siklonlar esa

yuqori tozalash darajasiga ega. Biroq konusli uskunalarda bosimning yo'qolishi ko'proq bo'ladi. Konusli siklonlarda yuqoridan pastga qarab ko'ndalang kesim yuzasining kamayib borishi sababli uskuna devori yaqinda chang zarrachalarining ajralishi tezlashadi. Silindrli siklonning diametri 2 m dan, konusli siklonning diametri esa 3 m dan ortmasligi kerak. Siklonlarning diametri 2–3 m dan ortib ketsa, uskunaning tozalash darajasi kamayadi.



2.5-rasm. NIIOgaz konstruksiyali siklonlar sxemasi:
a – silindirli; b – konusli. Oqimlar: I–changli gaz, II–tozalangan gaz, III–chang.

Umuman olganda, siklonlar tarkibida 400 g/m^3 gacha qattiq fazani ushlagan changli gazlarni tozalash uchun ishlatiladi. NIIOgaz tomonidan ishlab chiqarilayotgan siklonlarning diametri 100÷1000 mm ga, changli gazlarning tozalanish darajasi 30÷85 % ga teng. Changli gaz aralashmalaridagi qattiq zarrachalarning diametri kattalashgani sari gazlarning tozalanish darajasi 90÷95 % gacha ortishi mumkin.

Siklonlarda gaz aralashmalarining tozalanish darajasi ajratish koeffitsiyentiga bog'liq:

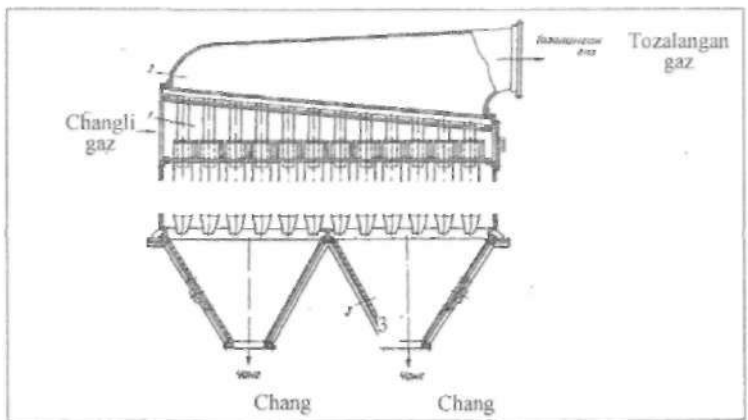
$$Ka = \frac{W^2}{rg}, \qquad (4.20)$$

bu yerda, W – gaz oqimining tezligi, m/s; r – siklonning radiusi; g – erkin tushish tezlanishi (g=9,81 m/s^2).

Bu tenglikdan ko'rinib turibdiki, tozalanish darajasini oshirish uchun gaz oqimi aylanma harakatining radiusi, ya'ni siklonning

radiusini kamaytirish yoki gaz oqimining harakat tezligini oshirish kerak. Gazlarning tezligini ortishi natijasida siklonda kuchli turbulent oqim hosil bo'lib, gidravlik qarshilik kattalashadi, changli gazlardagi qattiq zarrachalarning normal cho'kishi buziladi va gazlarni tozalash qiyinlashadi. Siklonlarning radiusi kichiklashtirilsa, ularning unumdorligi kamayadi. Shuning uchun ko'p miqdordagi changli gazlarni (140 m^3/s gacha) tozalash va ajratish tezligini oshirish uchun parallel ishlaydigan siklonlar guruhi yoki batareyali siklonlar ishlatiladi.

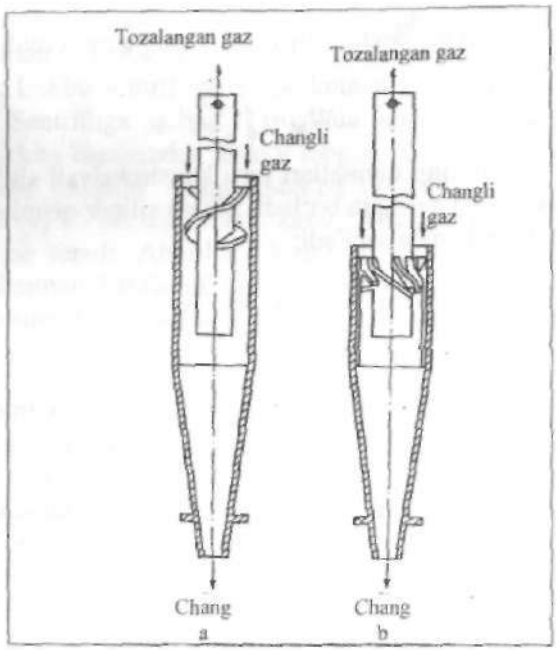
4.6-rasmda ko'rsatilgan batareyali siklon (BSU) yupqa devorli qobiqdan iborat bo'lib, changli va tozalangan gazlar uchun kameralar 1,2 va chang yig'uvchi bunkerlar (3) dan tashkil topgan. Siklon elementlari tegishli to'siqlarga shunday qilib joylashtirilganki, bunda elementlarning tangensial patrubkalari changli gaz kamerasi bilan, markaziy chiqarish quvurlari tozalangan gaz kameralari bilan, chang chiqaruvchi teshiklari esa chang yig'adigan bunker bilan bog'langan.



4.6-rasm. Batareyali siklon:
1–changli gaz kamerasi; 2–tozalangan gaz kamerasi; 3–chang yig'adigan bunker.

Siklon elementlarida gaz oqimiga aylanma harakat beruvchi tangensial yoki o'q bo'yicha uyurma hosil qiluvchilar ishlatiladi. Tangensial uyurma hosil qiluvchilar qatoriga qisqa va torayuvchi patrubkalar va spiralsimon naychalar kiradi. O'q bo'yicha uyurma hosil qiluvchilar ishlatilgan paytda siklon elementlarining qopqog'i bo'lmaydi va changli gaz qobiq va tozalangan gaz chiqadigan quvur oralig'iga beriladi, ushbu oraliqda «vint» (4.7-rasm, a) yoki «rozetka»

ko'rinishidagi (4.7-rasm, b) uyurma hosil qiluvchilar o'rnatilgan bo'ladi. «Vint» ko'rinishidagi uyurma hosil qiluvchida changlar kam darajada tiqilib qoladi va uning gidravlik qarshiligi nisbatan kam.



4.7-rasm. Batareyali siklonlarning elementlari:
a – «vint» rusumidagi yo'naltiruvchi parrakli uyurma hosil qiluvchilar;
b – «rozetka» rusumidagi yo'naltiruchi parrakli uyurma hosil qiluvchilar.

Siklonlarning sanoatda ko'p ishlatilishidan qat'i nazar, ularda yuz beradigan turli jinsli sistemalarni ajratish jarayoni to'la tadqiqot qilinmagan, chunki uskunadagi gidrodinamik holat ancha murakkab. Shu sababdan *siklonlarni* tanlash asosan emprik yo'l bilan olingan natijalarga asoslanadi. Gidravlika nuqtayi nazaridan, siklon qandaydir mahalliy qarshilik, deb olinishi mumkin. Bunday holatda siklonning gidravlik qarshiligi gaz oqimining tezlik naporiga teng bo'ladi:

$$\Delta p = \xi \frac{\rho W_M}{2}, \qquad (4.21)$$

bu yerda, ξ – siklonning qarshilik koeffitsiyenti; ρ – siklondan o'tayotgan gazning zichligi, kg/m^3; W_M – siklon silindrsimon qismining to'la ko'ndalang kesimga nisbatan olingan gazning *mavhum tezligi*, m/s

(W_M =2,5÷4 m/s).

Siklonning gidravlik qarshiligi uskunaning turiga bog'liq bo'ladi. Masalan, NIIOgaz konstruksiyali siklonlar uchun: SN-24 ξ=60; SN-15 ξ=160; SN-11 ξ=250.

Gazning mavhum tezligi quyidagi tenglama orqali aniqlanishi mumkin:

$$W_M = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\xi \rho}}, \qquad (4.22)$$

ξ va ΔP/ρ ning qiymatlari turli konstruksiyali siklonlar uchun maxsus adabiyotlarda berilgan bo'ladi. Siklon silindr qismining diametri sarf tenglamasi yordamida topiladi:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0.785 W_M}}, \qquad (4.23)$$

bu yerda, V – siklondan o'tayotgan gazning hajmiy sarfi, m^3/s.

Siklonning qolgan hamma o'lchamlari D ga nisbatan standartlashtirilgan.

Sentrifugalar. Emulsiyadagi suyuqlik tomchilarini va suspenziyadagi qattiq modda zarrachalarini markazdan qochma kuchlar maydonida ajratib olish jarayoni sentrifugalash deyiladi. Sentrifugalash jarayoni sentrifugalarda amalga oshiriladi.

Sentrifugalash paytida hosil bo'lgan markazdan qochma kuchlar cho'ktirish jarayonidagi og'irlik kuchi va filtrlashdagi gidrostatik kuchlarga nisbatan ko'proq ta'sir qiladi. Shuning uchun turli jinsli sistemalarni ajratish uchun qo'llaniladigan cho'ktirish va filtrlash jarayonlariga nisbatan sentrifugalash jarayoni juda samarali hisoblanadi.

Sentrifugalarning asosiy qismi gorizontal yoki vertikal o'qqa joylashgan, katta tezlikda aylanuvchi baraban bo'lib, u elektrodvigatel yordamida aylanma harakatga keltiriladi. Markazdan qochma kuch ta'sirida suspenziyadagi qattiq modda zarrachalari cho'kmaga tushib, suyuq fazadan ajraladi. Suyuq faza fugat deyiladi. Hosil bo'lgan cho'kma baraban ichida qolib, suyuq faza esa ajratib olinadi.

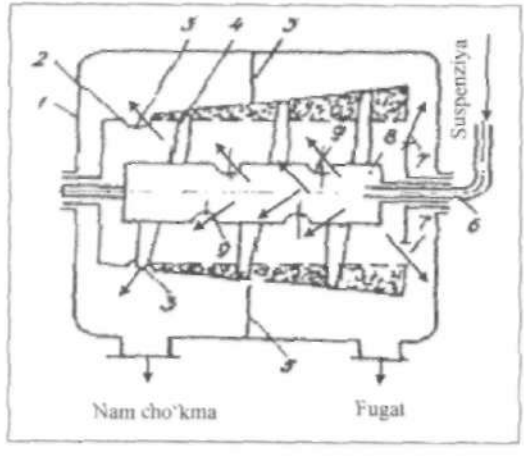
Turli jinsli aralashmalarni ajratish prinsipiga ko'ra sentrifugalar uch turga bo'linadi: 1) filtrlovchi sentrifugalar; 2) cho'ktiruvchi sentrifugalar; 3) tarelkali separatorlar.

Ajratish koeffitsiyentiga ko'ra hamma sentrifugalar ikki guruhga bo'linadi:

1. Normal sentrifugalar (Ka ≤ 3600). Bunday sentrifugalar *suspenziyalardan katta, o'rtacha va maydaroq zarrachalarni* ajratish uchun ishlatiladi.

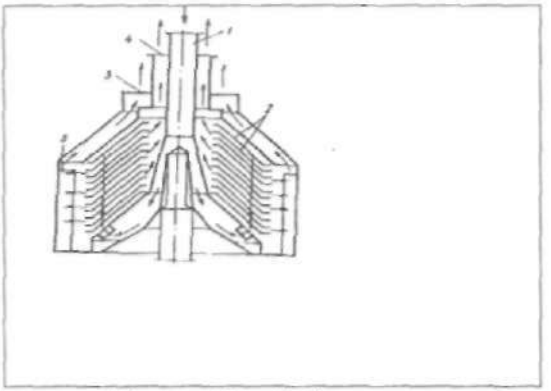
2. Normal sentrifugalar (Ka > 3600). Bunday sentrifugalar mayda *zarrachali* suspenziyalarni va emulsiyalarni ajratish uchun qo'llaniladi.

4.8-rasmda uzluksiz *ishlaydigan sentrifuganing sxemasi* ko'rsatilgan. Ushbu sentrifugada cho'kma shnek yordamida tashqariga chiqariladi. Sentrifuga qobiq (1) ichida turli aylanma tezlik bilan aylanuvchi ikkita barabandan tashkil topgan. Silindrsimon baraban 8 da suspenziyaning chiqishi uchun teshiklar (9) bor. Ushbu *barabanning* ichida shnek (4) bo'lib, cho'kmani konussimon baraban (2) ning yuzasi bo'ylab siljitib turadi. Ajratilishi lozim bo'lgan suspenziya quvur (6) orqali *silindrsimon barabanning ichki qismiga* kiradi va teshiklar (9) orqali konussimon barabanning ichki bo'shlig'iga o'tadi. Markazdan qochma kuch ta'sirida cho'kma konussimon barabanning chetki yuzasiga uloqtiriladi va sekin aylanturuvchi shnek yordamida tushiruvchi teshiklar (3) tomonga siljitiladi. Tindirilgan suyuqlik teshik (7) orqali tashqariga chiqariladi. To'siq (5) esa hosil bo'lgan fraksiyalarni bir-biriga qo'shilib ketishga yo'l bermaydi. Bunday sentrifugalar qattiq fazaning konsentratsiyasi katta bo'lgan mayda dispersli suspenziyalarni ajratish uchun qo'llaniladi.



4.8-rasm. Uzluksiz ishlaydigan cho'ktiruvchi sentrifuga:
1–*qobiq*; 2–konussimon baraban; 3–tushiruvchi teshiklar; 4–shnek;
5–to'siqlar; 6–suspenziya kiradigan quvur; 7–*fugat chiqadigan* teshik.

Tarelkali separatorlar uzluksiz ishlaydigan cho'ktiruvchi o'ta sentrifugalar qatoriga kiradi. Bunday sentrifugalarning vertikal rotori bo'lib, suyuqlik bir necha tarelkalarga tarqaladi va zarrachalarning cho'kishi laminar rejimda amalga oshiriladi. Tarelkali separatorlar emulsiyalarini ajratish va suyuqliklarni tindirish uchun ishlatiladi. 4.9-rasmda suyuqliklarni ajratishga mo'ljallangan tarelkali separatorning sxemasi ko'rsatilgan. Emulsiya markaziy quvur (1) orqali rotorning pastki qismiga yuboriladi, so'ngra tarelkalardagi teshiklar orqali ularning oraliqlarida yupqa qatlam holatida tarqaladi. Og'irroq bo'lgan suyuqlik tarelkalar (2) ning yuzalari bo'ylab harakat qilib, markazdan qochma kuch ta'sirida rotorning cheti tomon uloqtiriladi va teshik (3) orqali tashqariga chiqib ketadi. Yengilroq bo'lgan suyuqlik rotorning markazi tomon siljiydi va halqasimon kanal (4) yordamida tashqariga chiqariladi. Suyuqlikning aylanuvchi rotordan orqada qolmasligi uchun rotor qirralar (5) bilan ta'minlanadi.



4.9-rasm. Tarelkali separator:
1–emulsiya beradigan quvur; 2–tarelkalar; 3–zichligi katta bo'lgan suyuqlikni chiqarish uchun teshik; 4–zichligi kichik bo'lgan suyuqlikni chiqarish uchun halqali kanal; 5–qirralar.

4.4. ELEKTR MAYDONIDA CHO'KTIRISH

Suyuq va gazsimon turli jinsli sistemalarni ajratish uchun elektr maydonidan foydalanish ham mumkin. Elektr maydoni yordamida gaz tarkibidagi eng kichik, jumladan, submikronli (o'lchami 0,005 mkm dan katta) zarrachalarni ushlash mumkin. Neft emulsiyalariga yuqori kuchlanishli elektr maydoni ta'sir etilganda, suyuqlik mayda

zarrachalarining o‘zaro birlashib ketishi natijasida koagulatsiya jarayoni yuz beradi, hosil bo‘lgan yirik zarrachalar esa og‘irlik kuchlari ta’sirida osonlik bilan cho‘kadi.

Elektrofiltrlar. Bunday uskunalarda gaz aralashmalarini ajratish darajasi 95–99 % atrofida bo‘ladi. Elektrofiltrlarning gidravlik qarshiliklari 150–200 Pa ga teng bo‘ladi, changli gazning harorati – 20 dan + 500^{0}C gacha bo‘lishi mumkin. Bunday uskunada elektr energiyasining solishtirma sarfi nisbatan kichik: 1000 m^3 gaz uchun 0,2 – 0,3 kVt.soat. Elektrofiltrlarning kamchiliklari: yuqori metall ushlashlik; o‘lchamlari katta; ish rejimining o‘zgarishiga ta’sirchan; changning portlash va o‘t olish xavfsizligini ta’minlashga yuqori talabalar. Katta kapital mablag‘lar zarurligi sababli, elektrofiltrdan gazning sarfi ko‘p bo‘lganda foydalanish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Shu kunda gaz bo‘yicha ish unumdorligi 1 mln m^3/soat dan ko‘p bo‘lgan elektrofiltrlar mavjud.

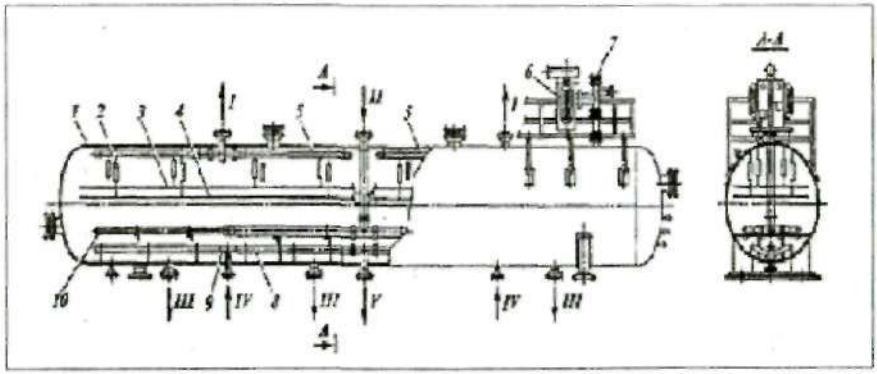
Elektrofiltrlar nurlanuvchi (manfiy zaryadlangan) va cho‘ktiruvchi (musbat zaryadlangan) elektrodlardan tashkil topgan bo‘ladi. Ikkita elektrodlar o‘rtasidagi yuqori kuchlanishli (U = 40000 ÷ 75000 V) elektr maydoni hosil bo‘ladi. Nurlanuvchi elektrod sim shaklida, cho‘ktiruvchi elektrod quvur yoki plastina shaklida tayyorlanadi. Ushbu elektrodlar oralig‘idagi masofa 100–200 mm bo‘ladi.

Tarkibida qattiq zarrachalari bo‘lgan gaz oqimi yuqori kuchlanishli maydondan o‘tganda ionizatsiya hodisasiga uchraydi, ya’ni uning molekulalari musbat va manfiy zaryadlangan zarrachalarga ajraladi. Bunda butunlay ionlashgan gaz qatlami cho‘g‘lanib, nur va charsillagan ovoz chiqaradi. Bu sim nurlanuvchi elektrod deb ataladi. Manfiy zaryadlangan changning elektronlari nurlanuvchi elektroddan musbat zaryadlangan cho‘ktirish elektrodlariga tomon harakat qilganda o‘z yo‘lida qattiq zarrachalarga uchraydi va ularni zaryadlaydi. Zaryadlangan zarrachalar cho‘ktirish elektrodiga yaqinlashganda o‘zining zaryadini beradi va og‘irlik kuchi ta’sirida cho‘kadi.

Elektrofiltrlar yuqori kuchlanishli o‘zgarmas tokda ishlaydi, chunki tok o‘zgaruvchan bo‘lganda zaryadlangan zarrachalar o‘z harakat yo‘nalishini o‘zgartirib, cho‘ktirish elektrodlarida cho‘kishga ulgurolmay, gaz bilan uskunadan chiqib ketishi mumkin. O‘zgarmas tok kuchlanishi 220–500 V bo‘lgan o‘zgaruvchan tokdan kuchaytiruvchi transformator va to‘g‘rilagich yordamida olinadi. Elektrofiltrning nurlanuvchi elektrodlari tok manbaining manfiy qutbiga, cho‘ktiruvchi elektrodlari esa musbat qutbiga ulanadi.

Tarqatuvchi (10) ning o'rta qismiga berilgan neft uskunaning ko'ndalang kesimi bo'yicha bir me'yorda tarqaladi va suv qatlamida yuvilgandan so'ng yuqoriga qarab harakat qiladi. Suv qatlamining sathi tarqatuvchi (10) dan 200–300 mm yuqorida bo'ladi va avtomatik ravishda ushlab turiladi. Uskunaning ichida ikki xil elektr maydoni (kuchsiz va kuchli) hosil bo'ladi. Kuchsiz elektr maydoni neft-suvni ajratuvchi sath va pastki elektrod oralig'idagi hajmda, kuchli elektr maydoni esa yuqorgi va pastki elektrodlar oralig'ida hosil bo'ladi. Kuchsiz elektr maydonida emulsiyadan suvning yirik tomchilari, kuchli elektr maydonida esa suvning mayda tomchilari ajralib chiqadi. Tuzli suv elektrodegidratorning pastki qismida to'planib, yig'uvchi (8) orqali uskunadan tashqariga chiqariladi. Uskunaning ichki devorini yuvish uchun kollektor (9) orqali suv oqimi yuboriladi. Elektrodlar oralig'ida 30, 35, 40, 45 va 50 kV kuchlanishga ega bo'lgan elektr maydonini hosil qilish mumkin.

Neft emulsiyalarini elektr maydonida parchalash uchun sanoatda elektrokoalesserlar ham keng ishlatilmoqda. Bunday uskunalar ixchamroq qilib tayyorlangan bo'lib, ishlatish paytida elektrodegidratorlarga nisbatan xavfsizlik darajasi yuqori va ishonchli ekanligi bilan farq qiladi.



2.11-rasm. Gorizontal elektrodegidrator EG200-10:
1–qobiq; 2–izolator; 3–yuqorigi elektrod; 4–pastki elektrod; 5–tuzsizlantirilgan neft uchun yig'gich; 6–transforsator;7–yuqori kuchlanishli tokni kiritish; 8–tuzli suv uchun yig'gich; 9–yuvuvchi kollektor; 10–neftni tarqatuvchi. Oqimlar: I–tuzsizlantirilgan neftning chiqishi; II–neftning kirishi; III–chiqindining uzatilishi; IV–uskunani yuvuvchi suvning kirishi; V–tuzli suvning chiqishi.

Neft-gazni qayta ishlash sanoatida elektr maydonidan neft emulsiyalarini parchalashdan tashqari neft mahsulotlari (suyultirilgan gazlar, benzin, kerosin, dizel yonilg'isi va hokazo) ni to'la suvsizlantirish va ularning tarkibida mavjud bo'lgan reagentlarning muallaq zarrachalarini ajratib olish maqsadlarida ham foydalanish mumkin.

4.5. FILTRLASH

Suspenziya va changli gazlarni filtr to'siqlar orqali o'tkazib tozalash jarayoni filtrlash deyiladi. Filtr to'siqlar qattiq zarrachalarni ushlab qolib, suyuqlik yoki gazni o'tkazib yuborish qobiliyatiga ega. Filtr to'siqlar yoki filtr sifatida mayda teshikli to'rlar, turli gazlamalar, sochiluvchan materiallar (qum, maydalangan ko'mir, bentonitlar), keramik buyumlar va boshqalar ishlatiladi. Filtr sifatida paxta, yung va sintetik gazlamalardan tayyorlangan materiallar ham ishlatiladi.

Filtr to'siqlar bir qator talablarga mos kelishi kerak. Eng avvalo, filtrlovchi material g'ovaksimon tuzilishga ega bo'lib, g'ovaklarning o'lchami shunday bo'lishi kerakki, bunda cho'kma zarrachalari to'siqning ustida qolishi kerak. Bundan tashqari, filtr muhit ta'siriga kimyoviy barqaror, yuqori haroratga bardoshli, mexanik jihatdan pishiq bo'lishi maqsadga muvofiq bo'ladi. Filtr to'siqning ustida hosil bo'lgan cho'kma ham filtrlovchi material vazifasini bajaradi.

Filtrlash paytida materiallar ham ishlatilishi mumkin. Bunday materiallar qatoriga faollashtirilgan ko'mir, maydalangan asbest, diatomit, perlit va hokazolar kiradi. Qo'shimcha materiallar filtrlanishi lozim bo'lgan suspenziyaga qo'shiladi yoki filtrning ish yuzasi bunday materiallar bilan qatlam qilib qoplanadi. Qo'shimcha materiallar cho'kma bilan aralashtirilib, uning g'ovakligini oshiradi va gidravlik qarshiligini kamaytiradi. Bundan tashqari, diatomit, perlit, faollashtirilgan ko'mir va boshqa moddalar adsorbsiyalash xususiyatiga ega, shu sababdan filtrdan chiqayotgan tayyor mahsulot ancha tozalangan bo'ladi.

Filtrlash paytida suspenziya tarkibidagi mayda zarrachalar filtrlovchi materialning ustki qismida cho'kma holida yoki filtrlovchi materialning o'zida teshiklarni to'ldirgan holda o'tirib qolishi mumkin. Bu xususiyatlarga ko'ra filtrlash jarayoni ikkiga bo'linadi: a) cho'kma qatlami hosil qilish yo'li bilan filtrlash; b) filtrlovchi materiallarning teshiklarini to'ldirish orqali filtrlash. Sanoatning ko'p tarmoqlarida cho'kma hosil qilish yo'li bilan filtrlash keng qo'llaniladi.

Filtrlash jarayonida siqiluvchi va siqilmaydigan cho'kmalar hosil bo'ladi. Siqiluvchi cho'kmalardagi zarrachalar bosim ortishi bilan deformatsiyaga uchrab, ularning o'lchami kichiklashadi. Siqilmaydigan cho'kmalarda bosim ortishi bilan zarrachalarning shakli va o'lchami deyarli o'zgarmaydi.

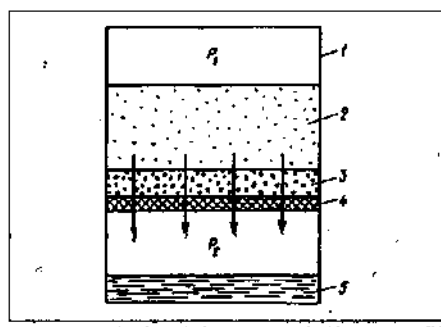
Filtrlash jarayonining unumdorligi va olinadigan filtratning tozaligi, asosan, filtr to'siqlarning xususiyatlariga bog'liq. Filtr to'siqlarining teshiklari katta va gidravlik qarshiliklari kichik bo'lishi zarur. Filtr to'siqlar tarkibiy tuzilishiga qarab egiluvchan va egilmas bo'ladi. Filtr to'siqlardan oldingi va keyingi bosimlar farqi yoki filtrlovchi materiallarga suyuqlik bosimini hosil qiluvchi markazdan qochma kuchlar filtrlash jarayonining harakatlantiruvchi kuchi vazifasini bajaradi.

Harakatlantiruvchi kuchlar turiga qarab filtrlash ikki guruhga bo'linadi. 1. Bosimlar farqi ta'sirida filtrlash. 2. Markazdan qochma kuchlar ta'sirida filtrlash (sentrifugalash).

Filtr to'siqning ikkala tomonidagi bosimlar farqi ΔP quyidagi usullar bilan hosil qilinishi mumkin: a) suspenziya ustunining massasidan foydalanish (ΔP 0,05 MPa gacha); b) vakuum hosil qilish (ΔP 0,05–0,09 MPa gacha); d) suyuqlikni nasoslar yordamida haydash (ΔP 0,5 MPa gacha); e) siqilgan havo berish (ΔP 0,05–0,3 MPa gacha).

Sanoatda filtrlashdan so'ng quyidagi qo'shimcha jarayonlar amalga oshiriladi: 1) cho'kmani yuvish; 2) cho'kmani oddiy havo (yoki inert gazlar) yordamida dudlash; 3) cho'kmani issiq havo yordamida quritish.

4.12-rasmda filtrlash jarayonining sxemasi berilgan, bu yerda $P_1 > P_2$, harakatlantiruvchi kuch bosimlar farqi bilan belgilanadi: $\Delta R = R_1 - R_2$ (P_1 – suspenziyaning ustidagi bosim, P_2 – filtr to'siqdan keyingi bosim).



4.12-rasm. Suspenziyani ajratishga mo'ljallangan filtrning sxemasi: 1–qobiq; 2–suspenziya; 3-cho'kma; 4–filtr to'siq; 5–filtrat.

Filtrlash jarayoni uch xil rejimda olib boriladi: 1) doimiy o'zgarmas bosimlar farqi bilan filtrlash (ΔP=const); 2) doimiy filtrlash tezligi bilan filtrlash ($dV/d\tau$=const); 3) bir vaqtning o'zida bosimlar farqi va filtrlash tezligi o'zgarib turgan holatda filtrlash. O'zgarmas bosimlar farqi ta'sirida cho'kma qatlami hosil qilish yo'li bilan filtrlash eng ko'p qo'llaniladi.

Filtrlashning umumiy tenglamasi. Buning uchun 4.12-rasmda ko'rsatilgan bosimlar farqi ta'sirida boradigan filtrlash jarayonining modelini ko'rib chiqamiz. Bu model bo'yicha filtr to'siq va cho'kmaning hamma kanallari (yoki g'ovaklari) teng qiymatli bo'lib, filtrat ushbu kanallar bo'ylab laminar rejim bilan harakat qiladi. Bunday holatda filtratning kanallar bo'ylab o'tishiga bo'lgan gidravlik qarshilikni Gagen-Puazeyl tenglamasi yordamida aniqlash mumkin:

$$\Delta P = \frac{32 L \mu w}{d^2}, \qquad (4.24)$$

bu yerda, ΔP – bosimlar farqi; L – cho'kma va filtr to'siq kanallarining uzunligi; d – ushbu kanallarning diametri; w – filtratning kanallardagi harakat tezligi; μ – filtratning qovushoqligi.

Filtr to'siqning yuzasini G' bilan, to'siqdagi hamma ko'ndalang kesimning umumiy yuzasini S bilan belgilasak, u holda: $S=\alpha G'$ yoki $G'=S/\alpha$, bu yerda $\alpha<1$ – umumiy yuzagani nisbatan ulushni bildiradi.

Gagen-Puazeyl tenglamasining chap va o'ng tomonlarini G' va $d\tau$ larga ko'paytirib, quyidagi ifodaga erishamiz:

$$\Delta P F d\tau = \frac{32 L \mu w}{d^2} \frac{S}{a} d\tau,$$

yoki $\Delta P d\tau = \frac{32 L \mu}{d^2 a} \frac{w S d\tau}{F}$,

bu yerda, $\frac{32 L \mu}{d^2 a} = R$ – berilgan suspenziya uchun o'zgarmas qiymatga ega bo'lib, filtrlash jarayonining qarshiligini belgilaydi; $\frac{w S d\tau}{F} = dV_F$ – filtr to'siqning 1 m^2 yuzasidan qisqa vaqt $d\tau$ davomida yig'ilgan filtratning hajmini bildiradi.

Bunday holatda filtrlash tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{dV_\Phi}{F d\tau} = \frac{\Delta P}{R}, \qquad (4.25)$$

bu yerda, $\frac{dV_\Phi}{F d\tau} = W$ – filtrlash tezligi.

Tajribalardan ma'lumki, har bir vaqt momentidagi filtrlash tezligi bosimlar farqiga to'g'ri proporsional, suyuq muhit qovushoqligiga, cho'kma va filtr to'siqning umumiy gidravlik qarshiligiga teskari proporsionaldir. Shu sababli (4.25) tenglamani to'ldirib, boshqa ko'rinishda yozamiz:

$$\frac{dV_\phi}{Fd\tau} = \frac{\Delta P}{\mu(R_{ch} + R_{\phi m})}, \qquad (4.26)$$

bu yerda, ΔP – bosimlar farqi, Pa; R_{Ch} – cho'kma qatlamining qarshiligi, m^{-1}; $R_{F.m}$ – filtr to'siqning qarshiligi, m^{-1}; μ – suspenziyaning qovushoqligi, Pa·s.

Filtrlash tezligini aniqlash uchun (4.26) tenglikni integrallab, cho'kmaning gidravlik qarshiligi bilan olinayotgan filtrat hajmi orasidagi bog'liqlikni bilish lozim. Tenglamani integrallashda filtr to'siqlarning qarshiligi o'zgarmas deb olinadi, chunki qattiq zarrachalar filtrning teshiklarini to'ldirmaydi. Shuning uchun filtr to'siqlarning qarshiligi e'tiborga olinmaydi. Bunda cho'kma qatlamining balandligi ortib boradi. Cho'kma gidravlik qarshiligining qiymati esa noldan maksimumgacha o'zgaradi. Shuning uchun tezlik cho'kmaning gidravlik qarshiligi va filtrat hajmiga bog'liq bo'ladi.

Cho'kma hajmining (V_{ch}) filtrat hajmiga (V_F) nisbatini X_0 bilan belgilaymiz.

$$\frac{V_ч}{V_\Phi} = X_0, \text{ bu yerda } V_{Ch} = X_0 V_F.$$

Cho'kmaning hajmi cho'kma qatlami balandligining (h_{Ch}) filtrat yuzasi (F) ko'paytmasiga teng $h_{ch}F$.

Natijada:

$$X_0 V_F = h_{Ch} \cdot F.$$

Bu tenglamadan cho'kma qatlamining balandligini topish mumkin:

$$h_{ch} = X_0 \frac{V_\Phi}{F}. \qquad (4.27)$$

Cho'kma qatlamning qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{ch} = r_0 h_{ch} = r_0 x_0 \frac{V_\Phi}{F}, \qquad (2.28)$$

r_0 – cho'kmaning hajm jihatdan olingan solishtirma qarshiligi (1m qalinlikda bo'lgan cho'kma qatlamining filtrat oqimiga ko'rsatilgan qarshiligi), m^{-2}.

(4.28) tenglikdagi R_{Ch} ning qiymatini (4.26) tenglamaga qo'yib, quyidagi ifodaga erishamiz:

$$\frac{dV_\varphi}{Fd\tau} = W = \frac{\Delta P}{\mu(r_0 x_0 \frac{V_\varphi}{F} + R_{\varphi m})} \qquad (4.29)$$

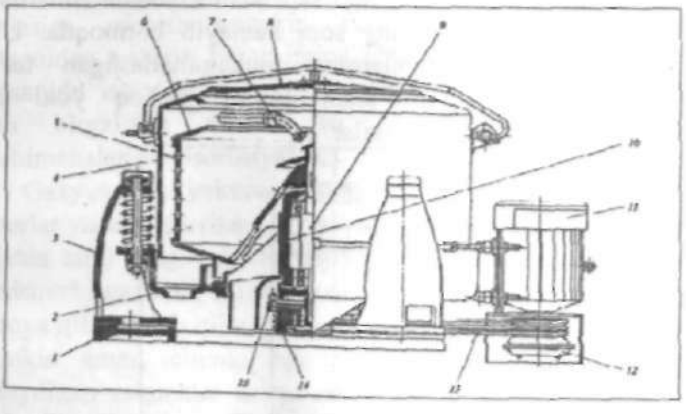
Bu tenglik filtrlash jarayonining asosiy tenglamasi deyiladi.

Agar filtr to'siqlarning gidravlik qarshiligi hisobga olinmasa, $R_{fm}=0$ va (4.29) tenglamaga (4.27) tenglikdagi X_0 ning qiymatini quysak, u holda quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$r_0 = \frac{\Delta P}{\mu h_{ch} w}. \qquad (4.30)$$

Agar $\mu = 1 N \cdot s/m^2$, $h_{ch} = 1$ m, $W = 1$ m/s bo'lsa, qovushoqligi 1 $N \cdot s/m^2$ bo'lgan suspenziya 1 m qalinlikdagi cho'kma qatlamida filtrlanganda cho'kmaning hajm jihatdan olingan solishtirma qarshiligining miqdori bosimlar farqiga teng bo'ladi.

Filtrlash uskunalarining turlari. Neft-gazni qayta ishlash korxonalarida ishlatiladigan filtrlash uskunalari tozalanishi kerak bo'lgan muhitning xili, ishlash prinsiplari, filtr to'siqlarning turiga va ish bosimlarning miqdoriga qarab bir necha turlarga bo'linadi. Texnologik maqsadlarga ko'ra filtrlash ikki turga bo'linadi: 1) suyuqliklarni tozalash uchun; 2) gazlarni tozalash uchun.

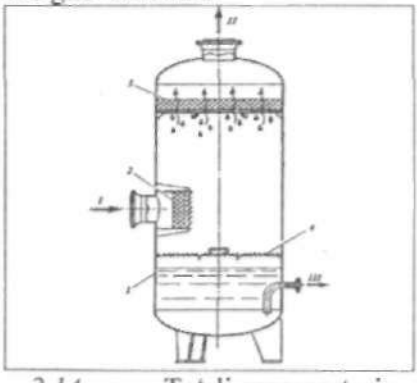


4.13-rasm. Cho'kmani pastki qismidan tushiradigan va tebrangichi bo'lgan filtrlovchi sentrifuganing tuzilishi:
1–fundament plitasi; 2–tanina; 3–tayanch ustunchalari; 4–qobiq; 5–rotor; 6–chegara halqasi; 7–yuklash quvuri; 8-qopqoq; 9-val; 10–rotor tayanchi;11–elektrodvigatel; 12–turbomufta; 13–tasmali uzatma; 14–uzatish g'ildiragi; 15–to'xtash uchun moslama.

4.13-rasmda filtrlovchi mayatnikli sentrifuganing tuzilishi ko'rsatilgan. Cho'kma sentrifuganing pastki qismidan chiqariladi. Fundament plitasi (1) va uchta tayanch ustunchalari (3) dan iborat bo'lgan ilgakka stanina (2) osib qo'yilgan. Stanina ning markazida rotor (10) ning tayanchi joylashgan. Tayanch valining yuqorigi qismiga rotor (5) biriktirilgan. Rotor chekka halqasi bilan ta'minlangan. Valning pastki qismida esa uzatma tasmasining g'ildiragi (14) va to'xtatish uchun moslama (15) bor.

Rotor qobiq (4) bilan qoplangan. Qobiqning yuqorigi qismi yuklovchi moslama (7) bilan jihozlangan va qopqoq (8) bilan yopilgan. Sentrifuganing aylanishi quyidagi tarzda amalga oshiriladi. Elektrodvigatel (11) ning validagi aylanma harakat turbomufrta (12), tasmali uzatma (13) va uzatma g'ildiragi (14) yordamida sentrifuganing valiga beriladi. Filtrlovchi sentrifuga rotori qo'shimcha qilib qo'yiladigan g'alvirsimon material bilan qoplanadi.

Mayatnikli sentrifugalar bir qator afzalliklarga ega: tuzilishi oddiy va ixcham; vazni kam; narxi arzon. Bunday uskunalarning kamchiligi ham bor: sentrifugadan cho'kmani tushirishda qo'l kuchidan foydalaniladi; bunday ishni bajarish uchun uskunani davriy ravishda to'xtatib turishga to'g'ri keladi. Shu sababdan sanoatda ishlatilayotgan bunday rusumli sentrifugalarning soni kamayib bormoqda. Ularning o'rnini mayatnikli sentrifugalarning mukammallashgan turlari – cho'kmani mexanizatsiya yo'li bilan (ya'ni pichoq yoki qisqich yordamida) tushiriladigan uskunalar



2.14-rasm. To'rli gazsepartori:
1-qobiq; 2-to'rli koagulator; 3-to'rli qaytargich(demister);
4-tinchlanturuvchi panjara. Oqimlar: I-dastlabki gaz; II-tozalangan gaz;
III-suyuqlik.

egallamoqda. 4.14-rasmda tabiiy gazdan suyuqlik tomchilarini ushlab qolishga mo'ljallangan gazseparatorining sxemasi ko'rsatilgan. Dastlabki gaz avval to'rli koagulator (2) ga beriladi, u yerda mayda tomchilarning yiriklashuvchi va ularning qisman ajralishi yuz beradi. So'ngra gaz oqimi turli qaytargich (demister) (3) orqali o'tayotganida o'zining tarkibida bo'lgan tomchili suyuqlikdan ajraladi. Demister diametri 0,2÷0,3 mm li po'lat simdan tayyorlanib, teshiklari 4÷5 mm bo'lgan qat-qat burma qilib to'qilgan to'rdan iborat bo'ladi.

4.6. GAZLARNI SUYUQLIK YORDAMIDA TOZALASH

Gazlarni yuvish yo'li bilan changdan tozalash usuli qo'llanilganda changli oqim tomchi yoki plyonka holatidagi suyuqlik bilan kontaktda bo'ladi. Gidrofil xossasiga ega bo'lgan chang suyuqlik yuzasiga yopishib, u bilan birgalikda uskunadan tashqariga chiqariladi. Chang yuvishning kamchiligi – ifloslangan oqova suyuqliklarning hosil bo'lishidir. Bunday oqova suvlar tozalashni talab qiladi. Gaz yuvish usuli yordamida juda kichik zarrachalar (0,1 mkm gacha) ni ushlab qolish imkoniyati mavjud va juda yuqori (99 % gacha) tozalash darajasiga erishish mumkin. Gaz yuvuvchi uskunalarning chang ushlashidan tashqari bir vaqtning o'zida quyidagi vazifalarni hal qilish maqsadida ishlatish mumkin: gazlarni sovitish yoki namlash; chang bilan birgalikda tomchi va tumanlarni ushlab qolish; gaz qo'shimchalarini absorbsiyalash.

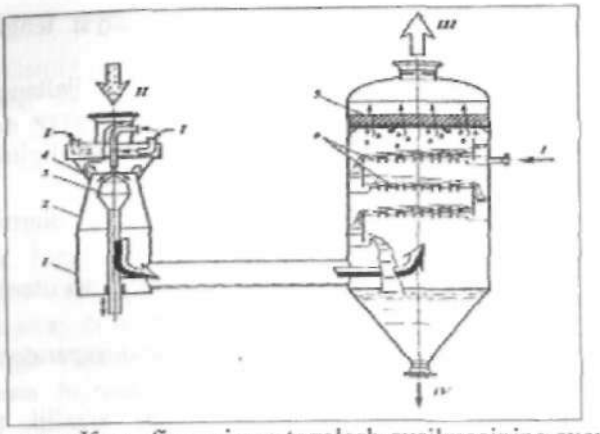
Gazyuvuvchi uskunalar kamchiliklardan xoli emas: a) uskuna va quvurlar yuzalariga chang zarrachalarining yopishib qolishi; b) suyuqlik (odatda suv) ning sarfi ancha katta; d) gazlarni, ayniqsa, metallarni yemiruvchi gazlarni, tozalash uchun uskuna va quvurlarni korroziyadan himoya qilish talab qilinadi; e) past haroratlarda (0^0C dan kam) ishlatish mumkin emas, chunki suv muzlab qoladi; f) katta tezlik bilan ishlaydigan uskunalar uchun qo'shimcha tomchi ushlagichni o'rnatish talab qilinadi.

Gazyuvuvchi uskunalar quyidagicha sinflanadi: 1) fazalar kontakt yuzasining turiga ko'ra: suyuqlikni sochib beruvchi, qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan nasadkali, tarelkali (barbotajli va ko'pikli), plyonkali (suv plyonkali siklonlar va uyurmali chang ushlagichlar); 2) ish prinsiplariga ko'ra: gravitatsion, markazdan qochma, zarba-inersion, oqimchali va mexanik gazyuvuchi uskunalar; 3) energiya sarfiga ko'ra

uch guruhga bo'linadi: past naporli chang ushlagichlar – gidravlik qarshiligi 1500 Pa gacha (suyuqlikni sochib beruvchi, tarelkali, markazdan qochma va hokazo), o'rta naporli chang ushlagichlar – qarshiligi 1500 dan 3000 Pa gacha (nasadkali, mexanik, zarba-inersion va hokazo), yuqori naporli uskunalar (Venturi quvuri, dezintegratorlar va hokazo).

Gazyuvuchi uskunalarda mexanik (markazdan qochma, ultratovushli), pnevmatik (suyuqlikning sochilishi gaz yordamida amalga oshiriladi) va elektrik forsunkalar ishlatiladi. Forsunka-suyuqliklarni purkab beruvchi asbob. Mexanik forsunkalar eng ko'p tarqalgan bo'lib, tuzilishi sodda, narxi arzon, ishlatish qulay. 1 t suyuqlikni o'lchami 0,001 dan 3,5 mm gacha bo'lgan tomchilar holatida sochish uchun 2÷20 kVt energiya sarf bo'ladi.

4.15-rasmda Venturi skrubberi va uchta tarelkali barbotajli chang ushlagichdan iborat bo'lib, gazlarni suyuqlik yordamida tozalashga mo'ljallangan qurilmaning prinsipial sxemasi berilgan. Changli gaz Venturi quvuri (1) ning yuqorigi qismiga beriladi va uning bo'g'zidan o'tayotganida suv bilan aralashadi. Suvning bir qismi tangensial yo'nalish bilan konfuzor (4) ning yuqorigi qismiga beriladi, qolgan qismi esa to'g'ridan-to'g'ri Venturining bo'g'ziga yuboriladi. Venturi skrubberining ishlash prinsipi yuqori tezlik (40÷150 m/s) bilan harakat qilayotgan gaz oqimi yordamida suyuqlikni tomchilarga ajratishga asoslangan. Hosil bo'lgan gaz-suv aralashmasi barbotajli chang ushlagichning yuvuvchi seksiyasiga kiradi va u yerga kirishda pastki tarelkaning quyilish moslamasidan tushayotgan suyuqlik oqimidan o'tadi. So'ngra gaz oqimi ketma-ket barbotajli qatlamga ega bo'lgan uchta klapanli tarelkalar (6) orqali yuqori tomonga harakat qiladi. Gaz oqimidan suyuqlik tomchilarini ushlab qolish jarayoni yuqorigi tarelkaning tepasida joylashtirilgan to'rli qaytargich (5) da yuz beradi. Tozalanishi lozim bo'lgan gazning sarfi o'zgargan paytda uning Venturi quvuri bo'g'zidagi tezligini bir xil ushlab turish zarur. Bunday sharoitda gazni tozalash darajasi deyarli o'zgarmay qoladi. Boshqaruvchi konus (3) yordamida gazning Venturi quvuri bo'g'zidagi tezligi bir xil darajada ushlab turiladi.



4.15-rasm. «Kox» firmasi gaz tozalash qurilmasining sxemasi:
1–Venturi quvuri; 2–diffuzor; 3–boshqaruvchi konus; 4–konfuzor;
5–to'rli qaytargich (demister); 6–klapanli tarelkalar. *Oqimlar:* I–suv;
II–dastlabki gaz; III–tozalangan gaz; IV–chiqindilar.

Tayanch so'z va iboralar

Suspenziyalar, emulsiyalar, ko'piklar, changlar, tutunlar, tumanlar, aerozollar, cho'ktirish, filtrlash, sentrifugalash, suyuqlik yordamida ajratish, cho'kish tezligi, Stoks tenglamasi, shakl koeffitsiyenti, Reynolds mezoni, Arximed mezoni, koagulatsiya, ajratish omili, tindirish uskunalari, neftushlagich, siklonlar, cho'ktiruvchi sentrifugalar, separatorlar, elektr maydonida cho'ktirish, elektrodegidratorlar, gazlarni suyuqlik yordamida tozalash, Venturi skrubberi, barbotajli chang ushlagich.

Mustaqil ishlash uchun savollar

4.1. Turli jinsli sistemalarni ajratish uchun qanday gidromexanik usullardan foydalaniladi?

4.2. Laminar oqim uchun zarrachaning erkin cho'kish tezligini qaysi tenglama orqali aniqlash mumkin?

4.3. Turbulent oqim uchun zarrachaning erkin cho'kish tezligini aniqlashda qaysi tenglamadan foydalaniladi?

4.4. Suyuqlikning barcha rejimlari uchun siqilgan holatdagi cho'kish tezligini qaysi tenglama yordamida aniqlanadi?

4.5. Cho'ktirish uskunalarining yuzasini qaysi tenglama orqali aniqlash mumkin?

4.6. Oqova suvlardan neftni tozalash uchun mo'ljallangan tindirish uskunasining ishlashi qaysi prinsipga asoslangan?

4.7. Markazdan qochma uskunalarning samaradorligini qaysi omil orqali bilish mumkin?

4.8. Siklonlar necha guruhga bo'linadi va ularning ishlash prinsiplari qanday izohlanadi?

4.9. Batareyali siklonlar qanday tuzilishga ega va ularning afzallik tomonlari nimalardan iborat?

4.10. Cho'ktiruvchi sentrifuganing tarelkali separatordan farqini qanday tushuntirish mumkin?

4.11. Elektron maydonida cho'ktirishning afzallik tomonlariga nimalar kiradi?

4.12. Elektrodegidratorlar qanday tuzilgan va ularning ishlash prinsiplari nimalarga asoslangan?

4.13. Bosimlar farqi ta'sirida yuz beradigan filtrlashning umumiy tenglamasi qanday ifoda qilinadi?

4.14. Mayatnikli sentrifuganing ishlash prinsipini qanday tushuntirish mumkin?

4.15. Gazseparatorining tuzilishi va uning ishlash prinsipi nimalarga asoslangan?

4.16. Gazlarni suyuklik yordamida tozalashning afzallik tomonlariga nimalar kiradi?

4.17. Gazlarni suyuqlik yordamida tozalashga mo'ljallangan ikki bosqichli qurilma qanday tuzilishga ega?

V bob. SUYUQ MUHITLARNI ARALASHTIRISH

5.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Suyuqlik bilan bog'liq bo'lgan sistemalar (suyuqlik-suyuqlik, suyuqlik-qattiq jism, suyuqlik-gaz) dagi aralashtirish eng muhim gidromexanik jarayon bo'lib, muhitga tashqi kuch ta'sirida qo'shimcha impuls berishga asoslangan. Suyuqlik yoki gazning ingichka oqimi ta'sirida uskuna hajmidagi oquvchan muhit zarrachalarini bir-biriga nisbatan ko'p marotaba siljitishga asoslangan jarayon aralashtirish deb ataladi.

Suyuqlik muhitlari, pastasimon va qattiq sochiluvchan materiallarni aralashtirish quyidagi maqsadlar uchun ishlatiladi: a) qattiq zarrachalarni suyuqlik hajmida bir tekis tarqatish (suspenziya hosil qilish); b) suyuqlik zarrachalarini tegishli o'lchamlargacha maydalash va ularni suyuq muhitda bir tekis tarqatish (emulsiya hosil qilish); d) gaz zarrachalarini suyuqlikda bir tekis tarqatish (aeratsiya); e) suyuqlikni isitish yoki sovitish jarayonlarini jadallashtirish; f) aralashadigan sistemalardagi (masalan, qattiq materiallarni suyuqlik yordamida eritish) modda almashinishini jadallashtirish.

Aralashtirish paytida chegara qatlamning qalinligi kamayadi va o'zaro ta'sir qiladigan fazalarni ajratuvchi yuza doimo yangilanib turadi. Bunda muhitning turbulentlik darajasi ortib, fazalar o'rtasidagi issiqlik yoki modda almashinish shart-sharoitlari yaxshilanadi. Oqibat natijada suyuq muhitlarni aralashtirish kimyoviy, issiqlik va modda almashinish jarayonlari tezligining ko'payishiga olib keladi.

Suyuqliklarni aralashtirish moylar, surkov materiallari, moylash-sovitish vositalari va sintetik yog' kislotalarini ishlab chiqarish jarayonlarida, neft xomashyosini tuzsizlantirishda, uglevodorodlarni xlorlashda, lak-bo'yoqlarni sovitishda va boshqa bir qator jarayonlarda keng qo'llaniladi.

Neft va gazni qayta ishlash sanoat korxonalarida aralashtirishning quyidagi usullaridan foydalaniladi: 1) mexanik; 2) pnevmatik; 3) sirkulatsion; 4) turbulizator yordamida. Bu usullarni tanlash paytida bir necha shart-sharoitlar hisobga olinadi: aralashtirishning maqsadi; jarayonning asosiy kattaliklari (harorat, bosim); aralashadigan muhitning xossalari;

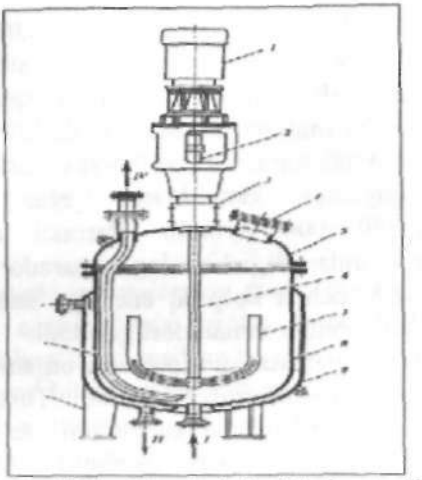
uskunaning ish unumdorligi.

Aralashtiruvchi uskunalarning eng muhim kattaliklari qatoriga samaradorlik va jadallashtirish darajasi kiradi. Har xil jarayonlarda aralashtirish samaradorligi turlicha bo'lishi mumkin. Masalan, agar qattiq moddaning suyuqlikdagi suspenziyasi tekshirilayotgan bo'lsa, aralashtirish samaradorligi qattiq modda zarrachalarining suyuqlikda bir xil tarqalish vaqti bilan belgilanadi. Agar aralashtirish issiqlik almashinishini tezlatish uchun ishlatsa, u holda jarayon samaradorligi muhitdagi issiqlik berish koeffitsiyentining qanchaga ko'payishi bilan ifoda qilinadi. Aralashtirishning jadallashtirish darajasi vaqt birligi ichida aralashayotgan suyuqlik hajmi birligi yoki massasi birligiga sarflanayotgan energiya miqdori bilan o'lchanadi.

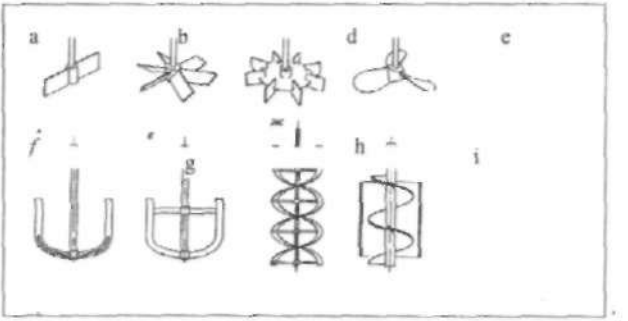
5.2. MEXANIK USUL BILAN ARALASHTIRISH

Neft va gazni qayta ishlash texnologiyalarida suyuq muhitni aralashtirish uchun turli tuzilishga ega bo'lgan maxsus aralashtiruvchi uskunalar ishlatiladi. Aralashtiruvchilar aylanma harakatni (yoki murakkabroq bo'lgan boshqacha harakatni) elektr motori va reduktordan iborat bo'lgan tashqi uzatma yordamida amalga oshiradi. 5.1-rasmda yakorli aralashtirgichning tuzilishi berilgan. Aralashtiruvchilar turli xil bo'lib, shartli ravishda ikki tur (tez harakat qiluvchi va sekin harakat qiluvchi) ga bo'linadi (5.2-rasm). Tez harakat qiluvchi uskunalar qatoriga bir parrakli, ko'p parrakli, turbinali va propellerli aralashtirgichlar kiritiladi. Yakorli, ramali, lentali va shnekli aralashtirgichlar esa sekin harakat qiluvchi uskunalarni tashkil etadi.

Parrakli aralashtirgichlar bir yoki bir necha parrakdan iborat bo'ladi. Bir parrakli oddiy aralashtirgichlar qovushoqligi kichik bo'lgan ($\mu<0,1$ Pa·s) suyuqliklarni aralashtirish uchun ishlatiladi. Qovushoqligi katta bo'lgan suyuqliklarni aralashtirish uchun ko'p parrakli va maxsus tayyorlangan aralashtirgichlardan foydalaniladi. Cho'kma ajratuvchi sistemalarni aralashtirish uchun yakorli aralashtirgichlar ishlatiladi. Agar aralashtirgichning diametrini d, uning diametrini D, parrakning kengligini v, uskunaning tubidan aralashtirgichgacha bo'lgan masofani h bilan belgilasak, u holda parrakli aralashtirgichlar quyidagi o'lchamlarga ega bo'ladi: $d=(0,6\div0,9)D$; $v=(0,1\div0,2)D$; $h\leq0,3D$. Parrakli aralashtirgichlar minutiga 400 gacha aylanishi mumkin, odatda $n=20\div80$ ayl/min bo'lgan aralashtirgichlar ko'proq ishlatiladi.



5.1-rasm. Yakorli aralashtirgichning tuzilishi:
1–motor-reduktor; 2–mufta; 3–zichlantirgich; 4–qopqoqli tuynuk; 5–qopqoq; 6–val; 7–yakorli aralashtiruvchi moslama; 8–qobiq; 9–g'ilof; 10–tayanch; 11–mahsulot chiqarish quvuri. Oqimlar: I–dastlabki aralashmaning kirishi; II–issiqlik (yoki sovuqlik) tashuvchining chiqishi; III–issiqlik (yoki sovuqlik) tashuvchining kirishi; IV–mahsulotning chiqishi.



5.2-rasm. Aralashtiruvchi moslamalar:
a-e–tez harakatlanuvchi; f-i–sekin harakatlanuvchi: a–parrakli; b–oltita qiya kurakchali; d–ochiq rusumli turbinali; e–propellerli; f–yakorli; g–ramali; h–lentali; i–shnekli.

Propellerli aralashtirgichlarning asosiy ish organi o'qqa o'rnatilgan propeller (yoki vint) dan iborat. O'q gorizontal, vertikal yoki qiya o'rnatilgan bo'lishi mumkin. Vintlar ikki yoki uch qanotli bo'ladi.

Qanotlar suyuqlikda xuddi vint kabi harakat qiladi. Propellerli aralashtirgichlarni harakatchan va qovushoqligi biroz katta bo'lgan (μ<6 Pa·s) suyuqliklarni aralashtirish uchun ishlatish maqsadga muvofiqdir. Bunday aralashtirgichlar muhitlarni yaxshi aralashtirganda katta tezlik bilan aylanadi (ayrim sharoitlarda n=40 ayl/s gacha yetadi). Vintli aralashtirgichlar quyidagi kattaliklarga ega: d=(0,25÷0,33)D; h=(0,5÷1)D; n=150÷1000 ayl/min. Parrakli aralashtirgichlarga qaraganda propellerli aralashtirgichlarning samaradorligi ancha yuqori, biroq ularning ishlashi uchun ko'proq energiya sarflanadi. Vint qiya joylashtirilsa, aralashtirishning samaradorligi ortadi.

Turbinali aralashtirgichlarning asosiy ish organi turbina g'ildiragi bo'lib, u vertikal o'qqa joylashtirilgan bo'ladi. Turbina g'ildiragining ishlash prinsipi markazdan qochma kuchlarning ta'siriga asoslangan. Suyuqlik aralashtirgichning markaziy teshikchalaridan kirib, u yerda markazdan qochma kuchlar ta'sirida tezlanish olgan holda g'ildirakdan radial yo'nalishda chiqib ketadi. G'ildirakda suyuqlik vertikal yo'nalishdan gorizontal yo'nalishga o'tib, undan katta tezlik bilan chiqadi. Bunday aralashtirgichlar qovushoqligi kam va katta bo'lgan (μ<500 Pa·s) suyuqliklarni aralashtirish uchun ishlatiladi. Turbinali aralashtirgichlar uchun d=(0,15÷0,6)D; n=200÷2000 ayl/min. Bunday aralashtirgichlarning samaradorligi juda yuqori. Turbinali aralashtirgichlarni tarkibida o'lchami 25 mm gacha bo'lgan zarrachalarni ushlagan suyuqliklarni aralashtirish uchun ham qo'llash mumkin.

Aralashayotgan suyuqliklarning gidrodinamik rejimi modifikatsiya qilingan Reynolds mezonining qiymati bilan aniqlanadi:

$$Re_m = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{\rho n d^2}{\mu}, \qquad (5.1)$$

bu yerda, n – aralashtirgichning aylanish chastotasi, ayl/s; ρ – aralashayotgan suyuqlikning zichligi, kg/m^3; μ – aralashayotgan suyuqlikning qovushoqligi, Pa·s; d – aralashtirgichning diametri, m.

Mexanik aralashtirishdagi quvvat sarfi N quyidagi kriterial tenglama asosida topiladi:

$$Eu_m = C\,Re_m^R, \qquad (5.2)$$

bu yerda,

$$Eu_m = \frac{N}{\rho n^3 d^5} = K_N. \qquad (5.3)$$

O'lchamsiz komplek $\frac{N}{\rho n^3 d^5}$ Eyler mezoni (Eu_m) yoki quvvat mezoni (K_N) deb ataladi.

Koeffitsiyent S va daraja ko'rsatgichi R ning qiymatlari tajriba yo'li bilan aniqlanib, aralashtirgichning turiga, uskunaning tuzilishiga va aralashtirish jarayonining rejimiga bog'liq bo'ladi.

Agar uskunadagi suyuqlikning balandligi N uning diametri D ga teng bo'lmasa, (5.3) tenglamasi bo'yicha aniqlangan quvvatning qiymati tuzatish koeffitsiyentiga ko'paytirilishi kerak:

$$f_n = \sqrt{\frac{H}{D}}. \qquad (5.4)$$

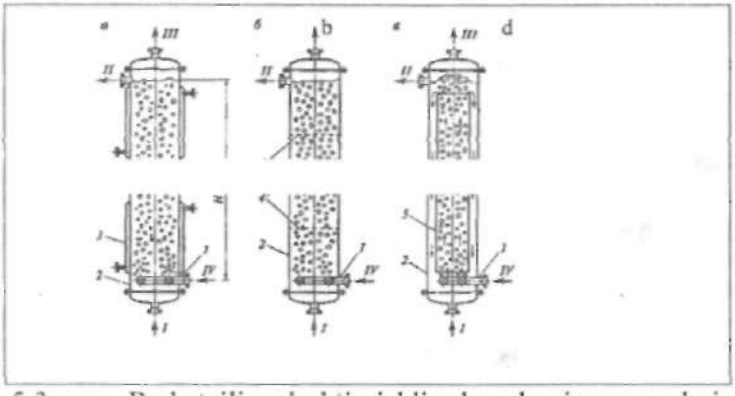
Aralashtiruvchi uskunalarning asosiy normallashtirilgan rusumlari uchun maxsus adabiyotlarda tajriba orqali erishilgan K_N va Re_M oralig'ida grafik bog'liqlar berilgan bo'ladi.

Mexanik usul bilan aralashtirish paytida ikki xil rejim (laminar va turbulent) bo'lishi mumkin. Laminar ($Re_M<30$) rejim suyuqlik sekin tezlik bilan aralashtirilganda yuzaga chiqadi, bunday holatda suyuqlik aralashtirgich parraklarining atrofidan bir tekisda aylanib oqadi va ular bilan birgalikda aylanma harakat qiladi. Aralashtiruvchi moslamaning tezligi ortishi bilan muhitning qarshiligi kuchayadi va oqibat natijada turbulent rejim paydo bo'ladi ($Re_M>100$). Turbulentlik darajasi yuqori bo'lganda ($Re_M>10^5$) quvvat mezoni K_N amaliy jihatdan modifikatsiya qilingan Reynolds mezoni Re_M ga bog'liq bo'lmay qoladi. Bunday holatni avtomodel rejimi deb yuritiladi, bunday rejimda energiya sarfi faqat inersion kuchlar orqali topiladi.

5.3. PNEVMATIK ARALASHTIRISH

Qovushoqligi uncha katta bo'lmagan (taxminan $\mu<200$ Pa·s) suyuqliklarni aralashtirish uchun hamda donasimon materiallarni suvda yuvish uchun pnevmatik usul (yoki barbotajli aralashtirish) qo'llaniladi. Ayrim sharoitlarda pnevmatik aralashtirish uchun havo o'rniga suv bug'i ishlatiladi, bunday sharoitda aralashtirishdan tashqari suyuqlikning isishi ham yuz beradi. Pnevmatik aralashtirish uchun gaz yoki bug' suyuqlik tarkibiga soplodagi teshiklar (yoki barbotyor) orqali o'tadi. Bunda gaz (yoki bug') ning ingichka oqimlari pufakchalarga ajralib, suyuqlik massasi bo'ylab yuqoriga ko'tariladi. Bunday sharoitda hosil bo'lgan pufakchalar o'zi bilan birga suyuqlik zarrachalarini ergashtirib ketadi, bundan tashqari, pufakchalarning harakatiga qarama-qarshi, suyuqlikning barbotaj qilinmagan qismining harakati boshlanadi. Oqibat natijada suyuqlik muhitida aralashtirish yuz beradi.

5.3-rasmda barbotajli aralashtirish usuli bilan ishlaydigan uskunalarning sxemalari ko'rsatilgan. Ushbu uskunalarning pastki qismida barboter (1) o'rnatilgan (5.3-rasm, a). Aralashtirgichning pastki qismida joylashgan barbotyor yordamida gaz yoki bug' oqimi uskunaning ko'ndalang kesimi bo'yicha bir tekisda taqsimlanadi. Barbotyor sifatida odatda teshiklari bo'lgan quvurlar ishlatiladi. Barbotyordagi gazning chiqishi uchun mo'ljallangan teshikning diametri gazni uskunaga kiritadigan kollektor diametriga nisbatan ancha kichik bo'lishi kerak. Bunday sharoitda gaz oqimi barbotyordagi barcha teshiklar bo'yicha bir tekis tarqalishiga erishiladi. Agar barbotajli aralashtirgichi bo'lgan uskuna kimyoviy reaktor sifatida qo'llanilsa, uskuna qobig'i (2) sovitish g'ilofi (3) bilan jihozlanadi.

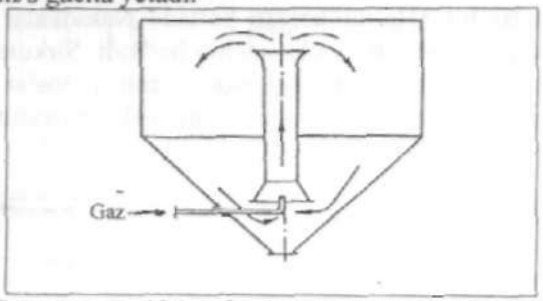


5.3-rasm. Barbatojli aralashtirgichli uskunalarning sxemalari: a–ichi bo'sh; b–seksiyali; d–gazliftli; 1–barbotyor; 2–qobiq; 3–sovitish g'ilofi; 4–seksiya hosil qiluvchi to'siqlar; 5–sirkulatsiya quvuri. Oqimlar: I–dastlabki suyuqlik; II–chiqayotgan suyuqlik; III–chiqayotgan gaz; IV–kirayotgan gaz.

Barbotajli uskunalarda gazning ko'ndalang kesimning erkin yuzasiga nisbatan olingan tezligi 0,1 m/s dan ortmasligi kerak. Gazning o'ta yuqori tezliklarida aralashmadagi gaz miqdorining ko'payishi, aralashtirilishi lozim bo'lgan suyuqlikning berilgan ma'lum miqdorida, uskuna umumiy hajmining kattalashib ketishiga olib keladi. Bundan tashqari, gazning yuqori tezliklarida katta o'lchamlardagi pulsatsiyalar paydo bo'ladi, oqibat natijada bosimning pulsatsiyasi va uskunaning tebranishi yuzaga chiqadi.

Yengil uchuvchan suyuqliklarni pnevmatik usul bilan aralashtirish mumkin emas, chunki bunday sharoitda ular aralashtirayotgan gaz bilan birga chiqib ketadi.

Sochiluvchan donador jismlarni pnevmatik aralashtirish uchun erlift prinsipidan foydalaniladi (5.4-rasm). Havo kompressor yordamida markaziy quvurga yuboriladi. Bunday sharoitda markaziy quvur ichida gaz, suyuqlik va qattiq jismning aralashmasi paydo bo'ladi, bu aralashmaning zichligi idishning boshqa qismidagi aralashma zichligidan kam bo'ladi. Ushbu zichliklarning ayirmasi ta'sirida uskunadagi butun massaning sirkulatsion harakati paydo bo'ladi. Erliftdagi gazning keltirilgan tezligi 2 m/s gacha, sirkulatsion oqimning tezligi esa 1 m/s gacha yetadi.



5.4-rasm. Erliftdan foydalanilgan aralashtirgich.

Ayniqsa, gazni (masalan, havo kislorodini) suyuqlik bilan kimyoviy reaksiyaga kirishi zarur bo'lgan paytda pnevmatik usulni qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi. Bunday aralashtirishni aeratsiya deb yuritiladi. Aeratsion uskunalarning samaradorligi suyuq muhitning aralashishidan tashqari kislorod bilan to'yinish darajasi orqali ham belgilanadi.

Pnevmatik aralashtiruvchi uskunalarni hisoblash tegishli bosimni va siqilgan havo sarfini aniqlashdan iboratdir. Aralashtirish uchun zarur bo'lgan siqilgan havoning bosimi (P, Pa) quyidagi tenglama orqali aniqlanishi mumkin:

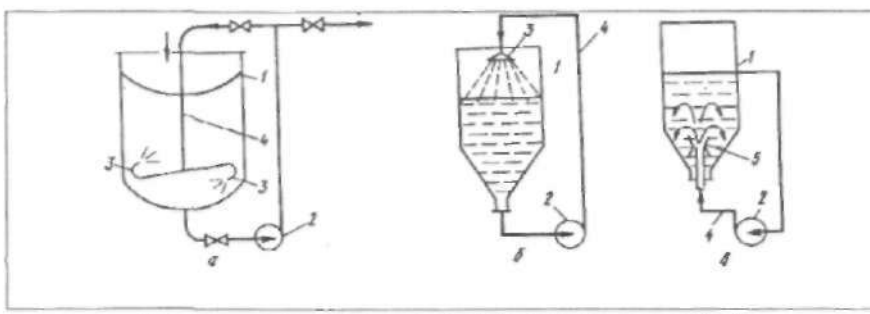
$$R = 1{,}2\, N\rho_s g + PR_0 \,, \qquad (5.5)$$

Bu yerda, N – aralashayotgan suyuqlik ustunining balandligi, m;ρ_s– aralashayotgan suyuqlikning zichligi, kg/m^3; P_0 – suyuqlik ustidagi bosim, Pa. Havo liniyasidagi bosimning yo'qolishini suyuqlik ustuni qarshiligining 20 foiziga teng deb olingan (koeffitsiyent 1,2).

Uskunadagi suyuqlikning 1 m^2 erkin yuzasiga to'g'ri kelgan havo sarfini quyidagicha qabul qilinadi: sekin aralashtirishda – 0,8 $m^3/m^2 \cdot min$, jadall aralashtirishda – 1 $m^3/m^2 \cdot min$ (yoki 60 $m^3/m^2 \cdot soat$). Barbotyor teshiklardan chiqayotgan gazning tezligi 20÷40 m/s ni tashkil etadi.

5.4. ARALASHTIRISHNING BOSHQA USULLARI

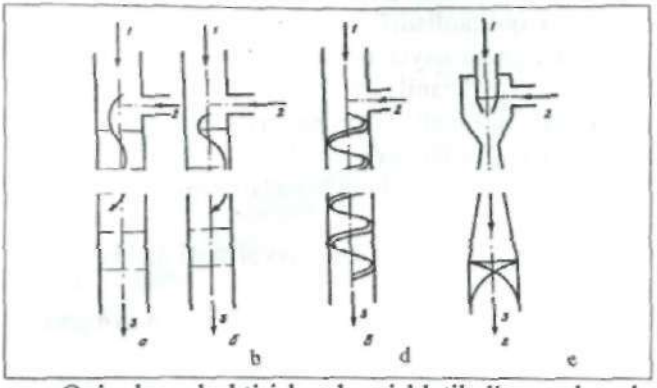
Sirkulatsion aralashtirish. Suyuq muhitni jadal aralashtirish uchun sirkulatsion nasosdan foydalaniladi (5.5-rasm). Suyuqlik haydaladigan quvurlar gorizontal yuzaga nisbatan biroz qiya qilib, uskuna devoriga urunma holatida birlashtiriladi. Quvurlarning uchlari maxsus nasadkalar bilan ta'minlangan bo'ladi. Nasadkalar yordamida suyuqlik uskunaning hajmi bo'yicha sochib beriladi. Sirkulatsion nasos sifatida markazdan qochma va ingichka oqimli nasoslar ishlatiladi. Nasosning ish unumdorligi ko'paygan sari sirkulatsiyaning samaradorligi ortadi.



5.5-rasm. Sirkulatsion aralashtirgichning sxemalari:
a, b–sirkulatsion nasos bilan; d–sirkulatsion nasos va ejektor bilan;
1–uskuna; 2–sirkulatsion nasos; 3–sochqich; 4–quvur; 5–ejektor.

Turbulizatorlar yordamida aralashtirish. Suyuqlikni oqim bo'ylab ko'p marotaba aralashtirish uchun quvurlarga yoki ularga joylashtirilgan aralashtirgichlarga maxsus turbulizatorlar o'rnatiladi. Turbulizatorlar (boshqacha qilib aytganda statik aralashtirgichlar) qatoriga diafragmalar, oqim kesuvchilar, yarimta to'siqlar, vintlar kiradi (5.6-rasm). Turbulizatorlarga kirganda oqim o'zining qiymati va yo'nalishini o'zgartiradi. Aralashtirishning ushbu turida oqimning energiyasi sarf bo'ladi. Turbulizatorlar yordamida olib boriladigan

aralashtirish ko'p energiya talab qiladi. Bu usul suyuqliklar o'zaro eruvchanlik xossalariga ega bo'lgan va aralashma komponentlarining qovushoqligi nisbatan kam bo'lgan sharoitda qo'llaniladi. Suyuqlik oqimi katta tezlik bilan harakat qilgan sharoitda va quvurning uzunligi nisbatan katta bo'lganda turbulizatorlar yordamida aralashtirish maqsadiga muvofiq bo'ladi.



5.6-rasm. Oqimda aralashtirish uchun ishlatiladigan uskunalarning sxemalari:
Kiritilgan qo'shimcha: a–diafragma; b–yarimta to'siqlar; d–vint; e–ingichka oqimli aralashtirgichda vint; 1,2–aralashma komponentlarining kirishi; 3 – aralashmaning chiqishi.

Oqimning o'zida aralashtirishni hisoblash paytida turbulizatorlar mahalliy qarshiliklar sifatida olinadi.

Sanoatning ba'zi bir sohalarida vibratsiyali va pulsatsiyali aralashtirgichlar ham ishlatilmoqda. Vibratsiyali aralashtirgich disk shaklida bajarilgan bo'lib, qaytarilma-ilgarilma harakat qiluvchi vertikal o'qqa biriktirilgan bo'ladi. Pulsatsion aralashtirgich esa gaz oqimiga impuls berib turadigan pulsator bilan biriktirilgan bo'ladi. Pulsatsion va vibratsion tebranishlardan foydalanish suyuq muhitlarda aralashtirish samaradorligini oshirishga olib keladi.

Tayanch so'z va iboralar

Suyuq muhitlarni aralashtirish, suspenziya, emulsiya, aeratsiya, mexanik aralashtirish, pnevmatik aralashtirish, sirkulatsion aralashtirish, turbulizator yordamida aralashtirish, tez harakat qiluvchi aralash-

tirgichlar, sekin harakat qiluvchi aralashtirgichlar, modifikatsiya qilingan Reynolds mezoni, Eyler mezoni, barbotyor, erlift, sirkulatsion aralashtirish, turbulizatorlar.

Mustaqil ishlash uchun savollar

5.1. Suyuq muhitlarni aralashtirish jarayoni qanday maqsadlarni amalga oshirishda qo'llaniladi?

5.2. Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasida aralashtirishning qanday usullaridan foydalaniladi?

5.3. Parrakli, turbinali va propellerli aralashtirgichlarning ishlash prinsiplarida qanday farqlar bor?

5.4. Yakorli, ramali va shnekli aralashtirgichlar qanday maqsadlar uchun ishlatiladi?

5.5. Mexanik aralashtirishdagi quvvat sarfi qanday tenglama orqali aniqlanadi?

5.6. Barbotajli aralashtirish usuli bilan ishlaydigan uskunaning ishlash prinsipini qanday tushuntirish mumkin?

5.7. Qanday jismlarni aralashtirish uchun erlift prinsipidan foydalaniladi?

5.8. Barbotajli aralashtiruvchi uskunalar uchun zarur bo'lgan siqilgan havoning bosimini qaysi tenglama orqali aniqlash mumkin?

5.9. Sirkulatsion aralashtirishning mohiyati nimadan iborat?

5.10.Turbulizatorlar yordamida aralashtirishning o'ziga xos tomonlari qanday bayon qilinadi?

VI bob. DONADOR MATERIALLAR QATLAMI GIDRODINAMIKASI

6.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Kimyoviy texnologiyada donador materillar qatlami orqali gaz, bug‘ yoki tomchili suyuqlikning harakati bilan bog‘liq bo‘lgan jarayonlar keng tarqalgan. Bunda donador materiallar sifatida katalizatorlar, adsorbentlar, issiqlik tashuvchi jismlar, filtrlovchi materiallar va boshqalar ishlatiladi. Donador material zarrachalari turli shakl (shar, silindr, tabletkasimon, erkin shaklli dona)ga ega bo‘lishi mumkin. Donador material qatlami ikki xil bo‘ladi: monodispersli (bir xil o‘lchamli zarrachalardan tashkil topgan); polidispersli (turli o‘lchamli zarrachalardan tashkil topgan).

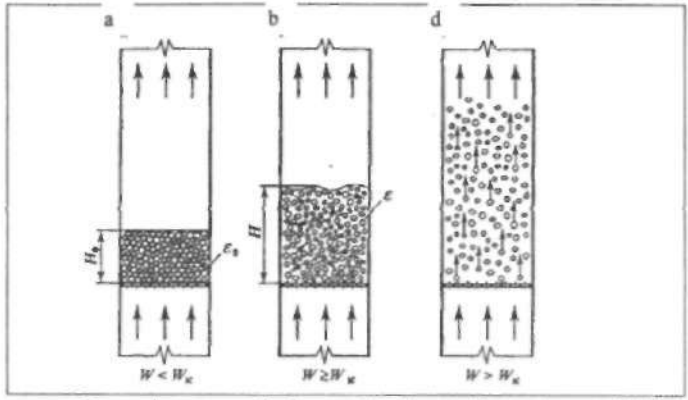
Gaz yoki suyuq faza donador materiallar qatlami orqali harakat qilgan paytida oqim zarrachalarning oralig‘idagi egri-bugri g‘ovaksimon kanallarni to‘ldiradi. Donador qatlam uch xil holatda bo‘lishi mumkin.

Zich qatlam – zarrachalar bir-biriga tegib turadi, qatlamdan o‘tayotgan gaz yoki suyuq fazaning tezligi o‘zgargan paytda ham zarrachalar oralig‘idagi masofa va qatlamning hajmi o‘zgarmaydi. Zich qatlam qo‘zg‘almas yoki qo‘zg‘aluvchan bo‘lishi mumkin.

Mavhum qaynash qatlami – donador material qatlami orqali gaz yoki suyuqlik o‘tayotgan paytda, oqimning ta’sirida barcha zarrachalar qatlam doirasida xaotik ravishda harakat qiladi. Bunday holatni qaynayotgan suyuqlikka o‘xshatish mumkin. Qatlamdan o‘tayotgan oqimning tezligiga qarab zarrachalar oralig‘idagi masofa va qatlamning hajmi o‘zgaradi. Ushbu holat zarrachalarning muallaq (suzib yuruvchi) qatlami deb ham yuritiladi.

Pnevmotransport rejimi – donador material qatlami zarrachalarining gaz yoki suyuqlikning yuqoriga yo‘nalgan harakati bilan birgalikda siljishi.

Donador materiallar qatlamining yuqorida bayon qilingan uchta holati 6.1-rasmda keltirilgan. Ma’lum bir sharoitlarda zich qatlam mavhum qaynash qatlami holatiga, donador materiallarning suzib yuruvchi qatlami esa zarrachalarning transport rejimiga o‘tishi yoki teskari holat ham yuz berishi mumkin.



6.1-rasm. Donador zarrachalar qatlami orqali gaz(suyuqlik) oqimi o'tgan paytda uning turli holatlari sxemasi:
a–zich qatlam; b–mavhum qaynash qatlami; d–zarrachalarning pnevmotransporti.

Neft va gazni qayta ishlash korxonalarida donador materiallarning qo'zg'almas va harakatchan qatlamlaridan gazlarni adsorbsion ajratish, katalitik kreking, riforming va gidrotozalash jarayonlarida, mavhum qaynash qatlamidan esa katalitik kreking, kokslash, gidrokreking qurilmalarida keng foydalaniladi.

6.2. GAZ YOKI SUYUQLIKNING DONADOR MATERIALNING ZICH QATLAMI ORQALI HARAKATI

Bir qator texnologik jarayonlarda gaz, bug' yoki suyuqlik oqimi sochiluvchan donador materiallarning zich qatlami orqali o'tkaziladi (6.1-rasm, a). Ishlatiladigan donador materiallar xilma-xil bo'lib, ularning shakli va o'lchamlari ham har xil bo'ladi. Agar donador materiallarning diametri bir xil bo'lsa, bir o'lchamli qatlam va har xil bo'lsa ko'p o'lchamli qatlam deyiladi. Bu jarayonlarda suyuqlik va gazlar donador materiallarning orasidan va kanallardan o'tadi. Donador materiallarning qatlami gidravlik qarshilik, solishtirma yuza, zarrachalar orasidagi bo'shliq hajm, zarrachalarning o'lchami va shu kabi kattaliklar bilan belgilanadi.

Balandligi N_0 va ko'ndalang kesimi yuzasi G' bo'lgan donador zich qatlamning gidravlik qarshiligi ΔP_q (N/m^2) ni Darsi-Veysbax tenglamasi yordamida aniqlash mumkin:

$$\Delta P_к = \lambda_к \frac{l}{d_э} \frac{\rho w^2}{2}, \qquad (6.1)$$

bu yerda, l – qatlamdagi suyuqlik oqimi o'tadigan kanallarning uzunligi; w – oqimning kanallardagi o'rtacha tezligi; $d_э$ – kanallarning ekvivalent diametri; $\lambda_к = f(\mathrm{Re}_к)$ – qatlamning qarshilik koeffitsiyenti.

Zich qatlam uchun Reynolds mezoni: $\mathrm{Re}_к = \frac{W_0 d_э \rho}{\mu}$, bu yerda, W_0 – suyuqlikning mavhum tezligi; ρ–muhitning zichligi; μ–muhitning dinamik qovushqoqligi.

Mavhum tezlik suyuqlik hajmiy sarfini qatlamning ko'ndalang kesimi yuzasiga bo'lgan nisbatiga teng: $W_0 = \frac{Q}{F}$.

Qatlam kanallaridagi suyuqlikning haqiqiy tezligi:

$$W = \frac{W_0}{\varepsilon_0}, \qquad (6.2)$$

bu yerda, ε_0 – qatlamdagi bo'sh hajmning ulushi.

Donador materiallar orasida bo'sh hajmning qatlam hajmiga nisbati bo'sh hajmning ulushi (yoki g'ovaklilik) deyiladi va ε_0 bilan belgilanadi:

$$\varepsilon_0 = \frac{V - V_3}{V} = \frac{V_б}{V}, \qquad (6.3)$$

bu yerda, V – donador qatlam hajmi; V_3 – qatlamdagi zarrachalar egallagan hajm; V_b – qatlamdagi bo'sh hajm.

Zarrachalarning solishtirma yuzasi (a, m^2/m^3) va ularning oralig'idagi kanallarning ekvivalent diametri (d_E, m) quyidagi tenglamalar yordamida aniqlanadi:

$$a = \frac{6(1-\varepsilon_0)}{d}; \qquad (6.4)$$

$$d_э = \frac{2}{3} d \frac{\varepsilon_0}{1-\varepsilon_0}, \qquad (6.5)$$

bu yerda, d – zarrachalarning diametri, m.

Kanallarning uzunligi l qatlam balandligi N_0 orqali aniqlanishi mumkin:

$$l = \varphi H_0, \qquad (6.6)$$

bu yerda, φ – tajriba orqali aniqlanadigan koeffitsiyent, φ>1.

d_E, w, ℓ qiymatlarini (6.1) tenglamaga qo'yib, quyidagi ifodaga erishamiz:

$$\Delta P_k = \frac{3\lambda_k \varphi H_0 (1-\varepsilon_0) w_0^2}{4 d \varepsilon_0^3}. \qquad (6.7)$$

Laminar oqim uchun qatlamning qarshilik koeffitsiyenti:

$$\lambda_k = \frac{64}{\mathrm{Re}_k} = \frac{64 \cdot 3\mu(1-\varepsilon_0)}{2 w_0 d \rho}. \qquad (6.8)$$

Bunday holatda:

$$\Delta P_k = 72 \frac{(1-\varepsilon_0)^2}{\varepsilon_0^3} \varphi \frac{w_0 \mu H_0}{d_2}. \qquad (6.9)$$

(6.9) tenglama yordamida suyuqlik yoki gazning g'ovaksimon qatlam orqali filtrlash paytida qatlamning gidravlik qarshiligini aniqlash mumkin.

Donador qatlamdagi suyuqlikning turbulent oqimi uchun λ_q ning qiymatini aniqlash juda qiyin vazifa hisoblanadi. Shu sababdan bunday sharoitda ΔR_q ning qiymati quyidagi empirik tenglama bilan topiladi:

$$\Delta P_k = \left[150 \frac{(1-\varepsilon_0)^2}{\varepsilon_0^3} \cdot \frac{\mu w_0}{d^2} + 1{,}75 \frac{(1-\varepsilon_0)}{\varepsilon_0} \cdot \frac{\rho w_0^2}{d} \right] H_0. \qquad (6.10)$$

Agar qatlam zarrachalarining shakli sharsimon bo'lmasa, bunday sharoitda (6.7) va (6.10) tenglamalardan foydalanishda shaklni belgilovchi kattalik ψ – ning qiymati hisobga olinishi kerak:

$$\psi = \frac{f_{sh}}{f_3}, \qquad (6.11)$$

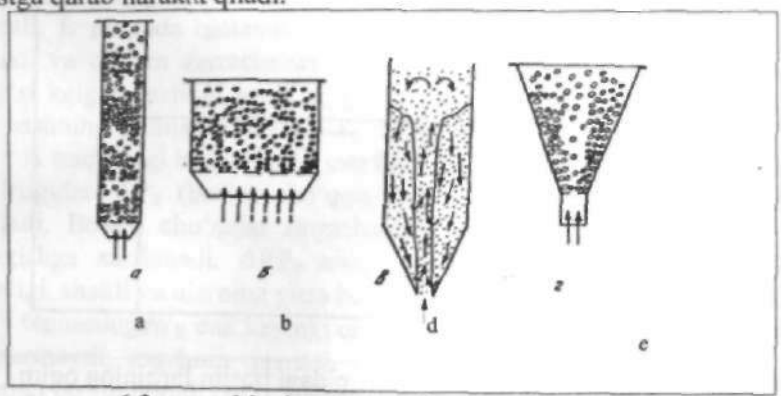
bu yerda, f_3 – tekshirilayotgan zarrachaning haqiqiy yuzasi; f_{sh} – tekshirilayotgan zarrachaning hajmiga teng bo'lgan sharning yuzasi. Masalan, sharsimon zarrachalar uchun φ=1; kub uchun φ=0,806; silindr uchun φ=0,69.

6.3. GAZ YOKI SUYUQLIKNING DONADOR MATERIALNING MUALLAQ QATLAMI ORQALI HARAKATI

Qattiq donador materiallarning mavhum qaynash holati sanoatning turli tarmoqlarida, jumladan, bir qator texnologik jarayonlar (adsorbsiya, desorbsiya, quritish, ekstraksiya, qattiq materiallarni eritish, issiqlik almashinish va hokazo) da istiqbolli usul sifatida keng qo'llanilmoqda. Bu usul qattiq zarrachalar bilan muhit (suyuqlik yoki gaz) o'rtasida uzluksiz kontakt yaratib beradi. Bunday sharoitda jarayonning eng muhim kattaliklari (harorat va konsentratsiya) ning baravarlashishi yuz beradi.

Sanoatda ko'pincha qattiq modda-gaz sistemasidagi mavhum qaynash qatlamli jarayonlar ko'proq ishlatiladi. Bunday sistemalar ko'pincha turli jinsli bo'ladi.

Agar qattiq zarrachalarning o'lchami kattalashib, uskunaning diametri kichiklashsa va gazning tezligi ko'paysa, o'zaro porshenli qatlam paydo bo'ladi (6.2 rasm, a). Porshenli qatlamda qattiq fazaning vertikal yo'nalishdagi aralashtirilishi qiyinlashadi. Nam qattiq materiallar yoki juda kichik o'lchamli (masalan, o'lchami mikron atrofida) materiallar mavhum qaynash holatiga keltirilganda kanal hosil qiluvchi qatlam paydo bo'ladi (6.2-rasm, b). Bunda gaz kanallar orqali o'tib ketadi, qattiq materiallarning asosiy massasi o'zgarmay qolaveradi. Konussimon va konus-silindrsimon uskunalarda kanal hosil qiluvchi qatlam favvorali qatlamga aylanadi (6.2-rasm, d, e). Bunday sharoitda gaz yoki suyuqlik oqimi asosan uskunaning o'qi bo'ylab qattiq zarrachalar bilan birgalikda harakat qiladi va favvora kabi ularni yuqoriga tarqatadi. So'ngra qattiq zarrachalar uskuna devori yonidan pastga qarab harakat qiladi.



6.2-rasm. Mavhum qaynash qatlamining turlari:
a–porshenli qaynash qatlami; b–kanalli qaynash qatlami; d, e–favvorasimon qaynash qatlami.

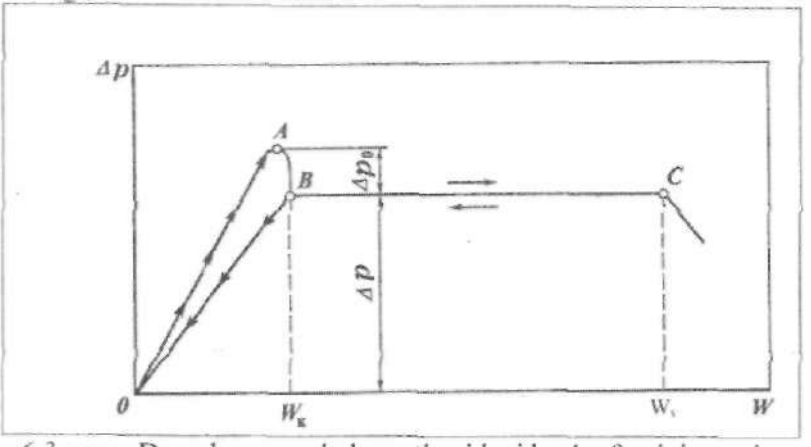
Mavhum qaynash jarayonida fazalar o'rtasidagi kontakt yuza katta bo'lishi tufayli jarayon bir necha marta tezlashadi, natijada uskunaning unumdorligi oshadi. Mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi nisbatan katta emas. Donador zarrachalar qatlamini hosil qilish uchun ixtiyoriy shakldagi (masalan, silindrsimon) vertikal idishga donador qattiq material solinadi. Material gaz tarqatuvchi to'r ustida joylashtiriladi. Agar to'r orqali pastdan yuqoriga qaratib kichik tezlik

bilan gaz yoki suyuqlik oqimi yuborilsa, material qatlami o'zgarmay qoladi (6.3-rasm). Gaz oqimi tezligini asta-sekin ko'paytirib borilsa, tezlik ma'lum qiymatga ega bo'lganda qatlamdagi materiallarning og'irligi oqimning gidrodinamik bosim kuchiga teng bo'lib, bunda qattiq zarrachalar gidrodinamik muvozanat holatini egallaydi va har xil yo'nalishda siljiy boshlaydi. Gaz tezligini oshirsak qatlam kengayadi, zarrachalar harakatining tezligi ortadi, bunda gidrodinamik muvozanat buzilmaydi. Bunday sharoitda qatlam mavhum qaynash holatini egallaydi, ya'ni qatlam xuddi qaynayotgandek bo'lib ko'rinadi.

Mavhum qaynash holatida material zarrachalarining og'irligi G ning uskuna ko'ndalang kesimi F ga nisbatan o'zgarmas bo'ladi:

$$\Delta P = \frac{G}{F} = const\ , \qquad (6.12)$$

bu yerda, ΔP – mavhum qaynash holatidagi qatlamning gidravlik qarshiligi, Pa.



6.3-rasm. Donador zarrachalar qatlamidagi bosim farqining oqim tezligidan bog'liqligi.

Mavhum qaynash ikki xil (bir jinsli va turli jinsli) ko'rinishda yuz beradi. Bir jinsli mavhum qaynashda birinchi (W_k) va ikkinchi kritik (W_V) tezliklar o'rtasida qattiq material zarrachalari butun qatlam balandligi bo'yicha bir xil tarqalgan bo'ladi. Amaliy jihatdan bunday mavhum qaynash jarayoni tomchili suyuqlik (masalan, suv) yordamida amalga oshirilishi mumkin.

Turli jinsli mavhum qaynash asosan qattiq modda zarrachalarini gaz oqimi yordamida mavhum qaynash holatiga keltirilganda yuz beradi. Bunda birinchi va ikkinchi kritik tezliklar orasig'ida qattiq

modda zarrachalari qatlam bo'ylab har xil tarqalgan bo'ladi. Turli jinsli qatlamning hosil bo'lish darajasi zarrachalarning yuzasi va shakliga, qattiq materiallar zarrachalari va harakatdagi oqim zichliklarining nisbatiga, zarrachalarning diametriga, oqimning tezligiga, gaz tarqatuvchi to'rning xiliga bog'liq bo'ladi.

Oqim tezligi zarrachalarni muallaq holatda ushlab turish uchun yetarli darajada bo'lmagan sharoitda, qatlamning hajmi, uning balandligi N_0 va qatlamdagi bo'sh *hajmning ulushi* ε_0 o'zgarmas bo'ladi. Agar oqim tezligi birinchi kritik tezlikdan ko'proq va ikkinchi kritik tezlikdan kamroq bo'lgan sharoitda, ya'ni $W_K<W<W_V$, qatlamning hajmi, balandligi N va qatlamdagi bo'sh hajmning ulushi ε kattalashadi, biroq uskunaning o'zgarmas kesimida bir xil nisbatda qoladi:

$$(1-\varepsilon_0)\,N_0 = (1-\varepsilon)\,N\,. \qquad (6.13)$$

Zich va mavhum qaynash qatlamlari o'rtasidagi bog'liqlik 6.3-rasmda ko'rsatilgan. Grafikning OA va OB chiziqlari bilan belgilangan chap qismi oqimning zich qatlam orqali harakatini ifoda qiladi, bunda oqim tezligining ortishi bilan *qatlamning gidravlik qarshiligi ko'payib* boradi. B nuqtada qatlamning qarshiligi uning og'irligiga teng bo'lib qoladi va *qatlam zarrachalari muallaq holatga o'tadi. Ushbu nuqtaga* to'g'ri kelgan tezlikni kritik tezlik, birinchi kritik tezlik yoki mavhum qaynashning boshlanish tezligi W_K deb ataladi.

A nuqtadagi bosim farqi (mavhum qaynash holatidan oldin) qatlam og'irligidan ΔP_0 (bosim cho'qqisi) ga teng bo'lgan miqdorda ko'p bo'ladi. Bosim cho'qqisi zarrachalar o'rtasidagi tortishuv kuchlarini yengishga sarflanadi. ΔRP_0 ning qiymati zarrachalarning joylanish zichligi, shakli va ularning yuza holatiga bog'liq bo'ladi.

Oqimning W_K dan keyingi ortishi bilan qatlamdagi bosim farqi ΔP o'zgarmaydi, mavhum qaynash chizig'i esa abssissa o'qiga nisbatan parallel bo'lib boradi (BC). Bunday holat W_V ning qiymatigacha davom etadi. C nuqtaga to'g'ri kelgan tezlik zarrachalarning muallaq tezligi (suzib yurish tezligi) yoki ikkinchi kritik tezlik deb yuritiladi. Agar oqimning tezligi W_V dan katta bo'lgan holda pnevmotransport rejimi paydo bo'ladi. Bunday rejimda qatlamdagi zarrachalarning massasi kamayadi, oqibat natijada qatlamning gidravlik qarshiligi ham kamayadi.

Grafikdagi OA va OB chiziqlari zich qatlamni ifoda qiladi. OA chizig'i gazning tezligini sekin-asta oshirib borilganda hosil bo'lgan, bunday holatda *zich qatlamning gidravlik qarshiligi ortib boradi.* Gazning tezligini sekin-asta kamaytirib borilib, qatlam muallaq holatdan

zich holatga o'tgan paytda OB chizig'i hosil bo'ladi.

Mavhum qaynash holatida balandligi N bo'lgan qatlamning kesimida bosim va og'irlik kuchlarining balansi ro'y beradi, ya'ni:

$$\frac{\Delta P}{H} = (\rho_q - \rho_m)(1-\varepsilon)g, \qquad (6.14)$$

bu yerda, ρ_q – qattiq zarrachalarning zichligi, kg/m^3; ρ_m – muhitning zichligi, kg/m^3; ε – qatlamdagi zarrachalar oralig'idagi bo'sh hajmning ulushi; g – erkin tushish tezlanishi, m^2/s.

Mavhum qaynash qatlami hosil bo'lishining kritik tezligini topish uchun juda ko'p tenglamalar taklif etilgan. Sharsimon bir jinsli zarrachalar uchun (ε_0=0,4) birinchi kritik tezlikni topishda O.M. Todes tenglamasidan foydalanish eng qulaydir:

$$\mathrm{Re}_k = \frac{Ar}{1400 + 5{,}22\sqrt{Ar}}, \qquad (6.15)$$

bu yerda

$$\mathrm{Re}_k = \frac{W_k d\rho}{\mu}; \qquad Ar = \frac{d^2(\rho_q - \rho_m)\rho g}{\mu^2};$$

d – qattiq zarrachalar diametri, m; μ – muhitning dinamik qovushoqligi, Pa·s.

Laminar, oraliq va turbulent rejimlarda qatlamdagi bo'sh hajmning kerakli qiymati ε ga erishish uchun oqim tezligi W ni aniqlashda O.M. Todes, V.D. Goroshko va R.B. Rozenbaum tenglamasidan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi:

$$\mathrm{Re} = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0{,}61\sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}}. \qquad (6.16)$$

Ushbu tenglama ε ga nisbatan qayta yechilsa, undan tanlangan gidrodinamik rejim uchun qatlamning mavhum qaynash holatidagi bo'sh hajmning ulushini aniqlash mumkin:

$$\varepsilon = \left[\frac{18\,\mathrm{Re} + 0{,}36\,\mathrm{Re}^2}{Ar}\right]^{0,21}. \qquad (6.17)$$

Oqimda qattiq zarrachalarning konsentratsiyasi juda kam bo'lganda, (ya'ni ε=1), (4.16) tenglamasi quyidagi ko'rinishni egallaydi:

$$\mathrm{Re}_v = \frac{Ar}{18 + 0{,}61\sqrt{Ar}}. \qquad (6.18)$$

Ushbu tenglamadan amaliyotda zarrachalarning muallaq yoki suzib yuruvchi tezligi W_V ni aniqlashda foydalaniladi.

Mavhum qaynash jarayoni qaynash soni K_W bilan belgilanadi:

$$K_w = \frac{W}{W_K}, \qquad (6.19)$$

bu yerda, W – oqimning uskuna to'la kesimiga nisbatan olingan ish tezligi, m/s; W_K – mavhum qaynash qatlamining hosil bo'lish kritik tezligi, m/s.

Mavhum qaynash soni K_W zarrachalarning qatlamdagi aralashish darajasini ko'rsatadi. Mavhum qaynash qatlamida eng jadal aralashish K_W=2 bo'lganda yuz beradi. Lekin har bir texnologik jarayon uchun K_W ning eng maqbul qiymatini tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Zarrachalarning qatlamda o'rtacha bo'lish vaqti:

$$\tau_0 = \frac{G_M}{G_s}, \qquad (6.20)$$

bu yerda, G_M – qatlamda bo'lgan qattiq materialning massasi, kg; G_S – qatttiq materialning sarfi, kg/s.

6.4. PNEVMOTRANSPORT REJIMI

Qattiq material zarrachalarining oqim bilan chiqib ketish rejimi sochiluvchan mayda donador materiallarni uzatish (pnevmo – va gidrotransport) uchun ishlatiladi. Agar oqimning tezligi zarrachalarning muallaq tezligidan ortib ketsa, zarrachalar oqim bilan harakat qila boshlaydi, natijada pnevmotransport rejimi yuzaga keladi.

Pnevmotransport rejimda qattiq zarrachalarning tezligi W_T yuk tashuvchi oqim tezligi W_n dan kam bo'ladi. Bunday holatda yuk tashuvchi oqim harakatlanuvchi zarrachalarga nisbatan nisbiy tezlik W_S bilan sirg'anadi (W_C=W_n – W_T). Bunday oqimda tashilayotgan zarrachalarning konsentratsiyasi (1-ε) ga teng bo'ladi.

Vertikal pnevmotransportda harakatlanuvchi zarrachalarning nisbiy tezligini aniqlash uchun (6.16) tenglamadan foydalanish mumkin:

$$\mathrm{Re}_c = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0{,}61\sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}}, \qquad (6.21)$$

bu yerda,

$$\mathrm{Re}_C = \frac{W_C d\rho}{\mu}.$$

Pnevmotransport rejimi uchun qattiq zarrachalarning harakatlanuvchi oqimdagi nisbiy konsentratsiyasi m muhim ahamiyatga ega:

$$m = \frac{G_T}{G} = \frac{V_T \rho_T}{V\rho} = a\frac{\rho_T}{\rho}, \qquad (6.22)$$

bu yerda, G_T – uzatilayotgan qattiq zarrachalarning massasi, kg; G – harakatlantiruvchi agentning massasi, kg; V_T – zarrachalarning hajmi, m^3; V – harakatlantiruvchi agentning hajmi, m^3; ρ_T va ρ – qattiq zarrachalar va harakatlanuvchi agentning zichliklari, kg/m^3; $a=V_T/V$ – uzatish koeffitsiyenti.

Qattiq zarrachalarning harakatlanuvchi nisbiy konsentratsiyasi qiymati keng chegaralarda o'zgargan holatlarda ham pnevmotransport ishlashi mumkin. Koeffitsiyent m ning qiymati ortishi bilan harakatlanuvchi agentning sarfi qisqaradi, oqim va zarrachalarning harakatlanish tezligi kamayadi, biroq bunday sharoitda oqimdagi qattiq zarrachalar konsentratsiyasi (1-ε) ning ortishi tufayli naporning yo'qolishi ko'payadi. Shu sababdan har bir aniq sharoit uchun m ning qiymati quyidagi omillarga qarab aniqlaniladi: energiya sarflari, pnevmoquvurning diametri, pnevmotransport paytidagi zarrachalarning yeyilishi va hokazo.

Pnevmotransport paytida naporning umumiy yo'qolishi ΔR ni quyidagi tenglama orqali ifoda qilish mumkin:

$$\Delta R = \Delta R_{st} + \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 , \qquad (6.23)$$

bu yerda, ΔR_{st} – statik napor; ΔR_1 – harakatlantiruvchi agentning pnevmouzatgich devori yuzasiga bo'lgan ishqalanish tufayli naporning yo'qolishi; ΔR_2 – uzatilayotgan material zarrachalarining pnevmouzatgich devori yuzasiga bo'lgan ishqalanish tufayli naporning yo'qolishi; ΔR_3 – uzatilayotgan materialning tezligini oshirish paytida yo'qolgan napor.

Zarrachalar oqimini balandlik N ga ko'tarish paytidagi statik napor quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$\Delta P_{st}=Hg[(1-\varepsilon)\rho_t+\varepsilon\rho]. \qquad (6.24)$$

Agar harakatlantiruvchi agent sifatida nisbatan kichik bosimli gaz yoki bug' ishlatilganda ρ ning qiymati ρ_t ning qiymatiga nisbatan ancha kichik bo'ladi, bunday sharoitda (6.24) tenglama biroz soddalashadi:

$$\Delta P_{st}=Hg(1-\varepsilon)\rho_t . \qquad (6.25)$$

Harakatlanuvchi agentning pnevmouzatgich devoriga ishqalanishi tufayli yo'qolgan naporni quyidagi tenglama orqali aniqlash mumkin:

$$\Delta P_1 = \lambda_1 \frac{H_1}{D}\frac{W_n^2}{2}\rho , \qquad (6.26)$$

bu yerda, λ_1 – gidravlik qarshilik koeffitsiyenti, D – pnevmouzatgichning ichki diametri; N_1 – pnevmouzatgichning mahalliy qarshiliklarni hisobga olgan holatdagi keltirilgan uzunligi.

Uzatilayotgan zarrachalarning pnevmouzatgich devoriga ishqalanish natijasida yo'qolgan napor quyidagi ifoda yordamida topiladi:

$$\Delta P_2 \approx \lambda_2 \frac{H_1}{D} \frac{W_s^2}{2} \rho_T (1-\varepsilon) , \qquad (6.27)$$

bu yerda, λ_2 – uzatilayotgan zarrachalarning pnevmouzatgich devoriga ishqalanish koeffitsiyenti ($\lambda_2 \approx 0,5$).

Pnevmotransport orqali uzatilayotgan materialning tezligini oshirish paytida yo'qolgan napor quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$\Delta P_3 = \frac{4 G_T W_s}{\pi D^2 g} , \qquad (6.28)$$

bu yerda, G_T – uzatilayotgan materialning miqdori, kg/s.

Tayanch so'z va iboralar

Donador materiallar qatlami, zich qatlam, mavhum qaynash qatlami, pnevmotransport rejimi, bir o'lchamli qatlam, ko'p o'lchamli qatlam, gidravlik qarshilik, solishtirma yuza, ekvivalent diametr, Darsi-Veysbax tenglamasi, mavhum tezlik, qatlamdagi bo'sh hajmning ulushi, haqiqiy tezlik, porshenli qatlam, kanal hosil qiluvchi qatlam, favvorali qatlam, mavhum qaynashning boshlanish tezligi, zarrachalarning muallaq tezligi, O.M. Todes tenglamasi, Reynolds mezoni, Arximed mezoni, mavhum qaynash soni, zarrachalarning qatlamda o'rtacha bo'lish vaqti, qattiq zarrachalarning tezligi, yuk tashuvchi oqim tezligi, qattiq zarrachalarning harakatlanuvchi oqimdagi nisbiy konsentratsiyasi, uzatish koeffitsiyenti, pnevmotransport paytida naporning yo'qolishi.

Mustaqil ishlash uchun savollar

6.1. Neft va gazni qayta ishlashning qaysi sohalarida donador materiallarning qatlamidan foydalaniladi?

6.2. Donador materiallarning qatlami necha turga bo'linadi?

6.3. Zich qatlamning gidravlik qarshiligini qaysi tenglama yordamida aniqlash mumkin?

6.4. Zich qatlamning holati qanday kattaliklar orqali ifoda qilinadi?

6.5. Mavhum qaynash qatlamining mohiyati va o'ziga xos tomonlari nimalardan iborat?

6.6. Zich va mavhum qaynash qatlamlari o'rtasidagi bog'liqlikni qaysi grafik orqali tushuntirish mumkin?

6.7. Mavhum qaynash qatlami necha turga bo'linadi?

6.8. Mavhum qaynash qatlamining holati qanday kritik tezliklar orqali ifoda qilinadi?

6.9. Mavhum qaynash qatlami hosil bo'lishining kritik tezligini qaysi tenglama bilan aniqlash mumkin?

6.10. Zarrachalarning muallaq yoki suzib yuruvchi tezligini topishda qaysi tenglamadan foydalansa bo'ladi?

6.11. Mavhum qaynash sonining mohiyati nimadan iborat?

6.12. Pnevmotransport rejimida harakatlanuvchi zarrachalarning nisbiy tezligini aniqlashda qaysi tenglamadan foydalaniladi?

6.13. Pnevmotransport paytida qattiq zarrachalarning oqimdagi nisbiy konsentratsiyasini qanday aniqlash mumkin?

6.14. Pnevmotransportda bosimning umumiy yo'qolishi qaysi tenglama orqali ifoda qilinadi?

IKKINCHI QISM. MEXANIK JARAYONLAR

VII bob. QATTIQ MATERIALLARNI MAYDALASH

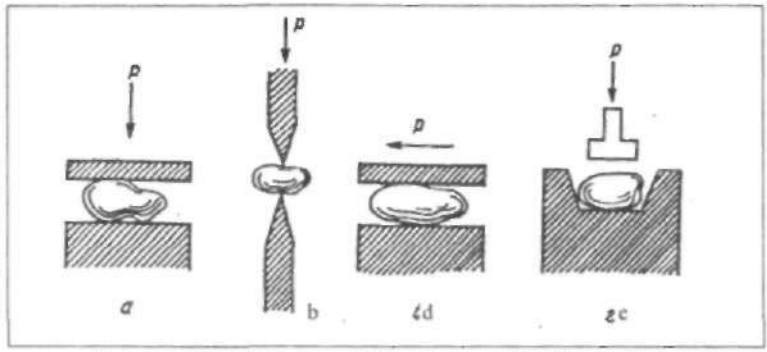
7.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Maydalash – mayda o'lchamli bo'lakchalar fraksiyalarini olish uchun qattiq materiallarni mexanik kuch ta'sirida yemirilishi. Ushbu jarayondan neft va gazni qayta ishlash sanoatida koksni maydalashda, maydalangan oltingugurt, katalizatorlar, tozalovchi gilmoyalar ishlab chiqarishda va boshqa maqsadlarda foydalaniladi.

Moddalarning diffuziyasi bilan bog'liq bo'lgan jarayonlarning tezligi fazalarning kontakt, ya'ni o'zaro ta'sir qilish yuzasiga bog'liqdir. Kontakt yuzaning katta bo'lishi fazalarning ichidagi modda tarqalishini va bir fazadan ikkinchi fazaga modda o'tishini tezlatadi. Kontakt yuzaning ko'proq bo'lishi kimyoviy jarayonlarni ham tezlatishga sababchi bo'ladi. Ayniqsa, kimyoviy yoki diffuzion jarayonlarda qattiq faza qatnashsa, kontakt yuzani ko'paytirish alohida ahamiyatga ega. Qattiq materiallarning kontakt yuzasi tashqi kuch ta'sirida maydalash yo'li bilan erishiladi. Maydalash paytida material bo'laklarining o'lchami ancha kamayadi.

Qattiq materiallarni maydalash jarayoni shartli ravishda ikki turga bo'linadi: a) yanchish, ya'ni materialni mayda bo'laklarga bo'lish (yirik, o'rtacha va mayda); b) maydalash (yupqa va o'ta yupqa). Umuman olganda, materiallarni maydalash jarayoni ezish, yorish, yeyilish va zarba berish usullari yordamida olib boriladi (7.1-rasm). Materialning fizik-mexanik xossalari va bo'laklarining o'lchamlariga ko'ra u yoki bu usul tanlab olinadi. Masalan, qattiq va mo'rt materiallar ezish, yorish va zarba berish usullari bilan qattiq va qovushoqli materiallar esa ezish va yeyilish usullari yordamida maydalanadi.

Materiallarni yanchish odatda quruq (suv ishlatmasdan) usul bilan, yupqa maydalash esa ko'pincha ho'l usul bilan (ya'ni suv yordamida) olib boriladi. Suv ishlatilganda chang hosil bo'lmaydi va maydalangan mahsulotni tashish osonlashadi.



7.1-rasm. Qattiq materiallarni maydalash usullari:
a) ezish; b) yorish; d) yeyilish; e) zarba.

Dastlabki va maydalangan material bo'laklarining o'lchamlariga ko'ra maydalash jarayonining sinflanishi 7.1-jadvalda berilgan.

Maydalash jarayonining samaradorligini aniqlash uchun maydalanish darajasi tushunchasi ishlatiladi. Bu ko'rsatgich maydalanishgacha bo'lgan

Maydalash jarayonining sinflanishi

7.1-jadval

Maydalanishning turlari	Bo'laklarning o'rtacha o'lchami, mm		Maydalanish darajasi
	Maydalanish-gacha	Maydalangan-dan so'ng	
Yirik yanchish	1500-300	300-100	2-6
O'rtacha yanchish	300-100	50-10	5-10
Mayda yanchish	50-10	10-2	10-50
Yupqa maydalash	10-2	2-0,75	100
O'ta yupqa maydalash	2-0,075	$7{,}5\cdot10^{-2}$-$1\cdot10^{-4}$	-

material bo'lagining o'rtacha aniqlovchi o'lchami (d_b) ni maydalangan material bo'lagining o'rtacha aniqlovchi o'lchami (d_m) ga nisbati bilan belgilanadi:

$$i = \frac{d_b}{d_m} . \qquad (7.1)$$

Sharsimon bo'laklarning aniqlovchi o'lchami sifatida diametr, kub shaklidagi bo'lak uchun esa – qirrasining uzunligi olinadi. Noto'g'ri

geometrik shaklga ega bo'lgan bo'laklarning aniqlovchi o'lchamining o'rtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$d_x = \sqrt[3]{\ell bh}\ , \qquad (7.2)$$

bu yerda, ℓ, b, h – material bo'lagining o'zaro perpendikular yo'nalgan uchta tomonlarining maksimal o'lchamlari. Bu o'lchamlarning ichida eng kattasi (ℓ) – uzunlik, o'rtachasi (b) – kenglik, eng kichigi (h) – qalinlik.

Maydalangan bo'laklarning o'rtacha aniqlovchi o'lchamini aniqlash uchun saralovchi g'alvirlar yordamida material bir nechta fraksiyalarga ajratiladi. Har bir fraksiyadagi eng katta va eng kichik bo'laklarning o'rtacha o'lchami quyidagicha aniqlanadi:

$$d_{o'} = \frac{d_{max} + d_{min}}{2}\ . \qquad (7.3)$$

Aralashmadagi bo'laklarning o'rtacha aniqlovchi o'lchami quyidagicha hisoblaniladi:

$$d = \frac{d_{y1}a_1 + d_{y2}a_2 + ... + d_{yn}a_n}{a_1 + a_2 + ... + a_n}\ , \qquad (7.4)$$

bu yerda, d_{u1}, d_{u2}, ..., d_{un} – har bir fraksiyadagi bo'laklarning o'rtacha o'lchamlari; $a_1, a_2, ..., a_n$ – har bir fraksiyaning tarkibi, massaviy %.

Materiallarni maydalashga moslangan mashinalar shartli ravishda ikki guruhga bo'linadi: a) materiallarni yirik, o'rtacha va mayda bo'laklarga ajratuvchi yanchish mashinalari; b) materiallarni yupqa va o'ta yupqa maydalaydigan tegirmonlar. Umuman olganda, maydalash mashinalari ochiq va chegaralangan sikllar bilan ishlaydi. Ochiq sikl qo'llanilganda, material maydalaydigan uskuna orqali bir marotaba o'tadi. Bunday sharoitda yirik va o'rtacha yanchish yuz beradi. Chegaralangan siklda esa maydalash mashinasidan chiqqan material sinflash uchun boshqa uskunaga yuboriladi. Bu uskunada katta o'lchamli zarrachalar ajratib olinib, maydalash mashinasiga qaytariladi. Chegaralangan sikl materiallarni yupqa maydalashda ishlatilib, energiya sarfini kamaytirishga, maydalovchi mashinalarning ish unumdorligini oshirishga olib keladi.

7.2. MAYDALASHNING ASOSIY QONUNLARI

Material zarrachalarining o'zaro tortishuv kuchlarini yengish uchun, maydalash paytida tashqi kuch ta'sir qiladi. Qattiq material yanchilganda uning bo'laklari avval hajmiy deformatsiyaga uchraydi, so'ngra hosil bo'lgan katta va kichik yoriqlar bo'ylab yemirilib ketadi.

Oqibatda yangi yuzalar hosil bo'ladi. Demak, materialni yanchish uchun bajarilgan ish yemirilayotgan bo'laklarning hajmiy deformatsiyasi va yangi yuzalarni hosil qilish uchun sarflanadi.

Materialning yanchilishi paytida hajmiy deformatsiya qilish uchun sarflangan ish A_D yemirilayotgan bo'lak hajmining o'zgarishiga ΔV ga mutanosib bo'lib, quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$A_D = K\Delta V , \qquad (7.5)$$

bu yerda, K – mutanosiblik koeffitsiyenti.

Yanchish paytida yangi yuzalarni hosil qilish uchun sarflangan ish A_{Yu} quyidagicha topiladi:

$$A_{Yu} = \sigma\Delta F . \qquad (7.6)$$

bu yerda, σ – mutanosiblik koeffitsiyenti, qattiq jismda yangi yuza birligini hosil qilish uchun sarflangan ish miqdori; ΔF – qaytadan hosil bo'lgan yuza.

Yanchish uchun sarf bo'lgan tashqi kuchlarning to'la ishi Rebinder tenglamasi orqali ifoda qilinadi:

$$A = A_D + A_{Yu} = K\Delta V + \sigma\Delta F . \qquad (7.7)$$

Materiallarni yanchish paytida yangi yuza hosil qilishga sarflangan ishni hisobga olmasa ham bo'ladi, chunki uning qiymati ancha kichik bo'ladi. Bunday holatda (7.7) tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$A = K\Delta V = K_1 d^3 , \qquad (7.8)$$

bu yerda, K_1 – mutanosiblik koeffitsiyenti; d – bo'lakning aniqlovchi o'lchami.

(7.8) tenglama Kik-Kirpichevning yanchish gipotezasini ifoda qiladi. Bu gipotezaga ko'ra qattiq materialni yanchish uchun sarflangan ish yanchilayotgan bo'lak hajmiga (yoki massasiga) mutanosibdir. Agar yanchish jarayoni yuqori maydalanish darajasi bilan olib borilsa, (7.7) tenglamadagi hajmiy deformatsiya uchun sarflangan ishni hisobga olmasa ham bo'ladi, chunki uning qiymati yangi yuza hosil qilishga sarflanayotgan ishga nisbatan ancha kamdir. Bunday holatda (7.7) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$A = \sigma\Delta F = \sigma_1 d^2 , \qquad (7.9)$$

bu yerda, σ_1 – mutanosiblik koeffitsiyenti.

(7.9) tenglama Rittinger gipotezasini ifoda qiladi. Bu gipotezaga ko'ra qattiq jismni yanchish uchun sarflangan ish yangi hosil bo'lgan yuzaga mutanosibdir.

(7.7) tenglamaning o'ng tomondagi ikkala tashkil etuvchilarni hisobga olish zarur bo'lgan paytda (maydalanishning o'rtacha darajalari

uchun) Bond quyidagi tenglamani taklif etgan:

$$A = K_2 \sqrt{d^3 \cdot d^2} = K_2 d^{2,5} \qquad (7.10)$$

Bond tenglamasiga asosan bitta bo'lakni yanchish uchun sarflangan ish uning hajmi va hosil bo'lgan yangi yuza o'rtasidagi o'rtacha geometrik qiymatga mutanosibdir.

(7.8) – (7.10) tenglamalar yordamida maydalash jarayoni uchun sarflangan ishning absolyut miqdorini aniqlash mumkin emas, chunki mutanosiblik koeffitsiyentlari (K_1, σ_1, K_2) ning qiymatlari noma'lumdir. Shu sababdan ushbu tenglamalar maydalash jarayonlarini o'zaro solishtirish uchun ishlatiladi.

Yanchish mashinalari (yoki tegirmonlar) ning birorta materialni maydalash uchun sarf qiladigan quvvati tajriba yo'li orqali aniqlanadi. Buning uchun boshqa maydalash mashinasining ana shu materialni maydalash paytidagi olingan tajriba natijalaridan foydalaniladi.

Agar ishlab turgan tegirmonning ish unumi Q_2, sarflangan quvvati N_2, materialning maydalanish darajasi d_{δ_2} / d_{μ_2} va ishlab chiqarishga joriy qilinayotgan boshqa tegirmonning ish unumi Q_1, maydalanish darajasi d_{δ_1} / d_{μ_1} bo'lsa, u holatda oxirgi tegirmonning sarf qiladigan quvvati N_1 Rittinger gipotezasiga asosan quyidagi tenglama bilan topilishi mumkin:

$$N_1 = N_2 \frac{Q_1}{Q_2} \cdot \frac{d_{\delta 2} \cdot d_{\mu 2}}{d_{\delta 1} \cdot d_{\mu 1}} \cdot \frac{d_{\delta 1} - d_{\mu 1}}{d_{\delta 2} - d_{\mu 2}} . \qquad (7.11)$$

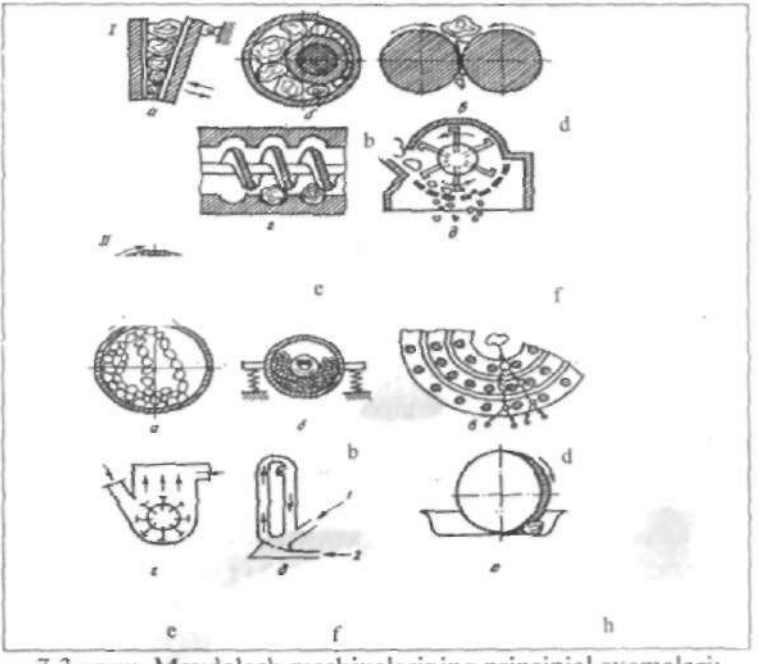
Yuqorida bayon qilingan gipotezalardan foydalanish maydalash jarayonlarini to'g'ri tashkil qilish va bu jarayonlarga sarf qilinadigan energiyalarni taxminan aniqlash imkoniyatini beradi.

7.3. MAYDALASH MASHINALARINING PRINSIPIAL SXEMALARI

Sanoatda qattiq jismlarni maydalash maqsadida turli mashinalar va tegirmonlar ishlatiladi. Maydalash mashinalarining prinsipial sxemalari 7.2-rasmda berilgan. Yassi qismli yanchigichlarning ishlash prinsipi quyidagicha bo'ladi. Yassi qismlar davriy ravishda o'zaro yaqinlashganda material ezish, yorish va qisman yeyilish prinsiplari asosida maydalanadi. Konusli yanchish mashinalari bir-biriga nisbatan ekssentrik holatda aylanadigan ikkita konuslar oralig'ida materialni sinish, ezish va qisman yeyilish prinsiplari yordamida maydalashga asoslangan. Valli yanchigichlarda material bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan vallar oralig'ida eziladi. Agar vallar bir xil tezlikka ega

bo'lsa, materialning yeyilishi ham yuz beradi. Shnekli yanchish mashinalarida material kesish va qisman yeyilish prinsiplari asosida maydalanishga uchraydi. Bolg'ali yanchigichlarda qattiq jism bolg'alarning zarbasi va yeyilish ta'sirida maydalanadi.

Sharli tegirmonlar materiallarni asosan yupqa va o'ta yupqa maydalash uchun ishlatiladi. Bunday mashinalar aylanuvchi yoki vibratsiya qilinadigan barabandan iborat bo'lib, ularning ichiga maydalanishi lozim bo'lgan material yuboriladi; material donalari bir-biri bilan to'qnashib, zarba va ishqalanish kuchlari asosida maydalanib ketadi.



7.2-rasm. Maydalash mashinalarining prinsipial sxemalari:
I–yanchish mashinalari: a–yassi qismli; b–konusli; d–valli;
e–shnekli; f–bolg'ali;
II–tegirmonlar: a-sharli; b–vibratsion sharli; d–dezintegrator;
e–aerodastali; f–purkovichi h–g'ildirakli; i–material; 2–havo.

G'ildirakli tegirmonlar mayda yanchish yoki ayrim materiallar (shamot, kvars, loy-tuproq va hokazo) ni dag'al yanchish uchun ishlatiladi. Dag'al yanchish paytida maydalanishdan tashqari zichlanish,

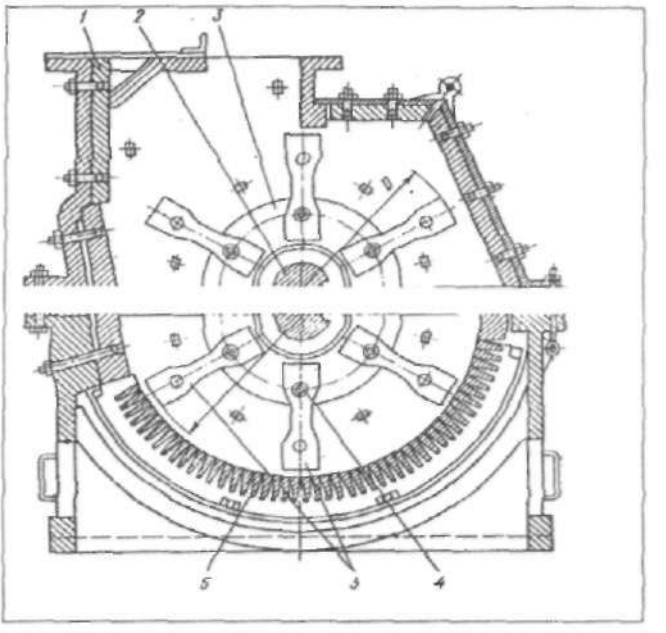
yeyilish yuz beradi hamda materiallarning birgalikdagi aralashmasi hosil bo'ladi. Deeintegratorlar va aerodastali tegirmonlarning ishlashi materialga zarba berish prinsipiga asoslangan. Purkovchi tegirmonlar esa materiallarni o'ta yupqa maydalash uchun mo'ljallangan. Bunday mashinalarning ishlash prinsiplari katta tezlik bilan harakat qilayotgan havo oqimining tarkibidagi qattiq zarrachalarning bir-biriga va kamera devorlariga urilishi va ishqalanishi oqibatida maydalanishi yuz beradi.

7.4. MAYDALASH MASHINALARINING TUZILISHI

Bolg'ali yanchish mashinasi. Bu uskuna (7.3-rasm) zarba-markazdan qochma kuchlari asosida ishlaydigan yanchish mashinalari turiga kiradi. Bu mashinaning ichki qismi eskirishga bardoshli marganetsli po'lat plitalari bilan qoplangan qobiq (1) val (2) va valga o'rnatilgan disk (3) dan iborat. Diskda paleslar (4) yordamida bolg'alar (5) erkin joylashtirilgan. Bolg'alar ham marganetsli po'latdan tayyorlangan. Qobiqning pastki qismida kolosnikli panjara (6) bor. Bolg'alari bo'lgan disk 40 m/s tezlik bilan aylanma harakat qiladi. Mashinaga tushgan material bolg'alarning zarbasi va plitalarga urilish zarbasi ta'sirida yanchiladi. Material kolosnikli panjara orqali o'tish paytida esa qo'shimcha yeyilish va ezilishga duch keladi.

Bolg'ali yanchish mashinalari yuqori unumdorlikka ega bo'lib, asosan mo'rt materiallarni maydalash uchun ishlatiladi. Eskirishga chidamli bo'lgan materiallarni ishlatilishiga qaramasdan, yanchigichning ish organlari tezda yeyilib ketadi, rotorini esa davriy ravishda balansirovka qilib turish zarur bo'ladi.

Sharli tegirmon. *Sharli tegirmon maydalovchi jismlar (metall* yoki kvarsdan tayyorlangan sharlar) bilan qisman to'ldirilgan barabandan iboratdir. Barabanning aylanishi paytida ishqalanish kuchlari ta'sirida sharlar baraban bilan birgalikda harakat qilib, ma'lum balandlikka ko'tarilgandan so'ng erkin tushib, materialni zarba kuchi va yeyilish natijasida maydalaydi. Sharli tegirmonlar bir necha turga bo'linadi: diafragmali; quvurli; sterjenli va hokazo. 7.4-rasmda sharli diafragmali tegirmon sxemasi ko'rsatilgan. Bunday tegirmon yon tomondan quyilgan qopqoqlar (1) va (7) bilan berkitilgan kalta silindrsimon barabandan iboratdir. Baraban ichi bo'sh sapfalar (9) yordamida aylanma harakat qiladi. Qopqoqlarning bittasi butun ko'ndalang kesimi bo'yicha diafragmali panjara (6) bilan to'silgan bo'ladi.

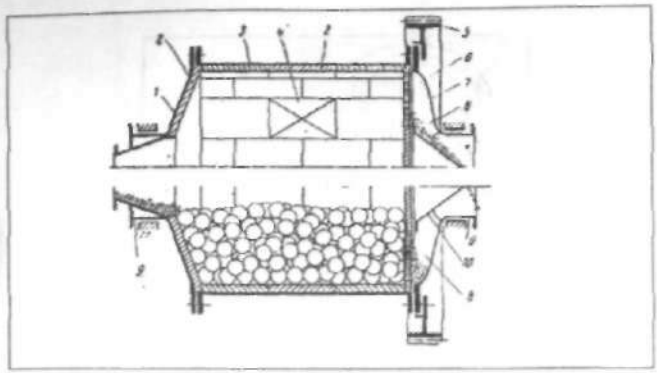


7.3-rasm. Bo‘g‘ali yanchish mashinasi:
1–qobiq; 2–val; 3–disk; 4–paleslar; 5–bolg‘achalar; 6–kolosnikli panjara.

Diafragmali panjara materialning katta bo‘laklarini va sharlarni ushlab qolish uchun xizmat qiladi. Maydalangan material diafragmaning tor tirqishlari orqali o‘tib, radial qirralar (8) yordamida yo‘naltiruvchi konus (10) ga tukiladi, so‘ngra ichi bo‘sh sapfa orqali mashinadan tashqariga chiqariladi.

Yupqa maydalash uchun moslangan tegirmonlar diametri 25 dan to 150 mm gacha bo‘lgan po‘lat sharlar bilan taxminan yarmigacha to‘ldirilgan bo‘ladi. Tegirmondagi maydalash jarayoni quruq va ho‘l usullar bilan olib boriladi. Ho‘l usul qo‘llanilganda hosil bo‘lgan suspenziya yuk tushiruvchi sapfa orqali tashqariga chiqariladi.

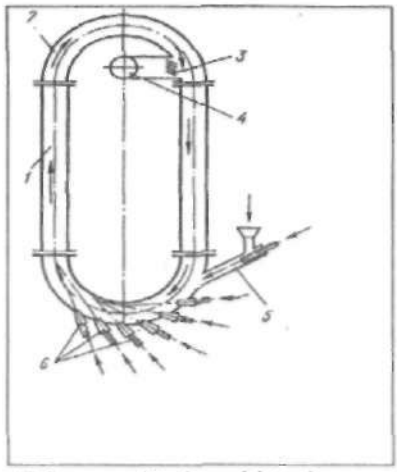
Sharli tegirmonlarning maydalash samaradorligi va energiya sarfi maydalovchi jismlarning aylanish tezligi, og‘irligi va o‘lchamlariga, ho‘l usul qo‘llanilganda esa suspenziyaning konsentratsiyasiga ham bog‘liq bo‘ladi.



7.4-rasm. Sharli tegirmon:
1,7–qopqoqlar; 2–zirhli plitalar; 3–barabanning qobig'i; 4–qopqoqli tuynuk; 5–harakatlanuvchi g'ildirak; 6–diafragmali panjara; 8–radial qirralar; 9–*ichi bo'sh sapfalar*; 10–*yo'naltiruvchi konus*.

Sharli tegirmonlar bir qator afzalliklarga ega: xohlagan materiallarni maydalash mumkin; uzoq davom etgan ish rejimida doimiy maydalanish darajasiga erishiladi; mustahkamlik va xavfsizlikni ta'min etadi; *ishlatish juda qulay. Bunday tegirmonlar kamchiliklardan ham* holi emas: o'lchamlari ancha katta; foydali ish koeffitsiyenti ancha kichik; maydalovchi jismlarning yeyilishi natijasida maydalangan material zarrachalari ifloslanadi; mashinalarning ishlash jarayonida shovqin hosil bo'ladi.

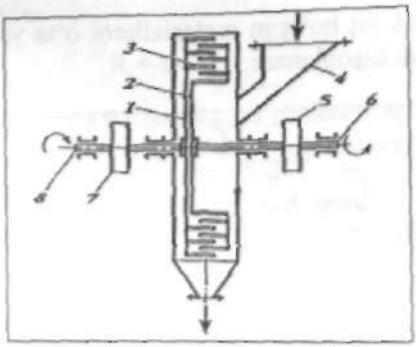
Purkovchi tegirmon. 7.5-rasmda *quvurli kameraga ega bo'lgan* purkovchi tegirmon ko'rsatilgan. Tegirmon chegaralangan quvur (1) dan tashkil topib, uning pastki qismida siqilgan havo beruvchi konusli naychalar (6) joylashtirilgan. Maydalanishi lozim bo'lgan material tegirmonga injektor (5) orqali beriladi. Quvurning ichida uyurma oqim *hosil bo'ladi. Uyurmali oqimning ichida bo'lgan zarrachalarning ko'p* marotaba o'zaro urilishi natijasida materialning maydalanishi yuz beradi. Oqimning tirsak (2) dan o'tishida markazdan qochma kuch maydoni hosil bo'ladi, bu maydon yordamida maydalangan material saralanadi. Katta kinetik energiyaga ega bo'lgan yirik zarrachalar quvurning tashqi devori tomoniga intiladi va harakatni davom ettirib qaytadan maydalash zonasiga tushadi. Mayda zarrachalar esa havo oqimi bilan birgalikda qiyasimon to'siqli panjara (3) dan o'tib, quvur (4) orqali uskunadan tashqariga chiqariladi. Bu oqim so'ngra siklon va yengil filtrlarga yuboriladi.



7.5. rasm. Purkovchi tegirmon:
1–chegaralangan quvur; 2–yuqorigi tirsak; 3–qiyasimon to'siqli panjara; 4–maydalangan mahsulotni chiqaruvchi quvur; 5–material beruvchi injektor; 6–siqilgan havo berib turuvchi konusli naychalar.

Purkovchi tegirmonlarda yuqori darajada bir jinsli bo'lgan maydalangan mahsulot olinadi, biroq ular ko'p miqdordagi siqilgan havoni ishlatilishi sababli katta energiya sarfini talab qiladi. Shu sababdan purkovchi tegirmonlar faqat qimmatbaho mahsulotlarni o'ta yupqa qilib maydalashda ishlatiladi.

Dezintegratorlar va dismembratorlar. Bunday mashinalar mo'rt va yumshoq materiallar (oltingugurt, tuzlar, kaolin, bo'yoqlar va hokazo) ni maydalash uchun ishlatiladi. Dezintegrator vallarga o'rnatilib, qarama-qarshi tamonlarga qarab aylanuvchi ikkita disklardan iborat (7.6-rasm). Disklarga ularning aylanasi bo'ylab zarba beruvchi paleslar shunday joylashtirilganki, birinchi diskdagi paleslar qatori ikkinchi diskdagi ikkita paleslar qatorining o'rtasiga kiradi. Markazdan qochma kuchlar ta'sirida dezintegratorga tushgan material disklar yordamida mashinaning ichki qismiga uloqtirilib tashlanadi va aylanib turgan paleslarga duch keladi. Bunday holatda material maydalanib, paleslar oralig'idagi bo'shliqdan o'tib, tegirmonning pastki qismiga tushadi va tashqariga chiqariladi. Disklarning aylanish soni minutiga 1200 dan 2200 gacha bo'ladi.



7.6-rasm. Dezintegratorning tuzilish sxemasi:
1,2–disklar; 3–zarba beruvchi paleslar; 4–yuklovchi voronka;
5,7–shkivlar; 6,8–vallar.

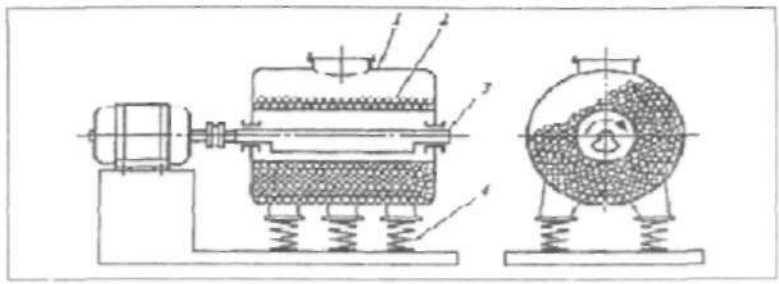
Metall bo'lakchalaridan tozalash maqsadida material dezintegratorga berilishdan oldin g'alvir va elektromagnitli separatordan o'tkaziladi. Bunday sharoitda zarba beruvchi paleslar va disklar metall parchalari ta'sirida buzilishdan saqlanadi.

Dismembratorlarda zarbali paleslarga ega bo'lgan disklardan bittasi aylanuvchan bo'ladi, ikkinchisi esa qo'zg'almas bo'ladi va ochiladigan qopqoqni tashkil etadi. Ikkala mashinalarning ham ishlash prinsipi bir xil, biroq dismembrator dezintegratorga nisbatan ixchamroq mashina hisoblanadi. Dismembratorning barabani turli shakldagi teshiklari bo'lgan halqasimon to'rning ichida aylanadi. Halqasimon to'rning vazifasi, birinchidan kerakli o'lchamga ega bo'lgan zarrachalarni elash, ikkinchidan, zarrachalarni to'rga urilishi ta'sirida ularni maydalashga yordam berish.

Vibratsiyali tegirmonlar. Bunday mashinalar katta qattiqlikka ega bo'lmagan materiallarni o'ta yupqa maydalash uchun ishlatiladi (7.7-rasm). Ushbu guruhdagi mashinalar ichki bo'shlig'ining 70÷80 % vibratsiya qiluvchi sharlar bilan to'ldirilgan barabandan iborat bo'ladi. Baraban muvozanatlanmagan val yordamida harakatga keltiriladi. Materialning maydalanish jarayoni vibratsiya qiluvchi sharlarning jadal harakati va ularning bir-birlari bilan tez-tez to'qnashuvlari oqibatida yuz beradi. Vibratsiya ta'sirini tegirmon fundamentiga berilmasligi uchun mashinaning qobig'i prujinali suyanchiqqa o'rnatilgan bo'ladi.

Vibratsiyali tegirmonlar davriy yoki uzluksiz rejimda materiallarni quruq yoki ho'l usul bilan maydalashda qo'llaniladi. Bunday mashinalardan zarrachalarning o'lchamlari 1÷2 mm dan 60 mkm gacha

va undan ham kichikroq bo'lgan materiallarni o'ta yupqa maydalashda foydalanish samarali hisoblanadi.



7.7-rasm. Vibratsiyali tegirmon sxemasi:
1–qobiq; 2–maydalovchi jismlar; 3–muvozanatlanmagan val;
4–prujinali suyanchiq.

7.5. MAYDALANISH MASHINALARINI HISOBLASH

Maydalash mashinalarini hisoblashning asosiy maqsadi maydalangan zarrachalarning o'lchamlarini, ish unumdorligini va talab qilinadigan quvvatni topishdan iboratdir. Hisoblash tartibi uskunaning turiga va uning asosiy ko'rsatgichlariga bog'liq bo'ladi. Misol uchun sharli tegirmonlarni hisoblashni ko'rib chiqamiz. Eng avvalo, materiallarni maydalashga xizmat qiladigan sharlarni harakatga keltirish uchun zarur bo'lgan quvvat (N_{sh}, Vt) aniqlaniladi:

$$N_{sh} = GE_S , \qquad (7.12)$$

bu yerda, G – berilgan ish unumdorligi, kg/s; E_S – berilgan materialni maydalashning solishtirma energiyasi, J/kg.

E_S ning qiymati material yuzasining uskunaga kirishdagi va undan chiqishdagi solishtirma maydonlari qiymatlari (G'_{sb} va G'_{so}) ga bog'liq bo'ladi, ya'ni $E_S=f(G'_S)$. E_S ning son qiymati materialning turiga bog'liq bo'lib, maxsus adabiyotlarda keltirilgan bo'ladi.

Sharli tegirmondan chiqayotgan maydalangan materialning solishtirma yuzasi (G'_{SO}, m^2/m^3) quyidagi tenglama bilan aniqlaniladi:

$$F_{CO} = \frac{41.4}{d_{nom}} \lg\left(\frac{d_{nom} \cdot 10^6}{5,47}\right) , \qquad (7.13)$$

bu yerda, d_{nom}–$R(d_{nom})$=0,05 shartiga javob beradigan zarrachaning nominal o'lchami, m.

Sharli tegirmonlar uchun zarrachalar massalarining o'lchamlar bo'yicha tarqalish funksiyasini quyidagi soddalashtirilgan tenglama

orqali topish mumkin:

$$R = \exp\left(-\frac{3d}{d_{nom}}\right), \qquad (7.14)$$

bu yerda, d – zarrachaning 0 bilan d_{nom} o'rtasida o'zgaradigan o'lchami.

Tegirmonni tanlash paytida elektrodvigatelning quvvati quyidagicha topiladi:

$$N_{dv} = (1{,}3 \div 1{,}5)\, N_{sh} . \qquad (7.15)$$

Maydalovchi jismlar (ya'ni sharlar) ning massasi quyidagi tenglama bo'yicha hisoblaniladi:

$$m_{sh} = \varphi \pi R^2 L \rho_{tsh} . \qquad (7.16)$$

bu yerda, φ – barabanning to'ldirish koeffitsiyenti; R – barabanning ichki radiusi, m; L – barabanning uzunligi; ρ_{tsh} – to'kilgan holatdagi sharlarning zichligi, kg/m^3 (po'lat sharlar uchun ρ_{tsh} = 4100 kg/m^3, keramik sharlar uchun esa ρ_{tsh} = 1260 kg/m^3).

Sharning diametri (d_{sh}, m) uning kinetik energiyasining eng katta o'lchamli material bo'lagini (d_{bmax}) yemirish uchun kerak bo'lgan energiyaga tenglik shartiga ko'ra aniqlaniladi:

$$d_{sh} = \sqrt[3]{\frac{18\sigma_C^2}{\rho_{sh}\pi E W_{sh}^2}} d_{b\,max} , \qquad (7.17)$$

bu yerda, ρ_{sh} – shar materiallarining zichligi (po'lat uchun ρ_{sh}=7800 kg/m^3, keramika uchun ρ_{sh} = 2440 kg/m^3); W_{sh} – sharning tushish tezligi, m/s.

Sharning tushish tezligi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$W_{sh}^2 = 16g\left[R_k(2n) - R_k^3(2n)^5\right]^{\frac{1}{3}} , \qquad (7.18)$$

bu yerda, R_K – barabanga solingan sharlar qatlamining eng kichik radiusi, m; g – erkin tushish tezlanishi (g=9,81 m/s^2); n – barabanning aylanish chastotasi, s^{-1}.

Hisoblash natijalariga asoslanib, kerakli sharning standart diametri topiladi. Bunday maqsad uchun standart shar diametrining quydagi qatoridan foydalanish kerak (mm hisobida): 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100; 110; 125. Hisoblangan diametrga eng yaqin maksimal o'lchamga ega bo'lgan standart shar tanlab olinadi.

Tegirmon dvigatelining quvvati quyidagi tenglama bilan hisoblanadi:

$$N_{dv} \frac{K_{to}\rho_{tyu} R^{2.5} Lg}{60\eta_{tsl}}, \qquad (7.19)$$

bu yerda, ρ_{tyu} – sharlar va materialning birgalikda to'kilgan holatidagi zichligi; kg/m^3; η_m – mexanik o'tkazishning foydali ish koeffitsiyenti

(η_m=0,9); K_N – barabanga yuklangan sharlar qatlami quvvatining koeffitsiyenti; R – barabanning ichki radiusi, m.

K_N ning qiymati quyidagi tenglama yordamida topiladi:

$$K_N = \frac{60N_w}{\rho_{TIII}R^{2,5}Lg}. \qquad (7.20)$$

ρ_{TYu} ni aniqlash uchun quyidagi tenglamadan foydalaniladi:

$$\rho_{tw} = \rho_{Tw} + 1{,}15\left(1-\frac{\rho_{TIII}}{\rho_{tu}}\right)\rho_{st}, \qquad (7.21)$$

bu yerda, ρ_{st} – to'kilgan holatdagi materialning zichligi, kg/m^3.

(7.21) tenglamadagi 1,15 ga teng bo'lgan koeffitsiyent sharlar oralig'idagi bo'shliqning 15 foizida maydalangan material borligini bildiradi.

Tayanch so'z va iboralar

Maydalash, ezish, yorish, yeyilish, zarba berish, yirik yanchish, o'rtacha yanchish, mayda yanchish, yupqa maydalash, o'ta yupqa maydalash, bo'laklarning aniqlovchi o'lchami. Rebinder tenglamasi, Kik-Kirpichevning yanchish gipotezasi, Rittinger gipotezasi, Bond tenglamasi, yassi qismli yanchish mashinalari, konusli yanchish mashinalari, valli yanchish mashinalari, shnekli yanchish mashinalari, bolg'ali yanchish mashinalari, sharli tegirmonlar, vibratsion sharli tegirmonlar, dezintegratorlar, aerodastali tegirmonlar, g'ildirakli tegirmonlar, dismembratorlar, maydalash mashinalarini hisoblash.

Mustaqil ishlash uchun savollar

7.1. Qattiq materiallarni maydalashning mohiyati va amaliy ahamiyati nimadan iborat?

7.2. Qattiq materiallarni maydalash jarayoni necha turga bo'linadi?

7.3. Aralashmadagi bo'laklarning o'rtacha aniqlovchi o'lchami qaysi tenglama orqali topiladi?

7.4. Materialning yanchilishi paytidagi sarflangan ishning hajmi qaysi tenglama yordamida aniqlanadi?

7.5. Yanchish jarayoni uchun tavsiya qilingan Rebinder tenglamasini qanday ifoda qilish mumkin?

7.6. Materiallarni yanchish uchun ishlab chiqilgan Kik-Kirpichev va Rittinger gipotezalari o'rtasida qanday farq bor?

7.7. Maydalash mashinalarining necha xil prinsipial sxemalari mavjud?

7.8. Bolg'ali yanchish mashinasining ishlash prinsipi nimaga asoslangan?

7.9. Sharli tegirmonlarning ichki bo'shlig'i qanaqa o'lchamli sharlar bilan to'ldiriladi?

7.10. Purkovchi tegirmonlardan qanday mahsulotlarni o'ta yupqa maydalashda foydalaniladi?

7.11. Vibratsiyali tegirmonlarning ishlash prinsipini qanday tushuntirish mumkin?

7.12. Dezintegratorlar va dismembratorlar o'rtasida qanday farq bor?

7.13.Sharli tegirmonlarni hisoblash qanday tartibda amalga oshiriladi?

VIII bob. QATTIQ MATERIALLARNI SINFLASH, SARALASH VA ARALASHTIRISH

8.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Texnologik jarayonlarni maqbul rejim bilan olib borishda qattiq donador materiallarni sinflash va aralashtirish, tayyor mahsulotlarni ma'lum navlarga ajratishda esa saralash jarayonlari muhim ahamiyatga ega.

Bo'lak va donalarning o'lchamiga ko'ra qattiq materiallarni ma'lum guruhlarga ajratish sinflash deb ataladi. Qattiq donador materiallarni sinflash jarayoni asosan ikki xil usul bilan amalga oshiriladi: 1) mexanik usul – katta sim g'alvir yordamida sinflash; 2) gidravlik usul – suv yoki havoda bir xil cho'kish tezligiga ega bo'lgan donalarni guruhlarga ajratish orqali sinflash. Qattiq material donalari aralashmasini havo muhitida ajratish separatsiya deb yuritiladi.

Qattiq sochiluvchan materiallarni turli usullar (mexanik, pnevmatik va hokazo) yordamida aralashtirish texnologik jarayonlarni bir me'yorda olib borish va jadallashtirish imkoniyatlarini yaratib beradi.

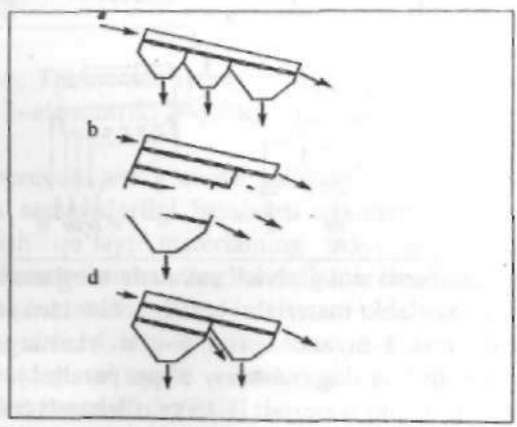
Sinflash va aralashtirish qattiq materiallarni qayta ishlash uchun tayyorlashda yordamchi jarayonlar hisoblansa, saralash esa tayyor mahsulotlarni tegishli navlarga ajratishga qaratilgan bo'lib, mustaqil jarayonlar qatoriga kiradi. Ayrim sharoitlarda qattiq materiallarni maydalash jarayonidan keyin sinflash amalga oshiriladi.

8.2. MEXANIK USUL BILAN SINFLASH

Donalarning o'lchamiga ko'ra sochiluvchan materiallarni mexanik kuch ta'sirida bir yoki bir necha katta sim g'alvirlar yordamida guruhlarga ajratish sinflash deb ataladi. Katta sim g'alvirli uskunalarning asosiy ish organi vazifasini simli elaklar, teshikli po'lat listlar yoki panjaralar bajaradi. Masalan, simli elaklar kvadrat yoki to'g'ri burchakli teshiklar (o'lchamlari 0,4÷100 mm) bo'lgan to'rlardan tayyorlanadi. Qalinligi 3÷12 mm bo'lgan po'lat listlarda diametri 5÷50 mm atrofida bo'lgan teshiklar ochilgan bo'ladi.

Mexanik kuch ta'siri bilan sinflashda ikki xil mahsulot hosil bo'ladi: 1) elakdan o'tgan donalar (yoki elak ostidagi mahsulot); 2) elak ustida qolgan donalar (elak ustidagi mahsulot). Sim g'alvirli uskunalarning ishi 2 ta ko'rsatgich bilan baholanadi: 1) samaradorlik; 2) ish unumdorligi.

Material donalarini ikkidan ortiq sinflarga ajratish kerak bo'lgan paytda ko'p marotabali sim g'alvirdan o'tkazish usullaridan foydalaniladi (8.1-rasm): 1) teshiklarining o'lchami borgan sari ortib boradigan, ketma-ket joylashgan elaklar qatoridan foydalanish (donalar o'lchamining ortib borishiga asoslangan usul); 2) teshiklarining o'lchamini tepadan pastga qarab kamaytirib, elaklarni ustma-ust joylashtirish (donalar o'lchamining kamayib borishiga asoslangan usul); 3) murakkab usul.

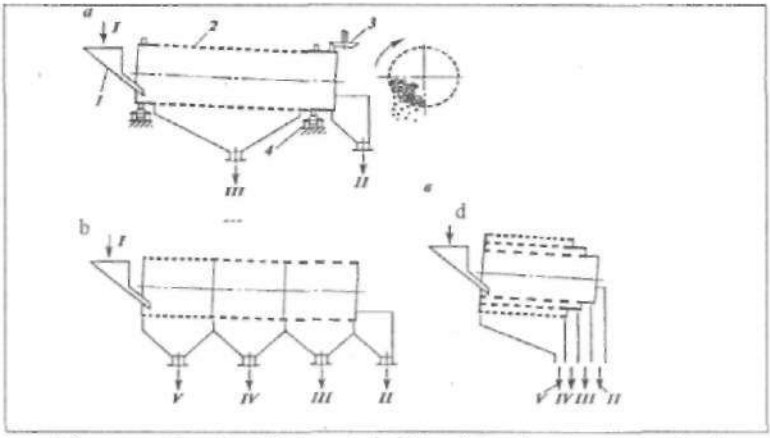


8.1-rasm. Sochiluvchan qattiq materiallarni katta sim g'alvir bilan elash usullari:
a–donalar o'lchamining oshib borishiga asoslangan usul; b–donalar o'lchamining kamayib borishiga asoslangan usul; d–murakkab usul.

Katta sim g'alvirli uskunalar 2 turga bo'linadi: qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan. Elak yuzasining shakliga ko'ra uskunalar ikki xil – tekis va silindrsimon yuzali bo'ladi. Bunday uskunalar gorizontal yoki qiya joylashgan holatda ham bo'lishi mumkin.

Bitta barabanli sim g'alvirli uskunaning sxemasi 8.2 a-rasmda ko'rsatilgan. Ushbu uskuna silindrsimon yoki ko'p qirrali shaklga ega bo'lgan va devorlarida teshiklari bor baraban (2), uni aylantiruvchi

uzatma (3) va tayanch roliklari (4) dan iborat. Dastlabki material (I) tarnov (1) orqali barabanning ichki qismiga beriladi. Baraban markaziy val yordamida aylangan paytda sochiluvchan material pastga qarab siljiydi. Baraban gorizontga nisbatan $4\text{-}7^0$ bilan joylashtirilgan bo'ladi. O'lchami silindrsimon teshiklardan kichik bo'lgan donalar elak ostidagi mahsulot sifatida (III) ajratiladi. O'lchamlari sim g'alvir teshiklaridan katta bo'lgan donalar elak ustidagi mahsulot sifatida (II) barabanning pastki qismidan ajralib chiqadi.

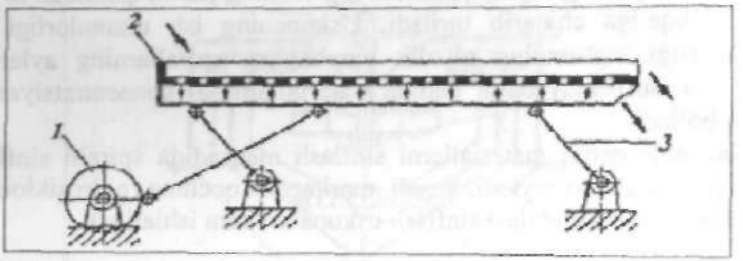


8.2-rasm. Barabanli sim g'alvirli uskunalarning sxemalari:
a–bitta g'alvirli: 1–dastlabki materialni berish uchun tarnov; 2–baraban; 3–uzatma moslamasi; 4–tayanch roligi; b–g'alvirlarning ketma-ket joylanishi; d–g'alvirlarning markaziy o'qqa parallel joylanishi.
Oqimlar: I–dastlabki material; II–katta o'lchamli fraksiya; III,IV,V–zarrachalarning o'lchami kichrayib boradigan fraksiyalar.

Materialni bir necha fraksiyalarga ajratish zarur bo'lgan paytda turli o'lchamdagi g'alvirlardan iborat bo'lgan barabanlar ishlatiladi. G'alvirlar ketma-ket (8.2 b - rasm) yoki markaziy o'qqa nisbatan parallel (8.2 d - rasm) holatda joylashtirilgan bo'ladi.

Barabanli sim g'alvirli uskunalarning asosiy afzalligi: konstruksiyasining oddiyligi va bir me'yorda ishlashi. Kamchiliklari: katta joyni egallaydi; ish unumdorligi kam; samaradorligi past. Ushbu kamchiliklarning borligi sababli, sanoatda ularning o'rniga tebranib turuvchi va vibratsion sim g'alvirli qurilmalar ishlatiladi.

8.3-rasmda tebranib turuvchi sim g'alvirli uskunaning sxemasi keltirilgan. Tekis yuzali g'alvir ekssentrik yordamida tebranib turadi. O'lchami g'alvir teshiklarining o'lchamidan kichik bo'lgan donalar g'alvirdan o'tib, elak ostidagi mahsulot sifatida ajraladi. O'lchami g'alvir teshiklaridan katta bo'lgan donalar g'alvirning o'ng tomonidan elak ustidagi mahsulot sifatida ajralib chiqadi.



8.3-rasm. Tebranuchi sim g'alvirli uskunaning sxemasi:
1–ekssentrik; 2–qobiq; 3–tayanch ustuni.

Tebranib turuvchi sim g'alvirli uskunaning afzallik tomonlari: ish unumdorligi va samaradorligi barabanli uskunalarga nisbatan yuqori, ixcham, ishlatish qo'lay; materialning maydalanish darajasi kam. Kamchiliklari: konstruksiyasi turg'un holatda emas; tayanch ustunlari tezda ishdan chiqib turadi.

Sanoatning turli sohalarida vibratsion sim g'alvirli uskunalar keng qo'llaniladi. Bunday uskunalar vibratorning ishlash prinsipiga ko'ra inersion va elektromagnitli bo'lishi mumkin. Vibratsion uskunalar bir qator afzalliklarga ega: ish unumdorligi va samaradorligi yuqori; elak teshiklarining mayda donalar bilan to'lib qolishi kam; ixcham; elaklarni almashtirish oson; energiya sarfi nisbatan kam.

8.3. GIDRAVLIK SINFLASH VA SEPARATSIYA

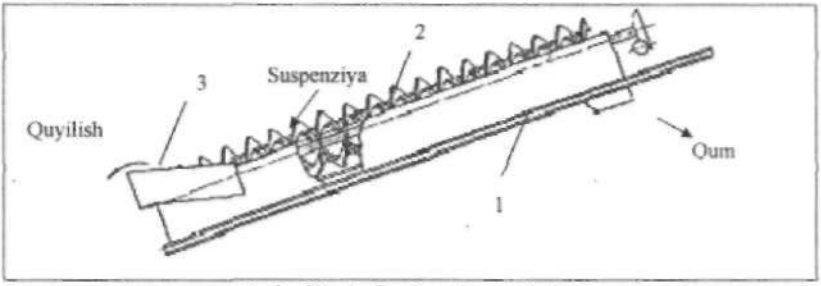
Qattiq materiallarni donalarining suyuq (suv) yoki gaz (havo) muhitlaridagi cho'kish tezliklariga ko'ra turli guruhlarga ajratish gidravlik sinflash (yoki separatsiya) deb ataladi. Bunda har bir sinfga cho'kish tezligi bir-biriga yaqin bo'lgan donalar yig'indisi kiradi.

Gidravlik sinflashni amalga oshirish uchun turli mexanik sinflash uskunalari ishlatiladi. Bunday uskunalar mayda materiallarni (5÷0,05 mm va undan kam) ajratish uchun ishlatiladi. 8.4-rasmda spiralli sinflash

uskunasining sxemasi berilgan. Ushbu uskuna gorizontga nisbatdan qiya ($12–18^0$) joylashgan yarim silindr kesimli tog'aradan iborat bo'lib, uning ichida bitta yoki bir necha spirallar $1,5÷20\ min^{-1}$ tezlik bilan aylanib turadi. Spirallar suyuqlik va siljitilayotgan qumlarga qisman botirilgan bo'ladi. Suspenziya tarkibidagi qumlar spirallar yordamida harakat qilib, uskunaning yuqori qismidan tashqariga chiqariladi.

Suspenziyaning suyuq qismi esa tog'oraning pastki qismidan to'siq orqali tashqariga chiqarib turiladi. Uskunaning ish unumdorligi va samaradorligi tog'oraning qiyalik burchagiga, spirallarning aylanish soniga va suspenziyadagi qattiq materiallarning konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi.

Sanoatda qattiq materiallarni sinflash maqsadida spiralli sinflash uskunasidan tashqari reykali, kosali, markazdan qochma (gidrosiklonlar, cho'ktiruvchi sentrifugalar) sinflash uskunalari ham ishlatiladi.



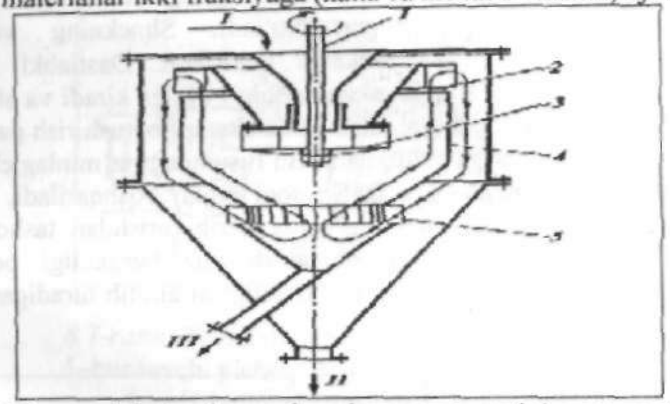
8.4-rasm. Spiralli sinflash uskunasining sxemasi:
1–tog'ora; 2–spiral; 3–to'siq.

Havo oqimi bilan ishlaydigan separatorlarda qattiq materiallarni sinflash markazdan qochma va og'irlik kuchlari ta'siridagi havo oqimida turli o'lchamli donalarning har xil tezlik bilan cho'kishiga asoslangan. 8.5-rasmda markazdan qochma kuch ta'sirida ishlaydigan havo separatorining sxemasi ko'rsatilgan. Ushbu separatorning aylantiruvchi vali (1) ga ventilator (2) bilan biriktirilgan tarqatuvchi disk (3) mustahkamlangan.

Ventilator yordamida separatorda havoning berk holatidagi sirkulatsiyasi hosil bo'ladi. Ajratishi lozim bo'lgan material uzluksiz ravishda aylanib tarqatuvchi disk (3) ga beriladi. Material disk *yordamida va markazdan qochma kuch ta'sirida ichki kamera* (4) *ning* devori tomon uloqtiriladi. Materialning ichki kamera devori tomon harakati natijasida hosil bo'lgan qatlam orqali ko'tarilayotgan havo

oqimi harakat qilib, o'zi bilan mayda zarrachalarni ventilator (2) ga olib ketadi. Katta zarrachalar (III) ichki kameradan qiya joylashgan patrubok orqali tashqariga chiqariladi.

Mayda zarrachalar (II) ni esa ventilatorning kuraklari qobiqning tashqi devori tomon uloqtirib tashlaydi va konussimon tub orqali tashqariga chiqariladi. Shunday qilib, havo separatori yordamida maydalangan materiallar ikki fraksiyaga (katta va kichik o'lchamli) ajratiladi.



8.5-rasm. Markazdan qochma havo separatorining sxemasi: 1–ventilator va diskning valini aylantiruvchi uzatma; 2–ventilator; 3–materialni tarqatuvchi disk; 4–ichki kamera; 5–pardali tarqatuvchi moslama. Oqimlar: I–dastlabki sochiluvchan material; II–mayda zarrachalar; III–katta zarrachalar.

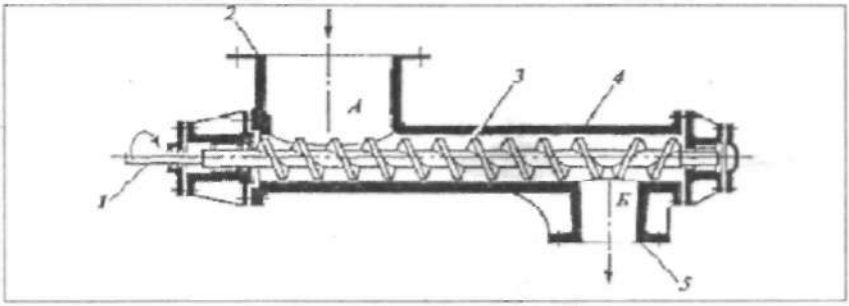
8.4. QATTIQ MATERIALLARNI DOZALASH

Materialning ma'lum bir qismi (doza) ni o'lchash yoki tortish va uni texnologik mashina yoki uskunaning ishchi organi tomon siljitib berishni dozalash jarayoni deb ataladi. Neft va gazni qayta ishlash va neft kimyosida materiallarni dozalash jarayonidan neft mahsulotlarini kompaundlashda, moylar, surkov materiallari va qo'ndirmalarni tayyorlashda, reagentlar, deemulgatorlar va ingibitorlarni texnologik uskunalarga berishda va boshqa bir qator texnologik jarayonlar (neftlarni katalitik krekinglash, polimer materiallarini olish va hokazo) da foydalaniladi.

Materiallarni dozalash davriy va uzluksiz ishlaydigan texnologik jarayonlarda mexanik va avtomatik moslamalar yordamida amalga oshiriladi. Dozalash jarayonining o'lchov birligi sifatida dozalanayotgan

materialning sarfi (hajmiy yoki massaviy) ishlatiladi. Bunkerdagi materialni uzatuvchi yoki qayta ishlovchi mashina va uskunalarga bir me'yorda berib turuvchi moslamalar dozatorlar yoki ta'minlagichlar deb yuritiladi. Sanoatda eng ko'p qo'llaniladigan ta'minlagichlarning qatoriga shnekli, tarelkali, plunjerli va shlyuzli (darvozali) dozatorlarni kiritish mumkin.

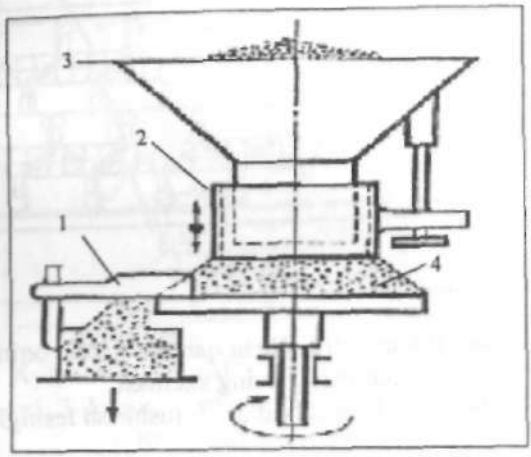
Shnekli ta'minlagichning (8.6-rasm) qobig'ida uzluksiz harakat qiladigan shnek joylashtirilgan bo'ladi. Shnekning vali (1) elektrodvigatel yordamida harakatga keltiriladi. Dastlabki material yuklash voronkasi (2) orqali uskuna qobig'i (4) ga kiradi va shnek (3) bilan birgalikda gorizontal yo'nalishda harakat qilib, tushirish patrubkasi (5) yordamida tashqariga chiqariladi. Bu rusumdagi ta'minlagichlarning ish unumdorligi shnekning aylanish soni orqali boshqariladi. Bunday dozatorlar materialni ma'lum me'yorda berib turishdan tashqari, uni shnek bilan uzatish paytida zichlanish yuz berganligi oqibatida, uskunada A va Б zonalardagi havo bo'shlig'ini ajratib turadigan zatvor (eshik) ni hosil qiladi.



8.6-rasm. Shnekli ta'minlagich:
1–val; 2–yuklash voronkasi; 3–shnek; 4–qobiq; 5–tushirish patrubkasi.

Tarelkali ta'minlagich (8.7-rasm) aylanib turuvchi tarelka (4) va buriluvchi pichoq (1) dan iborat. Dastlabki material tarelkaga beriladi va uning yuzasidan buriluvchi pichoq yordamida tashlanadi. Bu rusumdagi dozatorning ish unumdorligi silindrni siljitish orqali boshqariladi: silindr yuqoriga siljitilganda ish unumdorligi oshadi, pastga siljitilganda esa kamayadi. Tarelkali dozatorlar yaxshi sochiluvchan donador materiallarni uzatish uchun ishlatiladi. Bunda materiallarning sochiluvchan zichligi harorat (5) dan 100^0C gacha o'zgargan paytda 1800 kg/m^3

dan ortmasligi va donalarning o'lchami 3÷10 mm atrofida bo'lishi talab qilinadi.

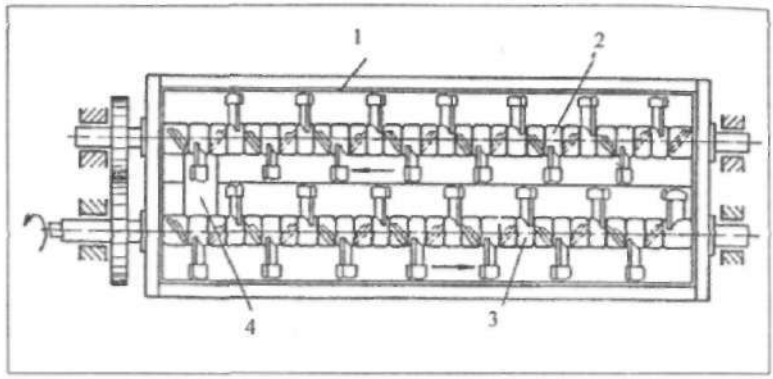


8.7-rasm. Tarelkali ta'minlagichning sxemasi:
1–burluvchi pichoq; 2–manjeta(qadama eng);
3–qabul qiluvchi bunker; 4–tarelka.

8.5. QATTIQ MATERIALLARNI ARALASHTIRISH

Qattiq faza qatnashadigan ba'zi gidromexanik, issiqlik va modda almashinish jarayonlarini maqbul rejimlar bilan sifatli olib borish va jadallashtirish uchun materiallarni maxsus uskunalarda aralashtirilib, so'ngra ularni tegishli texnologik uskunalarga yuborish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

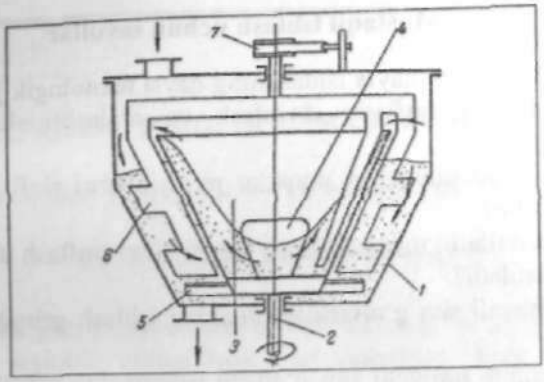
Qattiq materiallarni aralashtirish uchun har xil uskunalar – aralashtiruvchi barabanlar, aylanuvchi parraklar, shnekli, lentali, mavhum qaynash qatlamli va markazdan qochma kuch ta'sirida ishlaydigan aralashtirgichlar ishlatiladi. 8.8-rasmda ikkita parrakli vali bo'lgan va qarama-qarshi oqimli aralashtirgichning sxemasi berilgan. Ushbu uskuna qobiq (1) va uning ichida aylanib turadigan shnekli vallar (2) va (3) dan iborat. Vallardagi parraklar shunday qilib joylashtirilganki, val (2) materialni aralashtirgichning tushirish teshigi tomon siljitsa, val (3) materialni teskari tomonga harakat qildirish uchun xizmat qiladi. Val (2) ning aylanish soni val (3) ning aylanish sonidan katta bo'lganligi sababli, material jadal sur'atlar bilan aralashgan holatda tushirish teshigi tomon siljitiladi.



8.8-rasm. Ikkita vali bo'lgan qarama-qarshi oqimli aralashtirgichning sxemasi:
1–qobiq; 2,3–shnekli vallar; 4–tushirish teshigi.

Markazdan qochma kuch maydonidan foydalanilgan aralashtirgichlarda sochiluvchan materialning jadal su'ratlar bilan aralashuvi yuz beradi, natijada yuqori samaradorlikka erishiladi. Markazdan qochma kuch ta'sirida ishlaydigan, aylanuchi konusli aralashtirgichning sxemasi 8.9-rasmda berilgan. Uskuna qobig'i (1) ichidagi val (2) ga aylanib turuvchi ichi bo'sh kesilgan konus (3) o'rnatilgan. Konusning ikki tomonidan simmetrik joylashgan oynaklar (4) bor. Konusning aylanishi natijasida markazdan qochma kuch ta'sirida materiallarning zarrachalari konusning ichki yuzasi bo'yicha yuqori tomonga harakat qilib, konus va qobiq oralig'idagi bo'shliqqa uloqtirib tashlanadi; oynak orqali qaytadan konusning ichiga kiradi. Konus bilan birga harakat qiladigan parrakli aralashtirgich (5) materialning oynak orqali o'tishiga yordam beradi.

Ushbu uskunadagi aralashish jarayoni materialning konus bo'yicha ko'tarilishida (zarrachalarning turli tezliklarga ega bo'lganligi sababli), zarrachalarning konus va qobiq oralig'idagi bo'shliqda pastga qarab tushishida hamda zarrachalarni parrakli aralashtirgich yordamida aralashtirish paytida yuz beradi. Yomon sochiluvchan materiallarni aralashtirish uchun qobiq ichiga rama (6) o'rnatiladi. Harakatdagi material ta'sirida rama erkin harakat qiladi, ushbu harakatning tezligi lentali to'xtatish mexanizmi (7) orqali boshqariladi.



8.9-rasm. Aylanuvchi konusli aralshatirish uskunasining sxemasi: 1–qobiq; 2–val; 3–konus; 4–oynak; 5–parrakli aralashtirgich; 6–rama; 7–to'xtatish uchun moslama.

Ramaning vazifasi harakat qilayotgan material ichida uyurmalar hosil qilishdan iborat bo'lib, uning yaxshi aralashishiga xizmat qiladi. Materialni yuklash va tushirish uskunaning tepasi va ostidagi qopqoqli tuynuklar orqali amalga oshiriladi.

Qattiq materiallarni sinflash, saralash, dozalash va aralashtirish uchun mo'ljallangan uskunalarni hisoblash tartibi maxsus adabiyotlarda berilgan.

Tayanch so'z va iboralar

Sochiluvchan qattiq materiallarni sinflash, saralash, dozalash, aralashtirish, mexanik usul bilan sinflash, gidravlik usul bilan sinflash, separatsiya, tekis yuzali sim g'alvirlar, silindrsimon yuzali sim g'alvirlar, tebranib turuvchi sim g'alvirlar, elak ostidagi mahsulot, elak ustidagi mahsulot, ketma-ket joylashgan elaklar qatoridan foydalanish, elaklarni ustma-ust joylashtirish, markazdan qochma kuch ta'sirida sinflash, qattiq materiallarni aralashtirish, sochiluvchan materiallarni katta sim g'alvir bilan elash uskunalari, barabanli sim g'alvirli uskunalar, tebranuvchi sim g'alvirli uskuna, spiralli sinflash uskunasi, markazdan qochma havo separatori, shnekli dozator, tarelkali dozator, qarama-qarshi oqimli aralashtirgich, aylanuvchi konusli aralashtirish uskunasi.

Mustaqil ishlash uchun savollar

8.1. Neft va gazni qayta ishlashning qaysi texnologik jarayonlarida qattiq materiallarni sinflash, dozalash va aralashtirish usullaridan foydalanildi?

8.2. Qattiq sochiluvchan donador materiallarni sinflashda qanday usullar qo'llanildi?

8.3. Materiallarni mexanik kuch ta'siri bilan sinflash uchun qanday uskunalar ishlatiladi?

8.4. Barabanli sim g'alvirli uskunaning ishlash prinsiplari nimaga asoslangan?

8.5. Tebranib turuvchi sim g'alvirli uskunaning afzallik tomonlari nimadan iborat?

8.6. Spiralli sinflash uskunasi ichidagi spirallar qanday tezlik bilan harakat qiladi?

8.7. Markazdan qochma kuch ta'sirida ishlaydigan havo separatorining sxemasi qanday ko'rinishga ega?

8.8. Qattiq materiallarni dozalashning mohiyati nimadan iborat?

8.9. Shnekli dozator – ta'minlagichning ishlash prinsipi nimaga asoslangan?

8.10. Tarelkali ta'minlagichning ishlash prinsipini qanday tushuntirish mumkin?

8.11. Texnologik jarayonlarni amalga oshirishda materiallarni aralashtirishning ahamiyati nimadan iborat?

8.12. Ikkita parrakli vali bo'lgan va qarama-qarshi oqimli aralashtirgichning prinsipial sxemasi qanday ifoda qilinadi?

8.13. Markazdan qochma kuch ta'sirida ishlaydigan va aylanuvchi konusli aralashtirgichning afzallik tomonlari nimadan iborat?

UCHINCHI QISM. ISSIQLIK ALMASHINISH JARAYONLARI

IX bob. ISSIQLIK O'TKAZISH ASOSLARI

9.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Neft va gazni qayta ishlash, neft kimyosi va sanoatning boshqa sohalarida issiqlik almashinish jarayonlaridan keng foydalaniladi. Masalan, neft va mazutni haydash, piroliz, katalitik kreking, riforming, gidrotozalash va moylarni tozalash kabi jarayonlarda turli issiqlik almashinish uskunalari ishlatiladi.

Bir qator texnologik jarayonlarining yo'nalishi issiqlik energiyasining berilishi yoki uzatilishi natijasida ma'lum bir haroratga ega bo'lgan holatdagina yuz beradi. Tezligi issiqlikning berilishi yoki uzatilishi bilan bog'liq bo'lgan jarayonlar (isitish, sovitish, bug'latish, kondensatsiyalash va hokazo) issiqlik almashinish jarayonlari deb yuritiladi.

Har xil haroratga ega bo'lgan jismlarda issiqlik energiyasining biridan ikkinchisiga o'tishi issiqlik almashinish jarayoni deb ataladi. «Issiq» va «sovuq» jismlarning haroratlari o'rtasidagi farq issiqlik almashinishining harakatlantiruvchi kuchi hisoblanadi. Haroratlar farqi bo'lganda termodinamikaning ikkinchi qonuniga ko'ra issiqlik energiyasi harorati yuqori bo'lgan jismdan harorati past bo'lgan jismga o'z-o'zidan o'tadi. Jismlar o'rtasidagi issiqlik almashinishi erkin elektron, atom va molekulalarning o'zaro energiya almashinishi hisobiga sodir bo'ladi. Issiqlik almashinishida qatnashadigan jismlar issiqlik tashuvchi deb ataladi. Issiqlik tarqalishining uchta prinsipal turi bor: issiqlik o'tkazuvchanlik, konveksiya va issiqlikning nurlanishi.

Bir-biriga tegib turgan kichik zarrachalarning tartibsiz harakati natijasida yuz beradigan issiqlikning o'tish jarayoni issiqlik o'tkazuvchanlik (yoki konduksiya) deyiladi. Gaz va tomchi suyuqliklarda molekulalarning harakati natijasida yoki qattiq jismlarda kristall panjaradagi atomlarning tebranishi ta'sirida yoxud metallarda erkin elektronlarning diffuziyasi oqibatida issiqlik o'tkazuvchanlik jarayoni sodir bo'ladi. Qattiq jismlarda, gaz yoki suyuqliklarning yupqa qatlamlarida issiqlik asosan issiqlik o'tkazuvchanlik orqali tarqaladi.

Gaz yoki suyuqliklarda makroskopik hajmlarning harakati va ularni aralashtirish natijasida yuz beradigan issiqlikning tarqalishi konveksiya deb ataladi. Konveksiya ikki xil (erkin va majburiy) bo'ladi. Gaz yoki suyuqlik ayrim qismlaridagi zichliklarning farqi natijasida hosil bo'ladigan issiqlikning almashinishi tabiiy yoki erkin konveksiya deyiladi. Tashqi kuchlar ta'sirida (masalan, suyuqliklarni nasoslar yordamida uzatish yoki ularni mexanik aralashtirgichlar bilan aralashtirish paytida) majburiy konveksiya paydo bo'ladi.

Issiqlik energiyasining elektromagnit to'lqinlar yordamida tarqalishi issiqlikning nurlanishi deb yuritiladi. Har qanday jism o'zidan energiyani nurlatish qobiliyatiga ega. Nurlangan energiya boshqa jismga yutiladi va qaytadan issiqlikka aylanadi. Natijada nur bilan issiqlik almashinish sodir bo'lib, u o'z navbatida nur chiqarish va nur yutish jarayonlaridan tashkil topadi.

Haqiqiy sharoitlarda issiqlik almashinish alohida olingan biror usul bilan emas, balki bir necha usullar yordamida yuzaga keladi, ya'ni murakkab issiqlik o'tkazish jarayonlari amalga oshiriladi.

Issiqlik almashinish jarayonlari turli rusumdagi uskunalarda amalga oshiriladi. Issiqlik almashinish uskunalarining ishlash rejimiga ko'ra jarayonlar ikki xil (turg'un va noturg'un) bo'ladi. Uzluksiz ishlaydigan uskunalarning turli nuqtalaridagi harorat vaqt davomida o'zgramaydi, bunday uskunalarda ketayotgan jarayon turg'un bo'ladi. Noturg'un jarayonlarda (davriy ishlaydigan issiqlik almashinish uskunalarida) harorat vaqt davomida o'zgarib turadi (masalan, isitish yoki sovitish paytida).

Issiqlik almashinish uskunalaridagi issiqlik almashinish jarayonlari har xil holatlar (issiqlik o'tkazuvchanlik, konveksiya, issiqlikning nurlanishi va hokazo) ning majmuasi asosida yuz beradi. Ularni bir-biridan ajratish mumkin emas. Shu sababdan muhandislik hisoblashlarda issiqlikning turli xilda tarqalishini umumlashtirilib, yaxlit issiqlik o'tkazish jarayoni, deb qabul qilinadi.

9.2. ISSIQLIK O'TKAZISHNING ASOSIY TENGLAMASI

Issiqlik almashinish jarayonlarida issiqlik bir muhitdan ikkinchisiga o'tadi. Ko'pincha issiqlik tashuvchi agentlar bir-biridan devor orqali (uskuna yoki quvurning devori va hokazo) ajratilgan bo'ladi. Harorati yuqori bo'lgan muhitdan harorati past bo'lgan muhitga biror devor orqali issiqlikning berilishi issiqlikning o'tishi deb ataladi.

Bunda berilgan issiqlikning miqdori Q issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali topiladi:

$$Q = K\Delta t_{o'r} F\tau, \qquad (9.1)$$

bu yerda, K – issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti; $\Delta t_{o'r}$ – issiq va sovuq muhit haroratlarining o'rtacha farqi; G' – muhitlarni ajratuvchi devor yuzasi; τ – jarayonning davomiyligi.

Uzluksiz ishlaydigan turg'un jarayonlar uchun (9.1) tenglamadagi τ hisobga olinmaydi. U holda:

$$Q = K\Delta t_{o'r} F . \qquad (9.2)$$

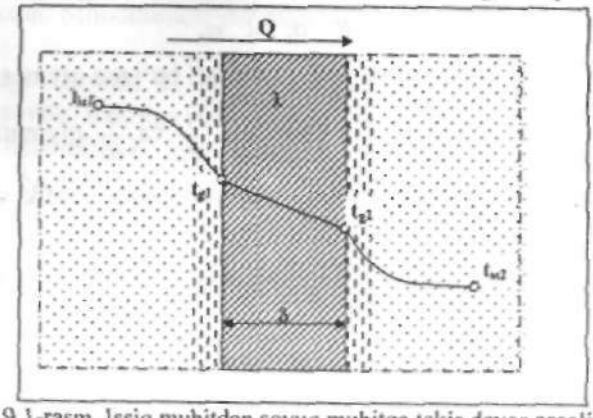
(9.1) tenglamadagi K – issiqlikning birinchi muhit markazidan ajratuvchi devorga issiqlik berish, devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik va devor yuzasidan ikkinchi muhit markaziga issiqlik berish yo'llari orqali o'tish tezligini belgilovchi koeffitsiyent.

K ning qiymatini topish uchun issiq muhitdan sovuq muhitga tekis devor orqali issiqlikning o'tish jarayonini ko'rib chiqamiz (9.1-rasm).

Turg'un jarayonlar uchun birinchi muhit markazidan devorga berilgan, devordan o'tgan va devordan ikkinchi muhit markaziga berilgan issiqlikning miqdori o'zaro teng, ya'ni:

$$\left.\begin{aligned} Q &= \alpha_1(t_{m_1} - t_{g_1})F \\ Q &= \frac{\lambda}{\delta}(t_{g_1} - t_{g_2})F \\ Q &= \alpha_2(t_{g_2} - t_{m_2})F \end{aligned}\right\} . \qquad (9.3)$$

bu yerda, α_1 – harorati yuqori muhitdagi issiqlik berish koeffitsiyenti; t_{m_1} – issiq muhit markazidagi harorat; t_g – devor yuzasining issiqlik muhiti tomonidagi harorati; λ – devor materialining issiqlik



9.1-rasm. Issiq muhitdan sovuq muhitga tekis devor orqali issiqlik o'tish jarayonining sxemasi.

o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti; δ – devorning qalinligi; t_g – devor yuzasining sovuq muhit tomonidagi harorati; α_2 – harorati past muhitdagi issiqlik berish koeffitsiyenti; t_m – sovuq muhit markazidagi harorat.

(9.3) ifodalardan quyidagilarni olish mumkin:

$$\left.\begin{aligned} t_{m_1} - t_{g_1} &= \frac{1}{\alpha_1}\cdot\frac{Q}{F} \\ t_{g_1} - t_{g_2} &= \frac{\delta}{\lambda}\cdot\frac{Q}{F} \\ t_{g_2} - t_{m_2} &= \frac{1}{\alpha_2}\cdot\frac{Q}{F} \end{aligned}\right\}. \qquad (9.4)$$

(9.4) tenglamalarning chap va o'ng tomonlarini o'zaro qo'shamiz:

$$t_{m_1} - t_{m_2} = \frac{Q}{F}\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}\right) \qquad (9.5)$$

yoki

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}\, F\,(t_{m_1} - t_{m_2}). \qquad (9.6)$$

(9.2) va (9.6) tenglamalarni o'zaro solishtirish natijasida tekis devor uchun quyidagi ifodalarni olish mumkin:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \qquad (9.7)$$

yoki

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}. \qquad (9.8)$$

Issiqlik o'tkazish koeffitsiyentiga teskari bo'lgan qiymat $\frac{1}{K}$ issiqlik o'tishining termik qarshiligi deb yuritiladi. $\frac{1}{\alpha_1}$ va $\frac{1}{\alpha_2}$ qiymatlar issiqlik berishning termik qarshiliklarini, $\frac{\delta}{\lambda}$ esa devorning termik qarshiligini ifodalaydi.

Issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti quyidagi o'lchov birligiga ega:

$$K = \left[\frac{Q}{F\Delta t_{ur}\tau}\right] = \left[\frac{J}{m^2 \cdot grad \cdot s}\right] = \left[\frac{vt}{m^2 \cdot k}\right].$$

Shunday qilib, issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti K harorati yuqori bo'lgan muhitdan harorati past bo'lgan muhitga vaqt birligi ichida ajratuvchi devorning 1 m^2 yuzasidan muhitlar haroratlari farqi 1 gradus

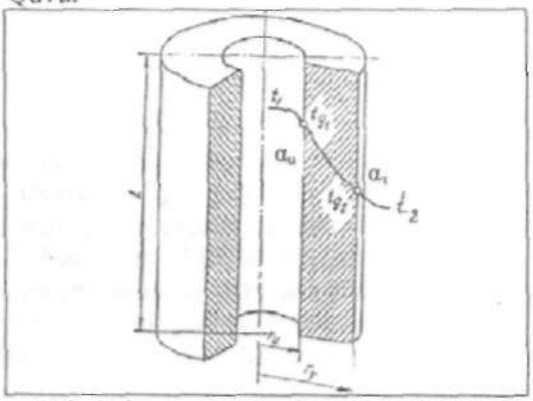
bo'lganda o'tkazilgan issiqlikning miqdorini bildiradi.

Ko'p qatlamli devordan issiqlik o'tish jarayonida har bir qatlamning termik qarshiliklari hisobga olinadi. Bu holda K ning qiymati quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta i}{\lambda i} + \frac{1}{\alpha_2}}, \qquad (9.9)$$

bu yerda, i – qatlamning tartib soni; n – qatlamlar soni.

Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasida ko'pincha issiqlik quvur yuzasi orqali o'tadi. Silindrsimon yuzadan issiqlik o'tishining prinsipial sxemasi 9.2-rasmda ko'rsatilgan. Quvur ichida harorati t_1 bo'lgan issiq muhit bo'lib, undan issiqlik quvurning ichki yuzasiga beriladi (α_1). Quvur



9.2-rasm. Silindrsimon yuzadan issiqlik o'tishining sxemasi.

tashqarisidagi harorati t_2 bo'lgan sovuq muhit bor. Quvur tashqi yuzasidan sovuq muhitga issiqlikning berilishi α_T bilan ifodalanadi. Quvurning balandligi L, ichki radiusini r_i, tashqi radiusini esa r_T bilan belgilaymiz. Silindrsimon yuzadan o'tkazilgan issiqlik miqdori quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$Q = K_R 2 \pi \tau (t_1 - t_2). \qquad (9.10)$$

K_R ning qiymati esa quyidagi tenglama bilan hisoblanadi:

$$K_R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u r_u} + \frac{1}{\lambda} 2{,}3 \lg \frac{r_T}{r_u} + \frac{1}{\alpha_T r_T}}. \qquad (9.11)$$

K_R issiqlik o'tkazishning chiziqli koeffitsiyenti deb ataladi. Agar K ning qiymati yuza birligiga nisbatan olinsa, K_R ning qiymati quvur

uzunligining birligiga nisbatan olinadi. Shu sababli $K_R=\left[\frac{Bm}{M\cdot K}\right]$ o'lchov birligiga ega.

Qalin devorli silindrsimon yuzalarni, jumladan, katta qalinlikdagi izolatsiya qatlami bilan qoplangan quvurlarni hisoblashdagina (9.10) va (9.11) tenglamalardan foydalaniladi. Yupqa devorli quvurlarni hisoblashda esa (9.2) va (9.7) tenglamalardan foydalanish mumkin.

9.3. ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK

Turli haroratlarga ega bo'lgan jismlar yoki ularning ayrim qismlarini o'zaro tegib turishi paytida yuz bergan issiqlik almashinishga issiqlik o'tkazuvchanlik deb yuritiladi. Issiqlik o'tkazuvchanlikning *mexanizmi jismlarning agregat holatiga bog'liq bo'ladi. Suyuqliklar* va qattiq jismlar – dielektriklarda issiqlik o'tkazuvchanlik yonma-yon joylashgan zarrachalar – atom va molekulalarning issiqlik harakati ta'sirida energiya almashinishiga asoslangan. Metallarda issiqlikning almashinishi asosan erkin elektronlarning diffuziyasi orqali boradi. Gazlarda issiqlik o'tkazuvchanlik molekula va atomlarning o'zaro to'qnashuvi va ularning diffuziyasi ta'sirida yuz beradi.

Harorat maydoni va gradienti. Jismning hamma nuqtalaridagi haroratlar qiymatlarining jami harorat maydonini tashkil etadi. Harorat maydoni turg'un va noturg'un bo'lishi mumkin. Agar har bir nuqtadagi harorat vaqt davomida o'zgarmasa, bunday harorat maydoni turg'un bo'ladi. Mabodo harorat vaqt o'tishi bilan o'zgarsa, bunday maydon noturg'un harorat maydoni deb yuritiladi.

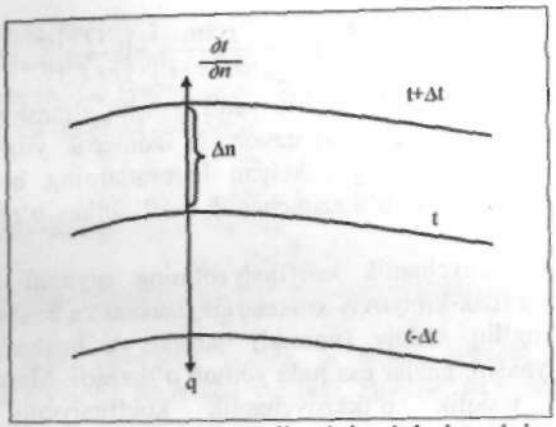
Harorat maydoni umumiy holatda quyidagi funksional bog'liqlik bilan ifodalanadi:

$$t = f(x, y, z, \tau), \qquad (9.12)$$

bu yerda, t – tekshirilayotgan nuqtadagi harorat; x, u, z – *tekshirilayotgan nuqtaning* koordinatalari; τ – vaqt.

Koordinatalarning soniga ko'ra, harorat maydoni bir o'lchamli va uch o'lchamli bo'lishi mumkin.

Bir xil haroratga ega bo'lgan nuqtalarning geometrik o'rni izometrik yuza deb yuritiladi. Harorat bir izometrik yuzadan ikkinchi izometrik yuza yo'nalishiga qarab o'zgaradi (9.3-rasm). Haroratlarning eng ko'p o'zgarishi izometrik yuzalarga o'tkazilgan normal chiziqlar bo'yicha yuz beradi.



9.3-rasm. Harorat gradientini aniqlashga doir.

Haroratlar farqi (Δt) ning izometrik yuzalar oralig'idagi normal bo'yicha olingan masofa (Δn) ga nisbati harorat gradienti (gradt) deb ataladi:

$$\text{gradt} = \lim \left(\frac{\Delta t}{\Delta n}\right)_{\Delta n \to 0} = \frac{\partial t}{\partial n} . \qquad (9.13)$$

Harorat gradienti nolga teng bo'lmagan (gradt ≠ 0) holatda issiqlik oqimi yuzaga keladi. Bunda issiqlik oqimining yo'nalishi harorat gradienti chizig'i bo'yicha boradi, ammo harorat gradientiga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi:

$$q \sim \left(-\frac{\partial t}{\partial n}\right).$$

Fure qonuni. Bu qonunga ko'ra, issiqlik o'tkazuvchanlik orqali o'tgan issiqlik miqdori dQ harorat *gradientiga* $\left(\frac{\partial t}{\partial n}\right)$, vaqtga (dτ) va issiqlik oqimi yo'nalishiga perpendikular bo'lgan maydon kesimiga (dF) mutanosibdir, ya'ni:

$$dQ = -\lambda \left(\frac{\partial t}{\partial n}\right) dF\, d\tau . \qquad (9.14)$$

Agar $\frac{Q}{F\tau} = q$ deb olinsa, u holda:

$$q = -\lambda \left(\frac{\partial t}{\partial n}\right), \qquad (9.15)$$

bu yerda, q – issiqlik oqimi zichligi; λ – issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti.

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti quyidagicha o'lchov birligiga ega:

$$[\lambda]=\left[\frac{dQ\cdot\partial n}{\partial t\cdot dF\cdot d\tau}\right]=\left[\frac{j\cdot m}{grad\cdot m^2\cdot s}\right]=\left[\frac{Vt}{m\cdot K}\right].$$

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti issiqlik almashinish yuzasi birligidan ($1m^2$) vaqt birligi (1s) davomida izometrik yuzaga normal bo'lgan 1 m uzunlikka to'g'ri kelgan haroratlarning bir gradusga pasayishi vaqtida issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan o'tgan issiqlik miqdorini belgilaydi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining qiymati moddaning tuzilishi va uning fizik-kimyoviy xossalariga, harorat va boshqa bir qator kattaliklarga bog'liq. Oddiy (normal) harorat va bosimda metallar issiqlikni juda yaxshi, gazlar esa juda yomon o'tkazadi. Masalan, ayrim moddalarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti quyidagi qiymatlarga ega: mis $\lambda = 384$ Vt/(m·K); po'lat $\lambda = 46,5$ Vt/(m·K); beton $\lambda = 1,28$ Vt/(m·K); tomchili suyuqliklar $\lambda = 0,1\div0,7$ Vt/(m·K); gazlar $\lambda = 0,006\div0,6$ Vt/(m·K); havo $\lambda = 0,27$ Vt/(m·K).

9.4. ISSIQLIK NURLANISHI

Nurlanish yordamida issiqlik almashinish jism ichki energiyasini elektromagnit to'lqinlari orqali tarqalishga asoslangan. Nurlanayotgan jismdan ajralgan elektromagnit to'lqinlarining vakuumdagi tezligi nurning tezligiga tengdir ($S=3\cdot10^8$ m/s). Elektromagnit to'lqinlari boshqa biror jismda yutilganida qaytadan molekulalarning issiqlik harakati energiyasiga aylanadi. Issiqlik nurlanishining to'lqin uzunligi *0,8–800 mkm chegarasida o'zgaradi. Nurlanish tezligi haroratning* oshishi bilan ko'payadi. Yuqori haroratlarda (masalan $t \geq 600^0$C bo'lganda) qattiq jismlar va gazlar o'rtasidagi issiqlik almashinishda nurlanish yo'li bilan issiqlikning tarqalishi hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'ladi.

Agar jismning yuzasiga Q_N miqdorida nurlangan issiqlik tushsa, uning faqat bir ulishi Q_A jism tomonidan yutiladi va issiqlik energiyasiga aylanadi, boshqa ulushi Q_R jismning yuzasidan qaytariladi, energiyaning qolgan ulushi Q_D esa jism orqali o'tib ketadi. Demak:

$$Q_N = Q_A + Q_R + Q_D \qquad (9.16)$$

yoki

$$\frac{Q_A}{Q_N}+\frac{Q_R}{Q_N}+\frac{Q_D}{Q_N}=1. \qquad (9.17)$$

(9.17) tenglamadagi birinchi bo'linma jismning nurlangan issiqlikni yutish qobiliyatini, ikkinchi bo'linma qaytarish qobiliyatini, uchinchi bo'linma esa jismning o'zidan nurlangan issiqlikni o'tkazib yuborish qobiliyatini bildiradi. Agar

$$\frac{Q_A}{Q_H} = A, \quad \frac{Q_R}{Q_H} = R \quad \text{va} \quad \frac{Q_D}{Q_H} = D,$$

demak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$A + R + D = 1. \tag{9.18}$$

A, R, va D ning son qiymatilariga ko'ra, jismlar quyidagi turlarga bo'linadi:

1) agar A=1 (R=D=0) bo'lsa, u holda jismga tushayotgan nurlangan energiyaning hammasi yutiladi. Bunday jism absolyut qora jism deb ataladi;

2) agar R=1 (A=D=0) bo'lsa, jismga tushayotgan nurlangan energiyaning hammasi qaytariladi. Bunday jism absolyut oq jism deb yuritiladi;

3) agar D=1 (A=R=0) bo'lsa, jismning yuzasiga tushayotgan nurlangan energiyaning hammasi jismdan o'tib ketadi. Bunday jism diatermik jism deb ataladi.

Tabiatda absolyut qora yoki absolyut oq, diatermik jismlar yo'q. A, R va D o'rtasidagi bog'liqlik jismning tabiatiga, yuzasining tuzilishiga va uning haroratiga bog'liq. Odatda qattiq jismlar va suyuqliklar uchun D=0 va A+R=1 bo'ladi. Gazlar esa asosan diatermik jismlar qatoriga kiradi. Haqiqiy sharoitda jismlar yuzasiga nur holida tushgan energiyaning bir ulushi yutiladi, yana bir ulishi qaytariladi, qolgan qismini esa jism o'zidan o'tkazib yuboradi. Bunday jismlar odatda kulrang jismlar deb yuritiladi.

Stefan-Bolsman qonuni. Biror jismning yuza birligi F dan vaqt birligi τ davomida to'lqin uzunligining hamma intervali bo'yicha (λ=0 dan $\lambda=\infty$ gacha) nurlangan energiyaning miqdori jismning nur chiqarish qobiliyati E deb ataladi:

$$E = \frac{Q_H}{F\tau}. \tag{9.19}$$

bu yerda, Q_N – jism tomonidan nurlangan energiya.

Jismning nur chiqarish xususiyatining to'lqin uzunligi intervaliga nisbati nurlanish tezligi deyiladi:

$$J = \frac{dE}{d\lambda}. \tag{9.20}$$

Oxirgi tenglamani integrallash natijasida jismning nur chiqarish xususiyati va nurlanish intervali o'trasidagi bog'liqlikni aniqlash mumkin:

$$E = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} J d\lambda \ .$$

Nurlanish umumiy energiyasining absolyut harorat va to'lqin uzunligiga bog'liqligini Plank nazariy yo'l bilan kashf etgan:

$$E = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1} . \qquad (9.21)$$

(9.21) tenglamadagi doimiyliklar ushbu qiymatlarga ega: $C_1=3{,}22\cdot10^{-16}$ Vt/m^2 va $C_2=1{,}24\cdot10^{-2}$ Vt/m^2.

Oxirgi tenglamani ixchamlashtirib quyidagi bog'liqlikni olamiz:

$$E_0 = K_0 T^4 , \qquad (9.22)$$

bu yerda, E_0 absolyut qora jismning nur chiqarish qobiliyati, Vt/m^2; K_0 – absolyut qora jismning nur chiqarish doimiyligi, $K_0=5{,}67\cdot10^{-8}$ Vt/m$^2\cdot$K^4; T – jism yuzasining absolyut harorati, K.

(7.22) tenglama Stefan-Bolsman qonuni deb ataladi. Bu qonun Plank tenglamasining hosilasi hisoblanadi. Bu qonunga ko'ra, absolyut qora jismning nur chiqarish xususiyati yuza absolyut haroratining to'rtinchi darajasiga mutanosibdir. Stefan-Bolsman qonuni kulrang jismlar uchun quyidagi ko'rinishga ega:

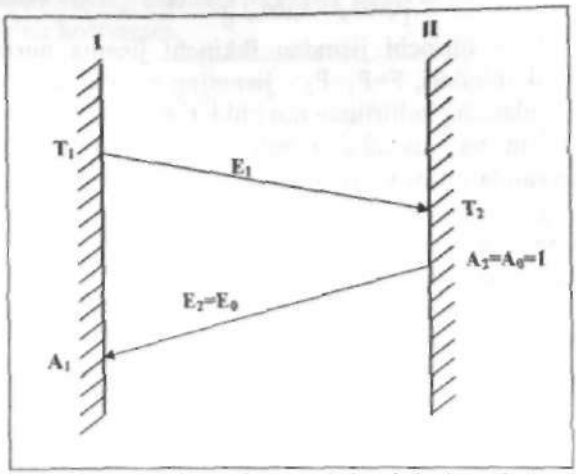
$$E = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100}\right)^4 , \qquad (9.23)$$

bu yerda, ε – kulrang jismning nisbiy nur chiqarish koeffitsiyenti, S_0 – absolyut qora jismning nur chiqarish koeffitsiyenti, $C_0 = 5{,}67$ Vt/m$^2\cdot$K^4.

Kulrang jismning nisbiy nur chiqarish koeffitsiyenti materialning tabiati, uning rangi, harorati, yuzasining holatiga bog'liq bo'lib, uning qiymati 1 dan kichik bo'ladi va 0,055÷0,95 chegarada o'zgaradi (masalan, t=25^{0}C bo'lganda uglerodli po'lat listi uchun $\varepsilon \approx 0{,}82$).

Kirxgof qonuni. Bu qonun kulrang jismning nur chiqarish va nurni yutish xususiyatlari o'rtasidagi bog'liqlikni ifoda qiladi. O'zaro parallel joylashgan kulrang I va absolyut II jismlarni olib ko'ramiz (9.4-rasm). Bir jism yuzasidan chiqarilgan nur ikkinchi jismning yuzasiga tushadi. Kulrang jismning yutish qobiliyatini A_1 bilan belgilaymiz. Absolyut qora jism uchun $A_2=A_0=1$. Kulrang jism haroratini absolyut qora jism haroratidan yuqori deb olamiz, ya'ni $T_1>T_2$. Bunda kulrang jismning yuza birligidan (vaqt birligida) nurlanish orqali berilgan issiqlikning miqdori quyidagicha topiladi:

$$q = E_1 - E_0 \cdot A_1 . \qquad (9.24)$$



9.4-rasm. Kirxgof qonunini aniqlashga doir sxema.

Ikkala jismning harorati bir xil bo'lganda *issiqlik muvozanati* yuzaga keladi ($q = 0$):

$$E_1 - E_0 A_1 = 0. \quad \text{Bundan } \frac{E_1}{A_1} = E_0 .$$

Natijada uzaro parallel joylashgan bir qator jismlar uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \cdots = \frac{E_n}{A_n} = E_0 = f(T) . \qquad (9.25)$$

(9.25) tenglama Kirxgof qonunini ifodalaydi. Bu qonunga asosan *ma'lum* harorat uchun ixtiyoriy bir jismning nur chiqarish qobiliyatini uning nur yutish qobiliyatiga bo'lgan nisbati o'zgarmas miqdor bo'lib, bu miqdor absolyut qora jismning nur chiqarish qobiliyatiga teng.

Nur chiqarish orqali issiqlik almashinish. Harorati absolyut noldan yuqori bo'lgan jismlar nur orqali o'zaro energiya almashinishi mumkin. Bunday energiyaning almashinishi oqibatida harorati past bo'lgan jism harorati yuqori bo'lgan jismdan qo'shimcha energiya (issiqlik) oladi. Harorati yuqori bo'lgan jismdan harorati past bo'lgan jismga o'tgan *issiqlik* miqdori energetik balans orqali aniqlanadi. Masalan, yuzalar F_1 va F_2 ga teng bo'lgan o'zaro parallel joylashgan tekis jismlar o'rtasidagi nurlanish orqali o'tgan issiqlik miqdori quyidagicha topiladi:

$$Q_N = C_{1\text{-}2}\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right] \cdot F \quad , \qquad (9.26)$$

bu yerda, Q_N – birinchi jismdan ikkinchi jismga nurlanish orqali berilgan issiqlik miqdori; $F=F_1=F_2$ – jismning nur chiqarayotgan yuzasi; $C_{1\text{-}2}$ – tekis jismlarning keltirilgan nur chiqarish koeffitsiyenti.

Qattiq jism va suyuqliklar nur energiyasining hamma to'lqin uzunligi intervalida nurni yutishi va chiqarishi mumkin, gazlar esa nur energiyasining ayrim to'lqin uzunliklarinigina yutish va chiqarish xususiyatlariga ega. Gazlar nurni butun hajmi bo'yicha yutishi yoki chiqarishi mumkin, shu sababli nurlanish jarayoni gaz qatlamining qalinligi va gaz aralashmasi tarkibidagi nur chiqarish qobiliyatiga ega bo'lgan gazning miqdoriga bog'liqdir.

Gazning nurlanish issiqligini quyidagi tenglama orqali topish mumkin:

$$Q_r = \varepsilon_r C_0 \left(\frac{T_r}{100}\right)^4 \qquad (9.27)$$

bu yerda, ε_r – gazning nisbiy nur chiqarish koeffitsiyenti; T_r – gazning absolyut harorati. Gazlarning nisbiy nur chiqarish koeffitsiyentlarining qiymati maxsus adabiyotlarda keltirilgan.

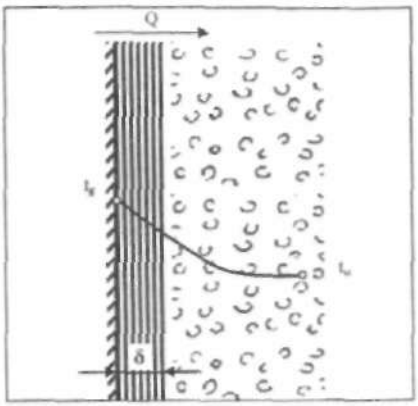
9.5. KONVEKTIV ISSIQLIK ALMASHINISH

Suyuqlik yoki gazning harakati paytida konvektiv issiqlik almashinish yuz beradi. Bunda issiqlikning tarqalishi bir yo'la konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlik usullari yordamida amalga oshadi. Konveksiya deyilganda suyuqlik yoki gaz makroskopik hajmlarining siljishi paytida issiqlikning haroratlari turlicha bo'lgan bir qismidan boshqa qismiga o'tishi tushuniladi. Konveksiya faqat harakat qilayotgan muhitda yuz berishi mumkin, chunki bunda issiqlikning tarqalishi muhitning siljishi bilan bog'liqdir.

Suyuqlik yoki gaz oqimi va ularga tegib turgan jism yuzasi oralig'ida issiqlikning tarqalishi konvektiv issiqlik almashinish yoki issiqlikning berilishi deb ataladi. Harakatlanuvchi muhitdagi konvektiv issiqlik almashinishda haroratlarning o'zgarish sxemasi 9.5-rasmda berilgan. Suyuqlik muhiti ikki qatlamdan iborat bo'ladi: chegara qatlami va oqimning markazi. Qattiq jism yuzasidagi haroratni t_g, oqim markazidagi haroratni t_m, chegara qatlam qalinligini δ bilan belgilaymiz.

Qattiq jism yuzasidan chegara qatlam orqali energiya issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan o'tadi. Chegara qatlamdan muhitning

markaziga issiqlik asosan konveksiya orqali tarqaladi. Issiqlikning qattiq jism yuzasidan suyuq muhitga berilish jarayoniga oqimning harakat rejimi katta ta'sir ko'rsatadi.



9.5-*rasm*. Konvektiv issiqlik almashinishida haroratlarning o'zgarishi.

Konveksiya ikki turga bo'lanadi (tabiiy va majburiy). Suyuqlikning «issiq» va «sovuq» qismlaridagi zichliklar farqi ta'sirida tabiiy konveksiya yuzaga keladi. Majburiy konveksiya tashqi kuchlar (nasos, ventilator, aralashtirgich) ta'sirida hosil bo'ladi.

Suyuqlik turbulent rejim bilan harakat qilganida issiqlik almashinish jarayoni ancha tez boradi, laminar rejimda esa sekin ketadi.

Nyuton qonuni. Konvektiv issiqlik almashinishning asosiy qonuni Nyutonning sovitish qonuni hisoblanadi. Bu qonunga ko'ra, issiqlik almashinish yuzasidan atrof-muhitga (yoki, aksincha biror muhitdan qattiq jism yuzasiga) berilgan issiqlik miqdori dQ devorning yuzasiga (dF), yuza va muhit haroratlarining farqiga ($t_g - t_m$) hamda jarayonning davomiyligiga (d_τ) to'g'ri mutanosibdir, ya'ni:

$$dQ = \alpha\,(t_g - t_m)\,dF d\tau\,, \qquad (9.28)$$

bu yerda, α – issiqlik berish koeffitsiyenti.

Issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagi o'lchov birligiga ega:

$$[\alpha] = \left[\frac{dQ}{dF \cdot d\tau (t_g - t_M)}\right] = \left[\frac{j}{m^2 \cdot s \cdot grad}\right] = \left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right].$$

Uzluksiz issiqlik almashinish jarayoni uchun (9.28) tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$Q = \alpha F (t_g - t_m) . \qquad (9.29)$$

Issiqlik berish koeffitsiyenti α devorning 1 m^2 yuzasidan suyuqlikka (yoki muhitdan 1 m^2 yuzali devorga) 1 s vaqt davomida, devor va suyuqlik haroratlarining farqi 1^0C bo'lganda berilgan issiqlikning miqdorini bildiradi. Bu koeffitsiyentning miqdori bir qator kattaliklarga bog'liq: suyuqlikning tezligi w, uning zichligi ρ, qovushoqligi μ, muhitning issiqlik-fizik xossalari (solishtirma issiqlik sig'imi s, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti λ, suyuqlikning hajmiy *kengayish koeffitsiyenti* β), *devorning shakli, o'lchami (quvur uchun d* – diametr, L – uzunlik) va uning g'adir-budurligi ε_0.

Shunday qilib, issiqlik berish koeffitsiyentining qiymati quyidagi omillarga bog'liq ekan:

$$\alpha = f (w, \rho, \mu, s, \lambda, \beta, d, L, \varepsilon_0) . \qquad (7.30)$$

Issiqlik berish koeffitsiyentining bir qator omillarga bog'liq bo'lganligidan, issiqlik o'tkazish jarayonlarining barcha ko'rinishlari uchun α ning qiymatini hisoblab chiqadigan umumiy tenglamani olishning imkoni yo'q. Faqat issiqlik almashinishning asosiy jarayonlari uchun tajriba natijalarini o'xshashlik nazariyasi yordamida qayta ishlash orqali kriterial tenglamalarni chiqarish mumkin. Bu kriterial tenglamalar yordamida issiqlik berish koeffitsiyentining qiymati hisoblab topiladi.

Konvektiv issiqlik almashinishning kriterial tenglamasi. Amaliyotda konvektiv usul bilan issiqlikning tarqalishi uchun ishlab chiqilgan differiensial tenglamalarni o'xshashlik nazariyasi asosida qayta ishlash natijasida olingan kriterial tenglamalar keng ishlatiladi.

Konvektiv issiqlik almashinishning kriterial tenglamasi umumiy holda quyidagi ko'rinishga ega:

$$Nu = f^1 (F_0, Pe, H_0, Re, Fr, G_1, G_2, \ldots, G_n) , \qquad (9.31)$$

bu yerda, $Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$ – Nusselt mezoni: α – issiqlik berish koeffitsiyenti; l – aniqlovchi geometrik o'lcham; λ – muhitning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti. Nusselt mezoni asosiy aniqlovchi mezon bo'lib, devor va oqim chegarasidagi issiqlikning o'tish tezligini ifodalaydi.

$F_0 = \frac{a\tau}{l^2}$ – Fure mezoni: a – harorat o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti; τ – jarayonning davomiyligi. Fure mezoni noturg'un issiqlik jarayonlarida harorat maydonining o'zgarish tezligi, muhitning o'lchami va fizik kattaliklari o'trasidagi bog'liqliklarni belgilaydi.

$Pe = Re \cdot Pr = \frac{wl}{a} = \frac{wlc\rho}{\lambda}$ Pekle mezoni: w – oqimning tezligi; s – muhitning solishtirma issiqlik sig'imi; ρ – uning zichligi. Pekle mezoni

konvektiv issiqlik almashinish paytida konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlik usullari yordamida o'tkazilgan issiqlik miqdorlarining *nisbatini* ifodalaydi.

$H_0 = \frac{w\tau}{l}$ – Gomoxron mezoni. Bu mezon o'xshash oqimlardagi noturg'un harakatning xususiyatini hisobga oladi.

$Re = \frac{wl\rho}{\mu} = \frac{wl}{\vartheta}$ – Reynolds mezoni: μ, ϑ – muhitning dinamik va kinetmatik qovushoqlik koeffitsiyentlari. Reynolds mezoni oqimdagi inersiya va ishqalanish kuchlarining nisbatini aniqlaydi.

$Fr = \frac{w^2}{gl}$ – Frud mezoni: g – erkin tushish tezlanishi. Frud mezoni og'irlik kuchining suyuqlik harakatiga ta'sirini ifoda qiladi.

$G_1 = \frac{L_1}{L_0}$, $G_1 = \frac{L_2}{L_0}$, ..., $G_n = \frac{L_n}{L_0}$ – geometrik o'xshashlik mezonlari: G_1, G_2, ..., G_n – *issiqlik almashinishda* qatnashayotgan devor yoki yuzaning asosiy geometrik o'lchamlari; L_0 – aniqlovchi o'lcham. Quvurlar uchun aniqlovchi o'lcham vazifasini diametr bajaradi (L_0=d). L_0 sifatida quvurning uzunligi, bukilgan quvurning egrilik radiusi va boshqa shu kabi o'lchamlar ishlatilishi mumkin.

Shunday qilib, konvektiv issiqlik berish jarayonining umumiy kriterial tenglamasi tarkibiga issiqlik o'xshashlik mezonlari (Nu, F_0, Pe) dan tashqari gidrodinamik (N_0, Re, Fr) va geometrik o'xshashlik mezonlari (G_1, G_2, ... , G_n) ham kiradi.

Re=Re·Rr bo'lganligi sababli (9.31) tenglamadagi Pekle mezoni o'rniga Prandtl mezonini ishlatish mumkin. Bunda konvektiv issiqlik berishning umumiy kriterial tenglamasi quyidagi ko'rinishni egallaydi:

$$Nu = f^{II}(F_0, Pr, H_0, Re, Fr, G_1, G_2, \ldots, G_n), \qquad (9.32)$$

$Pr = \frac{s\mu}{\lambda} = \frac{\vartheta}{a}$ – Prandtl mezoni: s – solishtirma issiqlik sig'imi; a – harorat o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti. Prandtl mezoni suyuqlikning qovushoqlik va harorat o'tkazuvchanlik xossalarining nisbatini ifoda qiladi.

Prandtl mezonining son qiymati tomchili suyuqliklar uchun 3÷300 atrofida bo'ladi va haroratning ko'tarilishi bilan anchaga kamayadi. Gazlar uchun Rr ning qiymati o'zgarmas bo'lib, atomlar soniga bog'liq bo'ladi (Rr≈0,7÷1). Taxminiy hisoblashlar uchun Rr ning qiymatini quyidagicha olish mumkin: bir atomli gazlar uchun 0,67; ikki atomli

gazlar uchun 0,72; uch atomli gazlar uchun 0,8; to'rt va ko'p atomli gazlar uchun 1,0.

Turg'un issiqlik almashinish jarayonlarida umumiy tenglamadan F_0 va N_0 mezonlari qisqartiriladi. Majburiy harakat paytida esa og'irlik kuchining oqim gidrodinamikasiga ta'siri juda kamayadi, bunday sharoitda Fr mezonini ham qisqartirish mumkin bo'ladi. U holda:

$$Nu = f^{III}(Re, Pr, G_1, G_2, \ldots, G_n), \qquad (9.33)$$

(9.32) va (9.33) tenglamalarining ko'rinishi tajriba yo'li bilan aniqlanadi, odatda bo'nday tenglamalar darajali shaklda ifodalanadi. Masalan, diametri d va uzunligi ℓ bo'lgan quvurdagi oqimning harakati paytidagi issiqlik berish jarayoni uchun (7.33) tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} = s\mathrm{Re}^{m}\,\mathrm{Pr}^{n}\left(\frac{l}{d}\right)^{p}$$

bu yerda, s, m, n, p – tajriba yo'li bilan aniqlanadigan kattaliklar.

Tabiiy konveksiya paytidagi issiqlik berishni hisoblash uchun G'r mezonini aniqlashga to'g'ri keladi $\left(Fr = \frac{w^2}{gl}\right)$. Biroq tabiiy konveksiya paytida oqim tezligi w ni hisoblash juda qiyin. Shu sababdan Fr o'rniga Grasgrof mezonini ishlatish ma'qul bo'ladi:

$$Gr = \frac{gl^3}{\vartheta^2}\beta\Delta t,$$

bu yerda, β – hajmiy kengayish koeffitsiyenti; Δt – «issiq» va «sovuq» suyuqlik haroratlari farqi. Grasgof mezoni erkin konveksiya paytida «issiq» va «sovuq» suyuqlik zichliklarining farqi ta'sirida hosil bo'lgan oqimning gidrodinamik rejimini ifodalaydi.

Tabiiy konveksiya yoki suyuqlikning erkin harakati paytida issiqlik berishning umumiy kriterial tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$Nu = f\left(Gr, \mathrm{Pr}, \frac{l}{d}\right). \qquad (9.34)$$

Gazlar uchun $\mathrm{Pr} \approx 1 \approx \text{const}$ bo'lganligi sababli (9.34) tenglamadagi Prandtl mezonini qisqartirish mumkin.

Issiqlik almashinish jarayonining aniq turlari hal qilinganda tegishli kriterial tenglamalar yordamida Nusselt mezonining qiymati topiladi.

So'ngra Nusselt mezonining tenglamasi orqali issiqlik berish koeffitsiyenti α aniqlanadi: $\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{l}$.

9.6. ISSIQLIK BERISH VA O'TKAZISH KOEFFITSIYENTLARINING QIYMATLARI

Sanoat uskunalarida olingan issiqlik berish va issiqlik o'tkazish koeffitsiyentlari (α va K) ning taxminiy son qiymatlari 9.1 va 9.2-jadvallarda berilgan.

Issiqlik berish koeffitsiyentining taxminiy qiymatlari

9.1-jadval

Issiqlik berish sharoitlari	α, Vt/m²·K
Turbulent rejimda: suvning quvur o'qi bo'ylab harakati suvning quvurni ko'ndalang kesib o'tgan harakati	 1000 – 5500 3000 – 10000
havo (gaz) ning quvur o'qi bo'ylab harakati havo (gaz) ning quvurni ko'ndalang kesib o'tgan harakati	50 – 150 100 – 300
Quvur o'qi bo'ylab laminar harakatda: suv uchun havo uchun	 300 – 430 10 – 20
Suvning erkin harakati	350 – 900
Suvning qaynashi	2000 – 2400
Suv bug'ining kondensatsiyalanishi	9000 – 15000
Organik suyuqliklarni isitish va sovitish	140 – 400
Organik suyuqliklarning qaynashi	300 – 3500
Organik suyuqliklar bug'larining kondensatsiyalanishi	230 – 3000

Issiqlik o'tkazish koeffitsiyentining taxminiy qiymatlari

9.2-jadval

Issiqlik almashinishining turi va muhit	K, Vt/m²·K	
	majburiy harakat	erkin harakat
Oddiy bosimda gazdan gazga	12 – 35	3,5 – 12
Gazdan suyuqlikka	12 – 60	6 – 17

Kondensatsiyalanayotgan bug'dan gazga	12 – 120	6 – 12
Suyuqlikdan suvga	200 – 400	100 – 300
Suyuqlikdan organik suyuqlikka	120 – 300	30 – 60
Kondensatsiyalangan bug'dan suvga	500 – 1000	300 – 800
Kondensatsiyalanayotgan bug'dan organik suyuqlikka	100 – 350	60 –180
Organik moddalar kondensatsiya-lanayotgan bug'idan suvga	350 – 800	230 – 450
Kondensatsiyalanayotgan bug'dan qovushoqli suyuqlikka	–	300 – 500

9.7. ISSIQLIK JARAYONLARINING HARAKATLANTIRUVCHI KUCHI

Muhitlar haroratlari o'rtasida biror farq bo'lgandagina, issiqlik harorati yuqori bo'lgan muhitdan harorati past bo'lgan muhitga o'tadi. Bunda haroratlar farqi issiqlik almashinish yuzasi bo'ylab o'zgaradi, ya'ni ular bir xil qiymatga ega bo'lmaydi. Shu sababli issiqlik almashinish jarayonlarini hisoblashda o'rtacha haroratlar farqi $\Delta t_{o'r}$ degan tushuncha ishlatiladi. Muhitlarning o'rtacha haroratlar farqiga issiqlik almashinish jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi deb yuritiladi.

Suyuqliklar haroratlarining issiqlik almashinish yuzasi bo'yicha o'zgarishi muhitlarning o'zaro yo'nalishiga bog'liq. Issiqlik almashinish uskunalarida issiq va sovuq suyuliklar o'zaro parallel, qarama-qarshi yoki o'zaro kesishgan bo'lishi mumkin. Bulardan tashqari, amalda issiqlik tashuvchi agentlarning ancha murakkab sxemalari ham uchraydi.

Issiqlik tashuvchi agentlarning yo'nalishi bir yoki qarama-qarshi tomonga yo'nalgan bo'lganda (9.6-rasm), o'rtacha haroratlar farqi quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\Delta t_{o'r} = \frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{kn}}{2{,}3 \lg \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{kn}}}, \qquad (9.35)$$

bu yerda, Δt_{ka} va Δt_{kn} – issiqlik almashinish uskunasining chetlaridagi haroratlarning katta va kichik farqlari. Haroratlarning bu farqlari quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta t_{ka} = t^{I}_{1} - t^{I}_{2}; \qquad \Delta t_{kn} = t^{II}_{1} - t^{II}_{2};$$

yoki $\Delta t_{ka} = t^{II}_{1} - t^{II}_{2}; \qquad \Delta t_{kn} = t^{I}_{1} - t^{II}_{2}.$

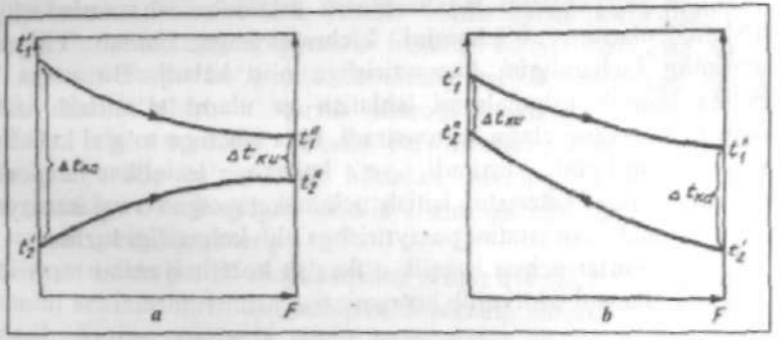
Agar $\Delta t_{ka}/\Delta t_{kn} < 2$ bo'lsa, o'rtacha temperaturalar farqi quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\Delta t_{o'r} = \frac{\Delta t_{ka} + \Delta t_{kn}}{2}. \qquad (9.36)$$

Bunday hisoblashda xatolik 4 % dan ortmaydi.

(9.35) tenglamadan ko'rinib turibdiki, agar $\Delta t_{ka}=0$ va $\Delta t_{kn}=0$ bo'lsa, $\Delta t_{o'r}=0$; agar $\Delta t_{ka}=\Delta t_{kn}$ bo'lsa:

$$\Delta t_{o'r} = \Delta t_{ka} = \Delta t_{kn}.$$



9.6-rasm. Issiqlik tashuvchi agentlar haroratining yuza bo'yicha o'zgarishi:
a) bir xil yo'nalishda; b) qarama-qarshi yo'nalishda.

Agar issiqlik tashuvchi agentlardan birining harorati yuza bo'yicha o'zgarmasa (to'yingan bug'ning kondensatsiyalanishi, suyuqlikning qaynashi), bunday sharoitda $\Delta t_{o'r}$ ning qiymati (9.35) yoki (9.36) tenglamalar bo'yicha hisoblanadi.

Agar issiqlik tashuvchi agentlarning yo'nalishi o'zaro kesishsa, o'rtacha haroratlar farqi quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\Delta t_{o'r} = \varepsilon_{\Delta t} \frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{kn}}{2{,}3 \lg \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{kn}}}. \qquad (9.37)$$

bu yerda, $\varepsilon_{\Delta t}$ – muhitlar haroratlarining nisbatiga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent. Bu koeffitsiyentning qiymati tegishli adabiyotlarda keltirilgan.

9.8. ISSIQLIK O'TKAZISH JARAYONLARINI JADALLASHTIRISH

Neft va gazni qayta ishlash sanoatidagi ko'pchilik jarayonlar issiqlik ta'sirida boradi va bunday jarayonlarni amalga oshirish uchun turli issiqlik almashinish uskunalari ishlatiladi. Ishlab chiqarishning quvvatini oshirish uchun issiqlik almashinish uskunalari samarali ishlashi, sodda bo'lishi va mahsulot sifatiga ta'sir ko'rsatmasligi kerak. Bundan tashqari, issiqlik uskunalarini tayyorlash uchun kam metall sarf bo'lishi lozim. Bunday masalalarni hal qilish uchun issiqlik almashinish jarayonlarini jadallashtirish zarur.

Issiqlik jarayonlarini jadallashtirish uskunalar ish unumdorligini oshirishga, ularning o'lchamini kichraytirishga, ishlab chiqarish xonalarining ixchamligini kamaytirishga olib keladi. Bu narsa o'z navbatida issiqlik uskunalarini ishlatish va ularni ta'mirlash uchun ketayotgan sarf-xarajatlarni kamaytiradi, bitta ishchiga to'g'ri keladigan mahsulot miqdorini oshiradi va hokazo. Issiqlik jarayonlari jadallashtirilganda materialni isitish uchun ketayotgan vaqt kamayadi, biroq bu hol mahsulot sifatini pasaytirishga olib kelmasligi lozim.

Tekis devorlar uchun issiqlik o'tkazish koeffitsiyentini topishdagi quyidagi tenglamani tahlil qilib ko'ramiz:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}.$$

Devorning termik qarshiligini kamaytirish uchun devor qalinligi δ ni kamaytirish va devor materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti λ ni ko'paytirish kerak. Konvektiv issiqlik almashinishni (α_1 va α_2) jadallashtirish uchun suyuqlikni aralashtirish va oqimning tezligini oshirish zarur. Agar issiqlik nurlanish orqali tarqalayotgan bo'lsa, nur chiqarayotgan yuzaning qoralilik darajasini va uning haroratini oshirish kerak bo'ladi.

Agar tekis devorning termik qarshiligi hisobga olinmasa, bunda yuqorida berilgan tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}, \qquad (9.38)$$

(9.38) tenglamadan ko'rinib turibdiki, K ning qiymati har doim α ning eng kichik qiymatidan ham kam bo'ladi.

Agar $\alpha_1 = 40$ Vt/m^2·K, $\alpha_2 = 5000$ Vt/m^2·K bo'lsa, u holda K = 39,7 Vt/m^2·K bo'ladi. α_2 qiymatining ortishi K ning qiymatiga ta'sir qilmaydi.

$\alpha_1 = 40$ Vt/m^2·K va $\alpha_2 = 10000$ Vt/m^2·K bo'lganda K = 39,8 Vt/m^2·K bo'ladi, K ning qiymatini anchagina oshirish uchun kichik qiymatli α ning qiymati (bizning misolda α_1 ning qiymatini) o'zgartirish lozim. Agar $\alpha_2 = 5000$ va $\alpha_1 = 80$ bo'lsa, K = 78,8 Vt/m^2·K; $\alpha_1 = 200$ deb olinsa, K = 192 Vt/m^2·K.

Demak, $\alpha_1 << \alpha_2$ bo'lsa, jarayonni jadallashtirish uchun faqat α_1 ning qiymatini oshirish lozim ekan. Agar $\alpha_1 \approx \alpha_2$ bo'lsa, bunday issiqlik almashinish jarayonini tezlatish uchun ikkala issiqlik berish koeffitsiyentlari (α_1 va α_2) ning qiymatlarini oshirish maqsadga muvofiqdir.

Ayrim texnikaviy hisoblashlarda devorning termik qarshiligini hisobga olmasa ham bo'ladi. Ammo bunda ayrim xatoliklarga yo'l quyiladi. Bu xatoliklarning qiymatini hisoblab ko'rish lozim. Ayniqsa, K ning qiymati katta bo'lganda devorning termik qarshiligi hisobga olinishi shart. Ishlab chiqarish sharoitida uskuna devorlari turli iflosliklar bilan qoplanib qoladi. Bu iflosliklar devorning termik qarshiligini ancha ko'paytiradi. Masalan, suvning qattiqligi hisobiga devor yuzasiga o'tirib qolgan ifloslik 1 mm qalinlikdagi po'lat devorning termik qarshiligiga teng.

Devor ustida har xil iflosliklarning o'tirib qolishi, issiqlik o'tkazish jarayonini sekinlashtirishdan tashqari, devorning haroratini ham oshirib yuboradi. Ayrim paytlarda devor haroratining yuqori bo'lib ketishi halokatga olib kelishi mumkin. Shu sababdan issiqlik uskunalarini ishlatishda devor yuzalarini har xil iflosliklarning o'tirib qolishidan saqlash zarur.

Issiqlik almashinish jarayonlarini quyidagi usullar yordamida jadallashtirish mumkin: 1) issiqlik tashuvchi agentlarning tezligini ko'paytirish; 2) isitish yuzasini davriy ravishda tozalab turish; 3) asosiy suyuqlik oqimini pulsatsion tebranishlar orqali yuborish; 4) suyuqlikning yupqa qatlami harakatini tashkil qilish; 5) qattiq materiallarning donador qatlamidagi issiqlik almashinishda qatlamni mavhum qaynash holatiga keltirish; 6) turbulizatorlar yordamida oqimning tarkibini o'zgartirish va boshqalar. Har bir aniq sharoit uchun jadallashtirishning tegishli usulini tanlab olish kerak.

Tayanch so'z va iboralar

Isitish, sovitish, bug'latish, kondensatsiyalash, issiqlik o'tkazuvchanlik, konveksiya, issiqlik nurlanishi, erkin konveksiya, majburiy konveksiya, issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi, issiqlik o'tkazish

koeffitsiyenti, haroratlarning o'rtacha farqi, issiqlik berish koeffitsiyenti, termik qarshilik, issiqlik o'tkazishning chiziqli koeffitsiyenti, harorat maydoni, harorat gradienti, izotermik yuza, Fure qonuni, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, absolyut qora jism, absolyut oq jism, diatermik jism, Stefan-Bolsman qonuni, Kirxgof qonuni, konvektiv issiqlik almashinish, Nyutonning sovitish qonuni, kriterial tenglamalar, Nusselt mezoni, Fure mezoni, Pekle mezoni, Gomoxron mezoni, Reynolds mezoni, Frud mezoni, geometrik o'xshashlik mezonlari, Prandtl mezoni, Grasgof mezoni, issiqlik jarayonlarini jadallashtirish.

Mustaqil ishlash uchun savollar

9.1. Neft va gazni qayta ishlash tarmog'i uchun issiqlik almashinish jarayonlarining roli nimadan iborat?

9.2. Issiqlik tarqalishining nechta prinsipial turlari mavjud va ularning fizik mohiyatlarini qanday tushuntirish mumkin?

9.3. Issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi qanday ifoda qilinadi va undan qanday maqsadlarda foydalaniladi?

9.4. Issiqlik o'tkazishning koeffitsiyenti va issiqlik berish koeffitsiyentlari o'rtasida qanday umumiylik va qanday farq bor?

9.5. Harorat maydoni va harorat gradienti tushunchalarining mazmunini sxematik yo'l bilan tushuntirib berish mumkinmi?

9.6. Fure qonuni qaysi tenglama orqali ifoda qilinadi va undan qanday maqsadlar uchun foydalansa bo'ladi?

9.7. Absolyut qora, absolyut oq va diatermik jismlar o'rtasida qanday prinsipial farq bor?

9.8. Stefan-Bolsman qonuni qanday ifoda qilinadi va uning mazmuni nimadan iborat?

9.9. Kirxgof qonuni issiqlikning nurlanishi paytidagi qanday kattaliklar o'rtasidagi bog'liqlikni ifoda qiladi?

9.10. Nyuton sovitish qonunining mazmun va mohiyati nimadan iborat va u orqali qaysi koeffitsiyentni aniqlash mumkin?

9.11. Konvektiv issiqlik almashinishning umumiy kriterial tenglamasi tarkibiga qaysi o'xshashlik mezonlari kiritilgan?

9.12. Issiqlik jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchini qaysi tenglamalar yordamida aniqlasa bo'ladi?

9.13. Issiqlik almashinish jarayonlarini necha xil usullar bilan jadallashtirish mumkin va bunday holatda qanday afzalliklarga erishiladi?

X bob. ISSIQLIK ALMASHINISH USKUNALARI

10.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Neft va gazni qayta ishlash sanoatida suyuqlik va gazlarni isitish va sovitish, bug'larni kondensatsiyalash kabi issiqlik jarayonlari keng tarqalgan. Bunday jarayonlar issiqlik almashinish uskunalarida amalga oshiriladi.

Issiqlik almashinish jarayonlarida qatnashuvchi moddalar issiqlik tashuvchi agentlar deb yuritiladi. Yuqori haroratga ega bo'lib, o'zidan issiqlikni isitilayotgan muhitga beruvchi moddalar isituvchi agentlar deb yuritiladi. Sovitilayotgan muhitga nisbatan past haroratga ega bo'lgan va o'ziga muhitdan issiqlikni oluvchi moddalar sovituvchi agentlar deb ataladi.

Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasida ko'pincha bevosita issiqlik manbasi sifatida yoqilg'ilarning yonishidan hosil bo'lgan gazlar va elektr energiyasi ishlatiladi. Bunday bevosita issiqlik manbalaridan issiqlik olib, o'zining issiqligini uskunalarning devorlari orqali isitilayotgan muhitga beruvchi moddalar oraliq issiqlik tashuvchi agentlar deb ataladi. Oraliq issiqlik tashuvchi agentlar qatoriga suv bug'i, issiq suv va yuqori haroratli issiqlik tashuvchi moddalar (qizdirilgan suv, mineral moylar, organik suyuqliklar va ularning bug'lari, suyultirilgan tuzlar, suyuq metallar va ularning qotishmalari) kiradi.

Oddiy haroratgacha ($10 \div 30^0$C) sovitish uchun suv va havo kabi sovituvchi agentlar keng ishlatiladi.

Issiqlik almashinish uskunalarida issiqlikni berish yoki olish uchun qo'llaniladigan agentlarni tanlashda ularning quyidagi xossalariga ahamiyat beriladi: 1) kerakli muhitni isitish yoki sovitish darajasi va uni boshqarish imkoniyati; 2) minimal massaviy va hajmiy sarflarda yuqori issiqlik almashinish tezligiga erishish; 3) qovushoqligi kam, zichlik, issiqlik sig'imi va bug' hosil bo'lish issiqligi yuqori; 4) yonmaydigan, zaharsiz, issiqlikka chidamli bo'lgani ma'qul; 5) issiqlik almashinish uskunasi tayyorlangan materialni buzmasligi kerak; 6) kamyob bo'lmasligi va arzon bo'lishi zarur.

Ko'pchilik sharoitlarda isituvchi agentlar sifatida ishlab chiqarishdan chiqayotgan mahsulotlar, yarim mahsulotlar va chiqindilarning issiqliklaridan foydalanish iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqdir.

Sanoatda issiqlik almashinish jarayonlari quyidagi maqsadlar uchun olib boriladi: 1) jarayon haroratini berilgan darajada ushlab turish; 2) sovuq mahsulotlarni isitish yoki issiq mahsulotlarni sovitish; 3) bug'larni kondensatsiyalash; 4) eritmalarni quyiltirish va hokazo. Bu jarayonlar alohida olingan issiqlik almashinish uskunalarida yoki texnologik uskunalarning o'zida amalga oshiriladi.

Issiqlik almashinish uskunalari umuman olganda ikkiga bo'linadi: issiqlik almashinish uskunalarining o'zi va reaktorlar. Issiqlik almashinish uskunalarida issiqlik almashinish asosiy jarayon hisoblanadi. Reaktorlarda esa fizik-kimyoviy jarayonlar asosiy hisoblanib, issiqlik almashinish esa yordamchi jarayondir.

Neft va gazni qayta ishlash hamda kimyo sanoatlari korxonalarida qo'llaniladigan texnologik uskunalarning katta bir ulushini issiqlik almashinish uskunalari tashkil qiladi. Kimyo sanoatida ishlatiladigan issiqlik uskunalari umumiy uskunalarning o'rtacha hisobda 15–18 % ni tashkil etsa, neft va gazni qayta ishlash sanoatida esa bu raqam 50 % ga teng. Sanoatda turli-tuman issiqlik almashinish uskunalari qo'llaniladi. Ish prinsipiga ko'ra issiqlik almashinish uskunalari uch turga bo'linadi: 1) yuzali issiqlik almashgichlar; 2) aralashtiruvchi issiqlik almashgichlar; 3) regenerativ issiqlik almashgichlar. Neft va gazni qayta ishlash sanoatida keng ishlatiladigan quvurli pechlar alohida turni tashkil etadi.

Yuzali issiqlik almashgichlarda issiqlik tashuvchi agentlar bir-biri bilan devor orqali ajratilgan va issiqlik birinchi issiqlik tashuvchi muhitdan ikkinchisiga ularni ajratuvchi devor orqali o'tadi.

Aralashtiruvchi uskunalarda issiqlik tashuvchi agentlarning o'zaro to'qnashuvi va aralashuvi natijasida issiqlikning almashinishi yuz beradi.

Regenerativ issiqlik almashgichlarda qattiq jismdan tashkil topgan bir xil yuza navbat bilan turli issiqlik tashuvchi agentlar bilan kontaktda bo'ladi. Qattiq jism unga tegib o'tgan issiqlik tashuvchidan issiqlik olib isiydi; boshqa issiqlik tashuvchi o'tganda esa qattiq jism o'z issiqligini unga berib soviydi.

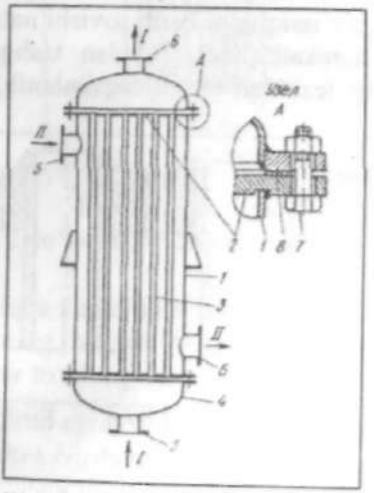
Issiqlik almashinish uskunalari quyidagi belgilarga ko'ra sinflanadi: konstruktiv tuzilishi bo'yicha – quvurdan qilingan uskunalar (qobiq-quvurli, «quvur ichida quvur», zmeevikli va boshqalar); issiqlik

almashinish yuzasi listli materialdan tayyorlangan uskunalar (plastinali, spiralsimon va boshqalar); issiqlik almashinish yuzani tayyorlashda nometall materiallar(grafit, plastmassa, shisha va hokazo) dan foydalanilgan uskunalar. Ishlatilish maqsadiga ko'ra – sovutkichlar, isitkichlar, bug'latkichlar, kondensatorlar. Issiqlik tashuvchi agentlar harakatining yo'nalishiga ko'ra – to'g'ri, qarama-qarshi, kesishgan va hokazo yo'nalishli uskunalar.

Sanoat uskunalarida issiqlik almashinishning shart-sharoitlari har xil bo'ladi. Issiqlik almashinish uskunalari turlicha agregat holat (gaz, bug', tomchili suyuqlik, emulsiya va hokazo), har xil harorat va bosim qiymatlari hamda ma'lum fizik-kimyoviy xossalarga ega bo'lgan ish muhitlari uchun mo'ljallangan bo'ladi. Buning uchun ma'lum bir jarayon uchun haqiqiy shart-sharoitni hisobga olgan holda tegishli issiqlik almashgich tanlab olinadi.

10.2. YUZALI ISSIQLIK ALMASHGICHLAR

Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasida qobiq-quvurli, zmeevikli, qo'sh quvurli, namlovchi, plastinali, spiralsimon, g'ilofli, qirrali issiqlik almashinish uskunalari keng ishlatiladi.

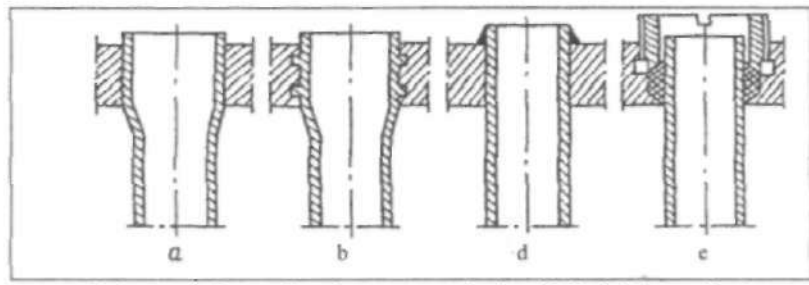


10.1-rasm. Bir yo'lli qobiq-quvurli issiqlik almashinish uskunasi: 1–qobiq; 2–quvur to'rlari; 3–quvurlar; 4–qopqoq; 5,6–issiqlik tashuvchi agentlar(I va II) kiradigan va chiqadigan shtuserlar; 7–bolt; 8–qistirma.

Qobiq quvurli issiqlik almashgichlar. Bunday uskunalar sanoatda eng ko'p tarqalgan. *Qobiq-quvurli issiqlik almashgichlar* qobiq ichiga joylashgan quvurlar to'plamidan iborat bo'lib, quvurlarning uchlari to'rlarga mahkamlangan bo'ladi (10.1-rasm). Uskunalarning yuqorigi va pastki qismlarida qapqoq flanes yordamida quvur to'riga biriktiriladi. Yuqorigi va pastki qopqoqlarda isitilayotgan yoki sovitilayotgan agentlarni berish uchun shtuser mo'ljallangan. Quvurlar to'rlarga razvalsovka, payvandlash, salnikli qistirma qo'yish va boshqa usullar yordamida biriktirilishi mumkin (10.2-rasm). Issiqlik tashuvchi agentning birinchisi quvurlarning ichida, ikkinchisi esa quvurlar va uskunaning ichki devori oralig'idagi bo'shliqda harakat qiladi.

10.1-rasmda bir yo'nalishli qobiq-quvurli issiqlik almashinish uskunasi ko'rsatilgan. Bunda isitiluvchi gaz yoki suyuqlik qopqoqdagi patrubka orqali bitta quvurdan kirib, o'sha quvurdan chiqib ketadi. Ko'pincha, bu turdagi isitkichlarda isitilayotgan va issiqlik berayotgan muhitlar bir-biriga qarama-qarshi yo'nalishda harakat qiladi. Isituvchi agent doim isitkichning yuqorigi qismidan va isitilayotgan muhit esa uskunaning pastki qismidan quvurlar ichiga beriladi. Bu muhitlarning *yo'nalishi isitkichdagi yo'nalishga mos keladi, chunki isitilayotgan* vaqtda harorat ortishi va kamayishi bilan ularning zichliklari o'zgaradi.

Masalan, bug' o'z issiqligini berib sovishi natijasida uning zichligi oshib, pastga qarab harakat qiladi. Bundan tashqari, muhitlarning bu yo'nalishida ularning tezliklari bir xil taqsimlanib, uskunaning ko'nda-



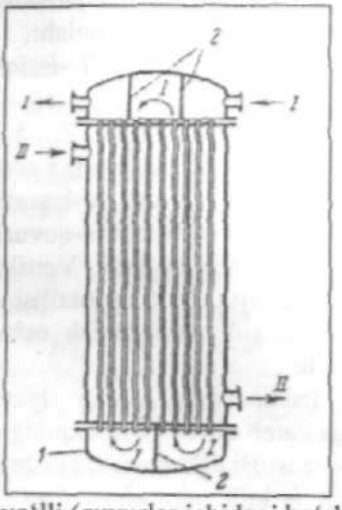
10.2-rasm. Quvurlarni quvur to'rlariga biriktirish usullari:
a) razvalsovka; b) ariqchalar orqali razvalsovka qilish; d) payvandlash;
e) salnikli qistirma qo'yish.

lang kesimida issiqlik almashinish o'zgarmas bo'ladi. Agar muhitlarning yo'nalishi aksincha bo'lsa, ya'ni isituvchi agent uskunasining pastki qismidan quvurlar va qobiq oralig'idagi bo'shliqqa va isitilayotgan

muhit isitkichning yuqorigi qismidagi quvurlarga berilsa, u holda bug' issiqligini berib sovishi natijasida, uning zichligi oshib yuqoriga ko'tarilmaydi.

Natijada pastki quvurlar bilan qobiq orasidagi bo'shliqda kondensat to'planib, bug'ning bu bo'shliq orasidan o'tishi qiyinlashadi va issiqlik almashinish jarayonining tezligi kamayadi.

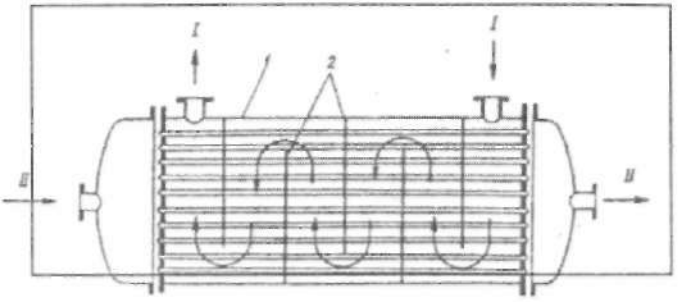
Bu issiqlik almashgichlarda suyuqliklarning sarfi kam bo'lganda ularning quvurlardagi tezligi ancha kichik bo'lib, natijada issiqlik almashinish koeffitsiyenti ham kam bo'ladi. Issiqlik tashuvchi agentlarning tezligini oshirish uchun ko'p yo'lli isitkichlar ishlatiladi.



10.3-rasm. Ko'p yo'lli (quvurlar ichidagi bo'shliq bo'yicha) issiqlik almashgich:
1–qopqoq; 2–to'siqlar; I, II–issiqlik tashuvchi agentlar.

Ko'p yo'lli issiqlik almashgichlarda quvurlarni seksiyalarga bo'lish uchun yoki muhitning harakat yo'lining soniga qarab uskunaning qopqog'i bilan quvur to'rining orasiga to'siqlar o'rnatiladi (10.3, 10.4-rasmlar). Bunda har bir seksiyadagi quvurlarning soni bir xil bo'lishi kerak.

Ko'p yo'llik issiqlik almashgichlarda bir yo'nalishli uskunalarga nisbatan muhitlarning tezligi yo'llarning soniga qarab mutanosib ravishda o'zgaradi.



10.4-rasm. Ko'pli yo'lli (quvurlar tashqarisidagi bo'shliq bo'yicha) issiqlik almashgich:
1–qobiq; 2–yo'naltiruvchi to'siqlar; I, II –issiqlik tashuvchi agentlar.

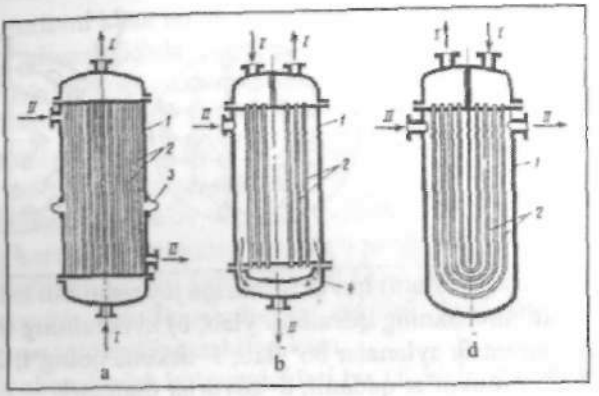
Sanoatning barcha tarmoqlarida 2, 4 va 6 yo'lli issiqlik almashgichlar ishlatiladi. Chunki yo'llarning soni ortishi bilan gidravlik qarshilik ortib, issiqlik almashinish uskunasining tuzilishi murakkablashadi. Bir yo'lli va ko'p yo'lli qobiq-quvurli issiqlik almashgichlar vertikal va gorizontal holatda bo'ladi. Vertikal issiqlik almashinish uskunalarini ishlatish qulay, ularning tuzilishi sodda va kam joyni egallaydi. Gorizontal issiqlik almashinish uskunalari ko'pincha ko'p yo'lli qilib tayyorlanadi.

Qobiq-quvurli uskunalarda qobiq bilan quvurlar orasidagi harakatlarning farqiga qarab quvur va qobiqning uzayishi har xil bo'ladi. Shuning uchun qobiq-quvurli uskunalar tuzilishiga ko'ra ikki xil bo'ladi: 1) qo'zg'almas to'rli issiqlik almashgichlar; 2) kompensatsiyalovchi moslamali issiqlik almashgichlar (bunday uskunalarda quvurlarning turli darajada uzayishiga imkon bor).

Qo'zg'almas to'rli issiqlik almashgichlarda issiqlik ta'sirida quvurlar va qobiq har xil uzayadi, shu sababli bunday uskunalar quvurlar va qobiq o'rtasidagi haroratlar farqi katta bo'lmaganda (50^0C gacha) ishlatiladi.

Haroratlar farqi 50^0C dan katta bo'lganda quvurlar va qobiqning har xil uzayishini yo'qotish uchun linzali kompensatorli (10.5-rasm, a) harakatchan quvur to'rli (10.5-rasm, b), U–simon quvurli (10.5-rasm, d) va boshqa turdagi qobiq-quvurli issiqlik almashinish uskunalari ishlatiladi.

Linzali kompensatorli bo'lgan uskunalar quvurlar va uskuna devori o'rtasidagi bosim $6 \cdot 10^5$ Pa gacha bo'lganda qo'llaniladi.

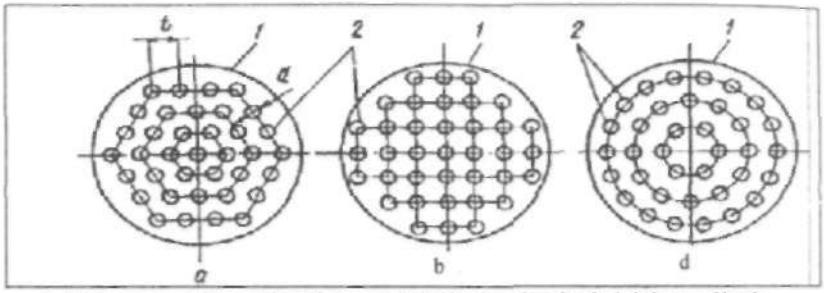


10.5-rasm. Qobiq va quvurlarning turlicha uzayishini kompensatsiya qiladigan qobiq-quvurlari issiqlik almashgichlar:
a) linzali kompensatorli; b) harakatchan qalpoqchali; d) U–simon quvurli; 1–qobiq; 2–quvurlar; 3–linzali kompensator; 4–harakatchan qalpoqcha.

Harakatchan qalpoqchali issiqlik almashgichlar haroratlar farqi katta bo'lganda ishlatiladi. Bu uskunada pastdagi quvur to'ri harakatchan bo'lib, bunda quvurlar to'plami uskunaning qobig'ida harorat ta'sirida uzayganda ham bemalol harakat qiladi. Quvurlarning uzayishini yo'qotuvchi kompensatsiyali uskunalarning tuzilishi murakkabdir.

U–simon qobiq-quvurli issiqlik almashgichlarda issiqlik ta'sirida quvurlarning uzayishidagi kompensatsiyani quvurlarning o'zi bajaradi. Shuning uchun ularning tuzilishi sodda bo'lib, quvurlar to'plami bitta qo'zg'almas to'rga o'rnatiladi. Bu uskunalarda quvurlarning ichki yuzasini tozalash qiyin va quvurlarni to'rga joylashtirish esa juda murakkabdir.

Qobiq-quvurli issiqlik almashgichlarda quvurlar to'rga uch xil usul bilan joylashtiriladi: a) to'g'ri oltiburchaklik qirralar bo'ylab; b) konsentrik aylanalar bo'yicha; d) kvadratning tomonlari bo'ylab (10.6-rasm, a, b, d). Ko'pincha qobiq-quvurli issiqlik almashgichlarda quvurlar to'g'ri oltiburchaklik qirralar bo'ylab joylashtiriladi, chunki bunda quvurlar ixcham joylashib, ularning soni ko'proq bo'ladi. Ayrim vaqtlarda quvurlarning yuzasini tozalash oson bo'lishini nazarda tutib quvurlar to'rga kvadrat tomonlari bo'ylab joylashtiriladi.



10.6-rasm. Quvurlarni quvur to'rlariga joylashtirish usullari: a) to'g'ri oltiburchakning qirrali bo'ylab; b) kvadratning tomonlari bo'ylab; d) konsentrik aylanalar bo'ylab; 1–uskuna qobig'i; 2–quvurlar; t–quvurlar qadami; d–quvurlar diametri.

Qobiq-quvurli uskunalarda yuqori issiqlik berish koeffitsiyentlariga erishish uchun issiqlik tashuvchi agentlarning tezligini ancha katta bo'lishi kerak: gazlar uchun 8–30 m/s, suyuqliklar uchun eng kami bilan 1,5 m/s.

Qobiq-quvurli issiqlik almashinish uskunalari quyidagi afzalliklarga ega: ixcham, metall kam sarf qilinadi, issiqlik almashinish yuzasi katta, quvurlarning ichini tozalash oson. Bu uskunalar kamchiliklardan ham holi emas: issiqlik tashuvchilarni katta tezlik bilan o'tkazish qiyin, quvurlarning tashqarisidagi bo'shliqni tozalash va ta'mirlash imkoni kam.

Qo'sh quvurli issiqlik almashgichlar. Bunday uskunalarni «quvur ichida quvur» turidagi issiqlik almashgichlar deb ham yuritiladi. «Quvur ichida quvur» turidagi uskuna bir necha elementlardan tuzilgan. Har bir element katta diametrli tashqi quvur va konsentrik holda joylashgan ichki quvurdan iborat. Ichki quvurdan isitilayotgan muhit harakat qilsa, quvurlararo bo'shliqdan esa sovitilayotgan agent harakat qiladi. Qo'sh quvurli issiqlik almashgichlar yig'ma yoki noyig'ma holida, bir va ko'p oqimli qilib tayyorlanishi mumkin.

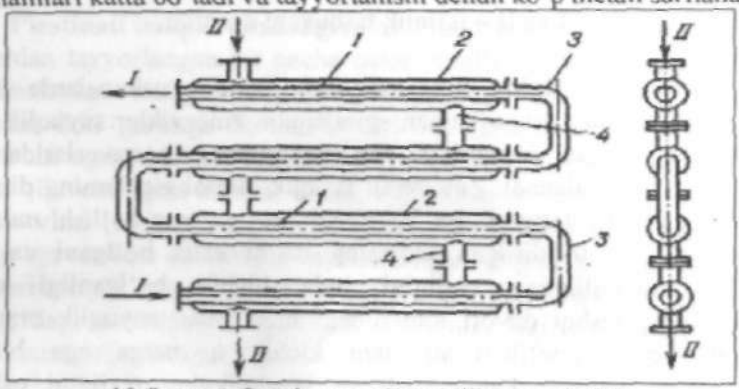
10.7-rasmda bir oqimli issiqlik almashgich ko'rsatilgan. Bu uskuna bir necha elementlardan tuzilgan bo'lib, har bir element tashqi (yoki qobiq sifatida) quvur (2) va ichki (yoki issiqlik almashuvchi) quvur (1) dan iborat bo'ladi. Elementlar vertikal qatorga tizilgan bo'lib, issiqlik almashinish seksiyasini tashkil etadi. Ichki quvurlar tirsaklar (3) orqali, tashqi quvurlar esa flaneslardagi shtuserlar (4) yordamida biriktiriladi.

Ichki quvurlarning va quvurlararo bo'shliqning ko'ndalang kesimlari kichik bo'lganligi sababli kichik sarflarda ham issiqlik

tashuvchi agentlarni katta tezlik bilan o'tkazish mumkin. Shuning uchun bu issiqlik almashgichda yuqori ko'rsatgichli issiqlik o'tkazish koeffitsiyentiga erishish mumkin va uskunaning massa birligiga to'g'ri keladigan issiqlik miqdori qobiq-quvurli uskunalarga nisbatan yuqori bo'ladi. Bundan tashqari, issiqlik tashuvchi agentlarning tezligi katta bo'lgani uchun, quvurlarning yuzasida har xil iflosliklar hosil bo'lmaydi.

Bu turdagi uskunalar yuqori bosimda va issiqlik tashuvchi agentlarning sarflanish miqdori kam bo'lganda ham ishlaydi. Ularning afzalligi: issiqlik tashuvchi agentlar katta tezlikka ega bo'lganligi uchun issiqlik o'tkazish koeffitsiyentining qiymati ham katta, uskunani tayyorlash oson, gidravlik qarshiligi kam.

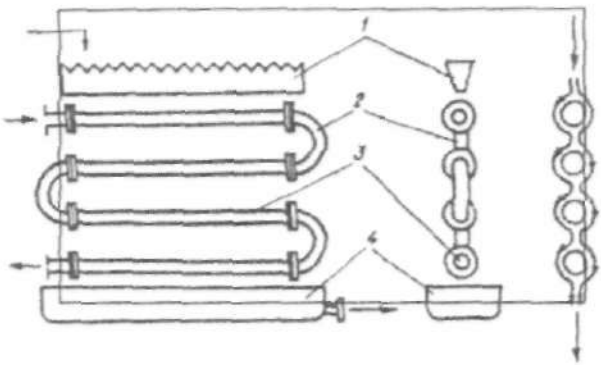
Issiqlik almashinish ko'rsatgichlari bir xil bo'lgan sharoitda «quvur ichida quvur» turdagi uskunalar qobiq-quvurli uskunalarga nisbatan o'lchamlari katta bo'ladi va tayyorlanishi uchun ko'p metall sarflanadi.



10.7-rasm. Qo'sh quvurli issiqlik almashgich:
1–ichki quvurlar; 2–tashqi quvurlar; 3–tirsaklar; 4–birlashtiruvchi patrubkalar; I va II–issiqlik tashuvchi agentlar.

Namlanuvchi issiqlik almashgichlar. Bunday uskunalar tashqi tomonidan suyuq holdagi issiqlik tashuvchi (odatda suv) bilan namlanib turuvchi zmeeviklardan iborat (10.8-rasm). Taqsimlab beruvchi tarnov orqali suv yuqorigi quvurga berilib, undan keyin pastki quvurga tushadi. Ketma-ket hamma quvurlardan o'tgach, suv quvurlarning tagida joylashgan yig'gichga tushadi. Odatda bunday sovitkichlar ochiq havoda joylashtirilgan bo'ladi. Afzalliklari: sovituvchi suvning sarfi kam, tuzilishi sodda va arzon, quvurlarni tozalash oson.

Namlovchi issiqlik almashinish uskunalari asosan suyuqlik yoki gazlarni sovitish hamda bug'larni kondensatsiyalash maqsadida ishlatiladi.

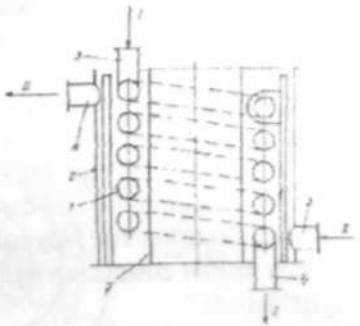


10.8-rasm. Namlanuvchi issiqlik almashgich:
1–tarnov; 2–tirsak; 3–quvur; 4–yig'gich;
I va II – issiqlik tashuvchi agentlar.

Zmeevikli issiqlik almashgichlar. Bunday uskunalarda 25÷75 mm li quvurlardan tayyorlangan spiralsimon zmeeviklar suyuqlik bilan to'ldirilgan idishda o'rnatiladi. Botirilgan zmeevik quvurlaridan gaz yoki bug' harakatlanadi. Zmeevikli issiqlik almashgichlarning diametri idishning o'lchamlariga ko'ra 300÷2000 mm ga teng bo'lishi mumkin. Suyuqlik bilan to'ldirilgan idishning hajmi katta bo'lgani va idish ichidagi suyuqlikning tezligini juda kichik bo'lganligi uchun zmeevikning tashqi devori tomonidagi bug' bilan suyuqlik orasidagi issiqlik berish koeffitsiyenti ham kichik qiymatga ega bo'ladi. Uskunaning hajmini kamaytirish va suyuqlikning tezligini oshirish uchun uning ichiga stakanga o'xshash idish tushiriladi (10.9-rasm).

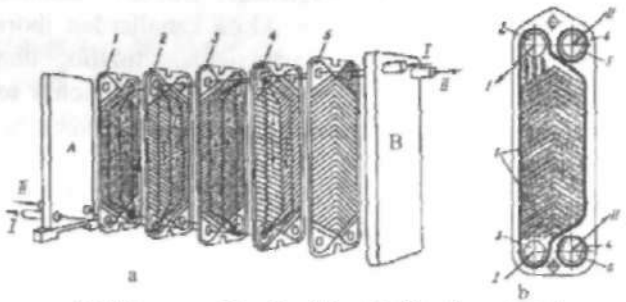
Zmeevik quvurlarida harakatlanayotgan bug'ning bosimi 0,2÷0,5 MPa gacha bo'lganda zmeevik uzunligining quvur diametriga nisbati 200÷245 bo'lishi mumkin. Agar bu nisbatning miqdori katta bo'lsa, bug' kondensati zmeevik quvurlarining pastki qismida yig'ilib, issiqlik almashinish tezligi kamayadi va gidravlik qarshiliklar ortib ketadi.

Afzalligi: tuzilishi sodda, tayyorlash oson, issiqlik almashinish yuzasini almashtirish qulay, idishdagi suyuqlikning hajmi katta bo'lganligi sababli rejimning o'zgarishlariga uncha sezgir emas. Kamchiliklari: o'lchami va gidravlik qarshiligi katta, idishdagi suyuqlikning tezligi kam bo'lganligi uchun zmeevikning tashqarisidagi issiqlik berish koeffitsiyenti kichik, quvurlarning ichki yuzasini tozalash qiyin.



10.9-rasm. Zmeevikli issiqlik almashgich:
1–zmeevik; 2–qobiq; 3,4–patrubkalar; I, II–issiqlik tashuvchi agentlar.

Plastinali issiqlik almashgichlar. Bunday uskunalar yupqa metall listlardan tayyorlangan bir necha qator parallel qat-qat burma qilingan plastinalardan tuzilgan bo'ladi (10.10-rasm). Plastinalar o'rtasidagi kanallar ikki guruhga bo'linadi: birinchi guruh kanallaridan issiqlik tashuvchi agent harakat qilsa, ikkinchi guruh kanallaridan esa issiqlik qabul qiluvchi agent harakat qiladi. Plastinalar A va B bosh plitalari va tortish vinti (sxemada ko'rsatilmagan) yordamida siqiladi, plastinalar oralig'iga rezinali qistirmalar joylashtirilgan. B plitaning yuqorigi chap shtuseri orqali kirgan issiq suyuqlik (I) 4–5 va 2–3 plastinalar oralig'idagi bo'shliqlarni egallaydi va A plitadagi pastki o'ng shtuser orqali tashqariga chiqariladi.



10.10-rasm. Plastinali issbiqlik almashgich:
a) qurilmaning sxemasi: A,B – bosh plitalar; 1-5–qat-qat burma qilingan plastinalar; I, II –issiqlik tashuvchi agentlar;b) plastinaning tuzilishi; 1,4–rezinali qistirmalar; 2,3-I–suyuqlik uchun teshiklar; 5,6-II–suyuqlik uchun teshiklar.

Sovuq suyuklik esa (II) A plitadagi pastki shtuser orqali uskunaga kirib, 1–2 va 3–4 plastinalar oralig'idagi bo'shliqlarni egallaydi, so'ngra B plitadagi yuqorigi o'ng shtuser orqali tashqariga chiqadi.

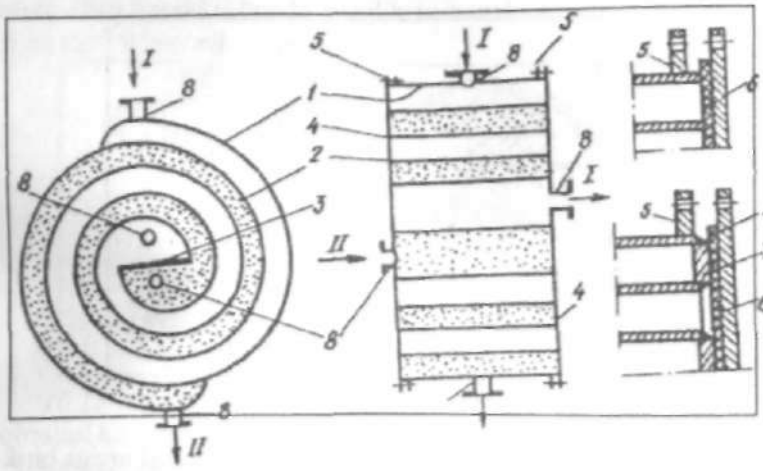
Sanoat miqyosida ishlab chiqarilayotgan plastinali uskunalarning issiqlik almashinish yuzasi plastinalarning asosiy o'lchamlariga ko'ra 2 dan 600 m^2 gacha yetadi; bunday uskunalarni bosimning qiymati 1,6 MPa gacha va ish muhitning harorati – 30 dan + 180^0C gacha o'zgarganda ishlatiladi. Plastinali uskunalar suyuqlik va bug' (gaz) o'rtasida issiqlik almashinishni tashkil etishda sovitgichlar, isitgichlar va kondensatorlar sifatida foydalaniladi.

Plastinali issiqlik almashinish uskunalari qalinligi 1 mm bo'lgan metall listdan tayyorlanadi. Plastinali qat-qat buramalarning ko'ndalang kesimi odatda balandligi 4–7 mm va asosi 14–30 mm bo'lgan teng tomonli uchburchak ko'rinishga ega. Buramalar gorizontal, «archasimon», gorizontal burchak bilan va boshqa ko'rinishlarda tayyorlanadi.

Plastinalarning materiali – ruxlangan yoki korroziyaga bardosh po'lat, titan, alyuminiy, melxlor. Uskunaning tayanchlari va siquvchi plitalari qalinligi 8–12 mm bo'lgan uglerodli po'latdan tayyorlanadi. Bunday issiqlik almashinish uskunalari juda ixcham bo'lib, ikkala issiqlik tashuvchilarni katta tezlik bilan o'tkazish imkoniyatiga va yuqori issiqlik o'tkazish koeffitsiyentiga ega. Gidravlik qarshiligi esa kam. Biroq, bunday uskunalar katta bosimlarga bardosh bera olmaydi, issiqlik almashgich ta'mir qilingandan so'ng plastinalar orasidagi tegishli zichlikni yana hosil qilish qiyin.

Spiralsimon issiqlik almashgichlar. Bunday uskunalar to'g'ri to'rtburchaklik kesimga ega bo'lgan ikkita kanallardan iborat (10.11-rasm). Kanallar yupqa metall plastinalardan tuzilib, ular issiqlik almashinish yuzasi vazifasini bajaradi. Spirallarning ichki tomonidagi uchlari ajratuvchi to'siq orqali biriktirilgan. Kanallar sistemasi qopqoq yordamida berkitilgan.

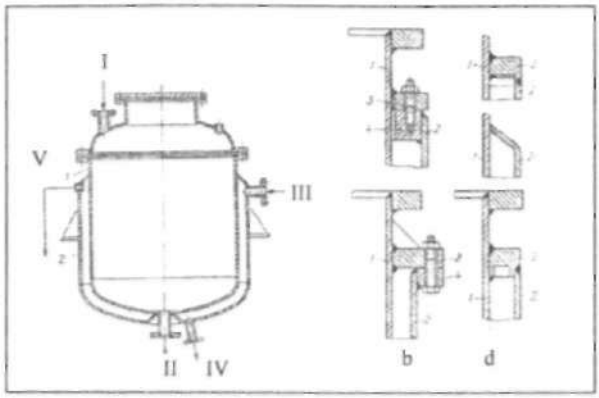
Sanoatda isitish yuzasi 10–100m^2 bo'lgan spiralsimon issiqlik almashgichlar ishlab chiqariladi; bunday uskunalar ish muhitning harorati 20–200^0C bo'lganda vakuum bilan ham, 1 MPa gacha bosim bilan ham ishlashi mumkin. Spiralsimon issiqlik almashgichlardan suyuqlik-suyuqlik, gaz-suyuqlik o'rtasida issiqlik almashinishi tashkil etishda ham bug'lar va bug'-gazli aralashmalarni kondensatsiyalash maqsadida foydalanish mumkin.



10.11-rasm. Spiralsimon issiqlik almashgich:
1,2–spiralsimon listlar; 3–to‘siq; 4–qopqoqlar; 5–flanes; 6–qistirma; 7–spirallar oralig‘ida ma’lum masofani ushlab turuvchi metall parchasi; 8–suyuqliklarning kirish va chiqish shtuserlari.

Afzalliklari: tuzilish ixcham, tayyorlash oddiy, ikkala issiqlik tashuvchi agentni katta tezlik bilan o‘tkazish mumkinligi uchun katta issiqlik o‘tkazish koeffitsiyentiga ega, gidravlik qarshiligi ko‘p yo‘lli qobiq-quvurli uskunalarnikiga qaraganda kam. Kamchiliklari: tayyorlash va ta’mirlash murakkab, 1 MPa dan ortiq bosim bilan ishlash mumkin emas.

G‘ilofli issiqlik almashgichlar. Bunday uskunalarda (reaktorlarda) isitish yoki sovitish boshqa jarayonlar bilan (masalan, kimyoviy) birgalikda olib boriladi. 10.12-rasmda qo‘sh devorli yoki g‘ilofli uskunaning sxemasi ko‘rsatilgan. Bunda issiqlik almashinish yuzasi vazifasini reaktorning devori bajaradi. G‘ilof (2) qobiq (1) ga flaneslar (4) yordamida biriktirilgan. Uskuna devorining tashqi yuzasi va g‘ilof oralig‘idagi bo‘shliqda issiqlik tashuvchi agent (masalan, suv bug‘i) sirkulatsiya qiladi. Uskunaning ichida esa issiqlikni qabul qiluvchi agent (suyuqlik) bor. Bu turdagi uskunalarning yuzasi chegaralangan (10 m^2 gacha) bo‘lib, g‘ilofdagi ortiqcha bosim 1 MPa dan ortmasligi kerak.

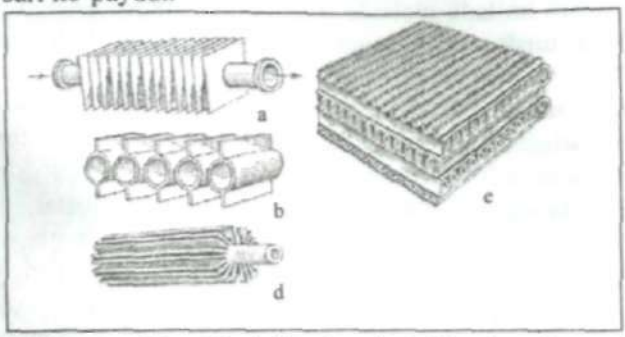


10.12-rasm. G'ilofli issiqlik almashgich(a) va g'ilofni uskunaga biriktirish usullari (b–flanes yordamida; d–payvandlash yo'li bilan): 1–idishlarning qobiqlari; 2–isitiuvchi g'iloflar; 3–halqalar; 4–flaneslar. Oqimlar: I–sovuq suyuqlik; II–issiq suyuqlik; III–bug'; IV–kondensat; V–havo.

Devordan suyuqlik muhitiga issiqlik berishni jadallashtirish uchun idishning ichiga mexanik aralashtirgich joylashtiriladi. Ayrim paytlarda qurilma ichidagi suyuqlik bug' yoki siqilgan gaz bilan ham aralashtirilishi mumkin.

Qirrali issiqlik almashgichlar. Texnikada anchagina ko'p qo'llanilib turiladigan ba'zi issiqlik almashinish jarayonlarida issiqlik o'tadigan yuzaning ikki tomonidagi issiqlik berish koeffitsiyentlari bir-biridan katta farq qiladi. Masalan, havoni kondensatsiya bo'layotgan suv bug'i bilan isitishda, bug'dan devorga issiqlik berish koeffitsiyenti $\alpha_1 = 10000 \div 15000 Vt/(m^2 \cdot K)$ bo'lsa, devordan isitilayotgan havoga issiqlik berish koeffitsiyenti $\alpha_2 = 10 \div 15 Vt/(m^2 \cdot K)$ bo'ladi. Bunday sharoitda samaradorligi kam bo'lgan issiqlik tashuvchi agent (havo) tomonidagi quvurlar qirrali qilib tayyorlanadi. Natijada issiqlik almashinish yuzasini kattalashib, bug'dan havoga o'tgan issiqlik miqdori ko'payadi. 10.13-rasmda quvurlari qirrali qilib tayyorlangan issiqlik almashgichlarning elementlari ko'rsatilgan. Tadqiqotlardan ma'lumki, quvurlarning yuzalari qirrali qilinganda issiqlik almashinish yuzasining ko'payishidan tashqari, qirralar oqimning gidrodobsimon holatda kelishiga yordam berganligi sababli issiqlik berish koeffitsiyenti ham ortadi. Shuni ham

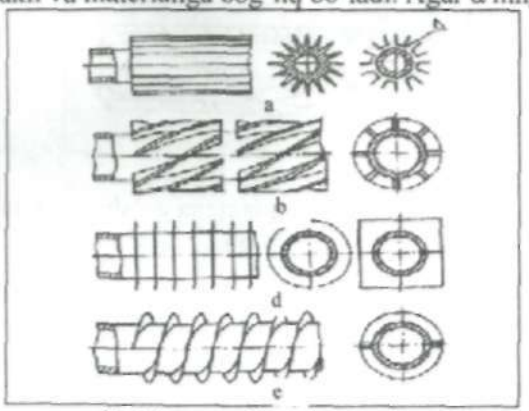
hisobga olish kerakki, bunda issiqlik tashuvchi agentni haydash uchun bo'lgan sarf ko'payadi.



10.13-rasm. Qirrali issiqlik almashgichlarning elementlari:
a–qirralari ko'ndalang kesim bo'yicha joylashtirilgan; b,d–qirralari o'q kesimi bo'yicha joylashtirilgan; e–qirralari qat-qat burmali qilib tayyorlangan.

Tashqi yuzasi qirrali qilib tayyorlangan quvurlar bir necha turga bo'linadi: 1) bo'ylama qirrali (10.14-rasm, a); 2) kesilgan qirrali (10.13-rasm, b); 3) ko'ndalang qirrali (10.13-rasm, d); 4) spiralsimon qirrali (10.13-rasm, e).

Qirralarning samaradorligi issiqlik berish koeffitsiyenti (α) orqali belgilanadi. Qirrali quvurlar ishlatilganda α ning qiymati qirraning balandligi, shakli va materialiga bog'liq bo'ladi. Agar α ning qiymati

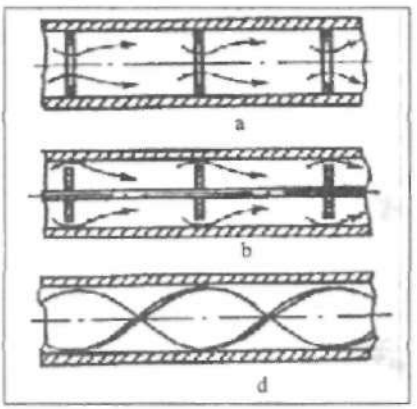


10.14-rasm. Qirrali quvurlar:
a) bo'ylama qirrali; b) kesilgan qirrali; d) ko'ndalang qirrali;
e) spiralsimon qirrali.

yuqori bo'lishi shart bo'lmasa, po'latdan tayyorlangan qirralardan foydalanish yetarli bo'ladi, mabodo α katta qiymatlarga erishilishi zarur bo'lgan paytda misli yoki alyuminiy qirralarni qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi.

Quvurning ichidagi termik qarshilik katta bo'lgan paytda chegara qatlamni yemiradigan yoki gidrobsimon holatga keltiradigan turbulizatorlardan foydalaniladi. Turbulizatorlar sifatida turli qo'shimchalar (spirallar, diafragmalar, disklar) va nasadkalar (halqalar, sharlar) ishlatiladi; bulardan foydalanilganda quvurning qarshiligi ko'payadi.

10.15-rasmda oqimni gidrobsimon holatga keltirishga yordam beradigan qo'shimcha (diafragmali, diskli, spiralli) quvurlar ko'rsatilgan. Masalan, quvur ichiga diafragma o'rnatilganda oqim Re=140 bo'lgandayoq turbulent holatga o'tadi (qo'shimchasi bo'lmagan quvurda esa bu holat Re=2300 bo'lganda yuz beradi). Demak, diafragmali quvurda issiqlik almashinish taxminan 4 marotaba tez boradi.



10.15-rasm. Turbulizatsiya qiladigan qo'shimcha quvurlar:
a) diafragmali: b) diskli d) spiralli.

10.3. ARALASHTIRUVCHI ISSIQLIK ALMASHGICHLAR

Bunday issiqlik almashish uskunalari yuqori samarali texnologik uskunalar qatoriga kiradi. Issiqlik tashuvchi agentlarning to'g'ridan-to'g'ri kontakti asosida issiqlik almashinish yuz beradi, bunda uskuna devorining termik qarshiligi bo'lmaydi. Shu sababdan aralashtiruvchi uskunalarda issiqlik almashinish jarayonlari jadal sur'atlar bilan boradi.

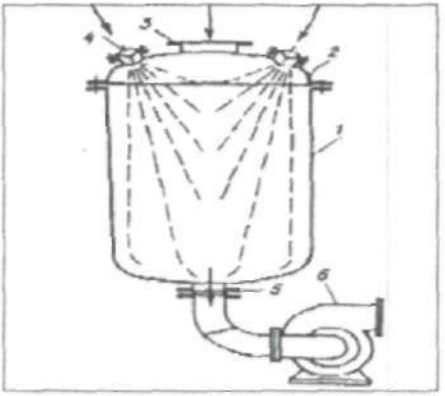
Ushbu issiqlik almashgichlardan issiqlik tashuvchi agentlarni o'zaro aralashtirish mumkin yoki texnologik shart-sharoit bo'yicha issiqlik tashuvchi muhitlarni aralashtirish zarur bo'lgan holatlarda foydalaniladi.

Ko'pincha aralashtiruvchi issiqlik almashgichlar suv bug'ini kondensatsiya qilish, suv va gazlarni (odatda havoni) isitish va sovitish uchun ishlatiladi. Bunday uskunalar tuzilishiga ko'ra bir necha turga bo'linadi: barbotajli, tokchali, nasadkali, ichi bo'sh (suyuqlikni sochib beradigan).

Bug' yoki gazning suyuq holatga o'tish jarayoni kondensatsiya deyiladi. Neft va gazni qayta ishlash sanoatida kondensatsiya jarayoni keng tarqalgan. Kondensatsiya jarayoni olib boriladigan uskunalar kondensatorlar deyiladi. Sovituvchi agent vazifasini ko'pincha suv, ayrim hollarda havo va boshqa sovuq tashuvchi agentlar bajaradi. Kondensatorlar yuzali va aralashtiruvchi bo'ladi. Yuzali kondensatorlarda kondensatsiyalanayotgan bug' va sovituvchi suv o'zaro issiqlik o'tkazuvchi devor orqali ajratilgan bo'ladi. Aralashtiruvchi kondensatorlarda esa bug' suv bilan to'g'ridan-to'g'ri aralashishi natijasida kondensatsiyaga uchraydi.

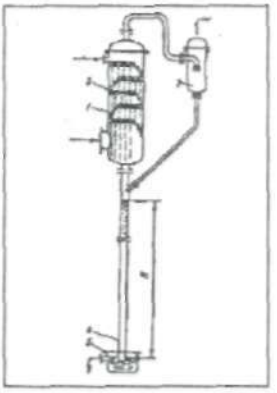
Bug' va suvning o'zaro harakatiga ko'ra aralashtiruvchi kondensatorlar qarama-qarshi va to'g'ri yo'nalishli bo'ladi. 10.16-rasmda to'g'ri yo'nalishli aralashtiruvchi kondensator ko'rsatilgan. Kondensator qobig'i (1) ga qopqoq (2) dagi patrubka (3) orqali kondensatsiyalanish lozim bo'lgan bug' kiritiladi. Sovituvchi suv soplo (4) orqali sochib beriladi. Isitilgan suv kondensat va havo bilan birgalikda patrubka (5) orqali nam-havo nasosi (6) yordamida tashqariga chiqariladi.

10.17-rasmda qarama-qarshi yo'nalishli barometrik kondensator ko'rsatilgan. Qobiqda 5–7 ta tokchalar bo'lib, ularda bug' va suv o'zaro bevosita kontaktga o'chraydi. Tokchalarda suvning balandligi 40 mm ga yaqin bo'lib, tokchalar chekkasidagi to'siqlar yordamida ushlab turiladi. Tokchalarning yuzasi yaxlit yoki g'alvirsimon bo'ladi. Ko'pincha yaxlit tokchalar ishlatiladi. Bug' pastki tokchaning tagiga beriladi va yuqoriga qarab harakat qiladi. Bug' tokchalar orasida suv bilan aralashishi natijasida kondensatsiyaga uchraydi. Tokchalar o'rtasida masofa pastdan yuqoriga qarab kamayib boradi, chunki bug'ning miqdori ham yuqoriga ko'tarilgan sari kamayadi. Kondensatorga bug' va sovituvchi suv bilan birmuncha havo ham kirishi mumkin.



10.16-rasm. To‘g‘ri yo‘nalishli aralashtiruvchi kondensator: 1–kondensator qobig‘i; 2–qopqoq; 3–bug‘ning kirishi uchun patrubka; 4–sochib beruvchi soplo; 5–suv, kondensat va havoni chiqarish uchun patrubka; 6–nasos.

Havo kondensatorning yuqorigi qismidan tomchi ushlagich orqali so‘rib olinadi. Tomchi ushlagichda havodan suv tomchilari ajratiladi; ajralgan suv tomchilari barometrik quvurga tushadi. Barometrik quvurda kondensatordagi vakuumning qiymatiga to‘g‘ri keladigan suv ustuni ushlab turiladi. Barometrik quvur tashqaridagi havoning uskunaga kirmasligiga to‘sqinlik qilib, gidravlik zatvor vazifasini bajaradi. Kondensat va suv barometrik idishga tushadi, so‘ngra tashqariga chiqarib yuboriladi.

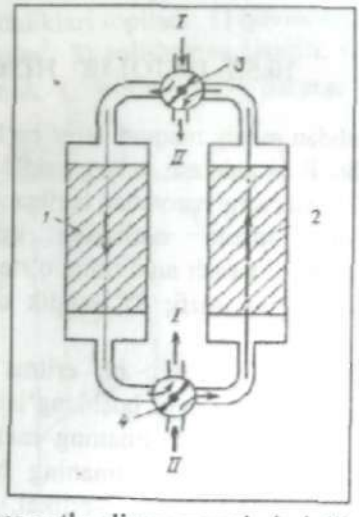


10.17-rasm. Qarama-qarshi yo‘nalishli barometrik kondensator: 1–kondensator; 2–tomchi ushlagich; 3–tokchalar; 4–barometrik quvur; 5–barometrik idish.

10.4. REGENERATIV ISSIQLIK ALMASHGICHLAR

Bunday uskunalar birorta issiqlik tashuvchini oldin boshqa issiqlik tashuvchi ta'sirida isitilgan qattiq jism bilan navbatma-navbat kontakt qilishiga asoslangan. Qattiq jism (nasadka) qo'zg'almas va harakatlanuvchi holatda bo'lib, davriy ravishda issiqlik tashuvchilar ta'sirida isiydi yoki soviydi. Nasadka sifatida o'tga chidamli g'ishtlar, metall plastinalari va sharlar, alyuminiy folgasi va boshqa materiallar ishlatiladi.

Qo'zg'almas nasadkali regenerativ issiqlik almashgichning sxemasi 10.18-rasmda ko'rsatilgan. Issiqlik tashuvchilar kiradigan yo'nalishdagi (3) va (4) klapanlarning sxemada ko'rsatilgan holatida, o'ng kamera (2) ga qizdirilgan issiqlik tashuvchi (II) yuboriladi va nasadkaning qizishi yuz beradi; shu paytning o'zida chap kamera (1) ga sovuq issiqlik tashuvchi (I) yuboriladi, bunda uning avval qizdirilgan nasadka ta'sirida isitish yuz beradi. Ma'lum vaqt o'tgandan so'ng klapanlar qarama-qarshi tomonga o'zgartiriladi, bunda issiqlik almashinish teskari yo'nalishda boradi. Issiqlik tashuvchi agentlar yo'nalishidagi klapanlar holatining o'zgarishi avtomatik ravishda bajariladi.



10.18-rasm. Qo'zg'almas qatlamli regenerativ issiqlik almashgichning ishlash sxemasi:
1,2–nasadkali regeneratorlar; 3,4–klapanlar; I va II–issiqlik tashuvchi agentlar.

Regenerativ issiqlik almashgichlarning bir qator kamchiliklari bor: qo'shimcha chang tozalaydigan uskunalarni o'rnatish talab qilinadi; gazlarni isitadigan va sovitadigan kameralarni qismlari abraziv yeyilishga uchraydi.

10.5. YUZALI ISSIQLIK ALMASHGICHLARNI HISOBLASH

Yuzali issiqlik almashinish uskunalari ichida eng ko'p tarqalgan qobiq-quvurli issiqlik almashgichlarni loyihalash uchun turli hisoblashlar bajariladi. Hisoblashlar uch qismdan iborat bo'ladi: 1) issiqlik hisobi; 2) konstruktiv hisoblash; 3) gidravlik hisoblash; 4) mexanik hisoblash; 5) texnikaviy-iqtisodiy hisoblash. Odatda bunday hisoblashlar bir necha variantlarda bajariladi. Tanlangan variantni baholash quyidagi ko'rsatgichlarning birortasi bo'yicha olib boriladi: foydali ish koeffitsiyenti; 1 m^2 yuzaga sarflanadigan energiya miqdori; eng maqbullikning texnik-iqtisodiy mezoni va boshqalar.

Uzluksiz ishlaydigan, bug'-suyuqlik muhitlariga moslangan quvurli isitgichning hisobini ko'rib chiqamiz. Uskunaning issiqlik hisobi konstruktiv va gidravlik hisoblashlar bilan uzluksiz bog'liqlikda olib boriladi.

10.5.1. ISSIQLIK HISOBI

Ushbu hisoblashdan asosiy maqsad zarur bo'lgan issiqlik almashinish yuzasi F ni topishdir. F ni aniqlash uchun issiqlik tashuvchi agentlarning sarfi, ularning dastlabki va oxirgi haroratlari berilgan bo'ladi.

Bunday issiqlik hisobi natijasida quyidagilar aniqlanadi: 1) o'rtacha haroratlar farqi va ish muhitning o'rtacha harorati; 2) issiqlik miqdori va ish jismlarining sarfi; 3) issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti; 4) isitish yuzasi.

Issiqlik almashgichda ma'lum bir eritma suv bug'i yordamida isitiladi. Hisoblash uchun quyidagi boshlang'ich ma'lumotlar berilgan bo'lishi kerak: 1) Isitilayotgan eritmaning miqdori G, kg/s. 2) Eritmaning konsentratsiyasi, %. 3) Eritmaning boshlang'ich va oxirgi haroratlari t_b, t_0. 4) Isitkichning turi – vertikal, gorizontal, yo'llar soni. 5) Isituvchi bug'ning bosimi, R, Pa yoki harorati t, ^{0}C. 6) Po'lat quvurlarning ichki va tashqi diametri d_u va t_t, mm. 7) Quvurlarning uzunligi ℓ, m. 8) Eritmaning harakat tezligi w, m/s. 9) Isitish yuzasidan foydalanish koeffitsiyenti, φ.

Hisoblash quyidagi tartibda olib boriladi.

Isitkichning harorat shartlarini aniqlash. To'yingan bug' bosimi R ga ko'ra uning to'yinish harorati t_t maxsus qo'llanmalardan topiladi.

Isitish boshlanishida haroratlarning maksimal (yoki katta) farqi:

$$\Delta t_{ka} = t_t - t_b. \qquad (10.1)$$

Isitish oxiridagi muhit haroratlarining minimal (yoki kichik) farqi:

$$\Delta t_{kn} = t_t - t_0. \qquad (10.2)$$

Δt_{ka} va Δt_{kn} larning qiymatlari 10.19-rasmdan aniqlanadi. O'rtacha haroratlar farqi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$\Delta t_{yp} = \varepsilon_{\Delta t} \frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{kn}}{2{,}3 \lg \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{kn}}}, \qquad (10.3)$$

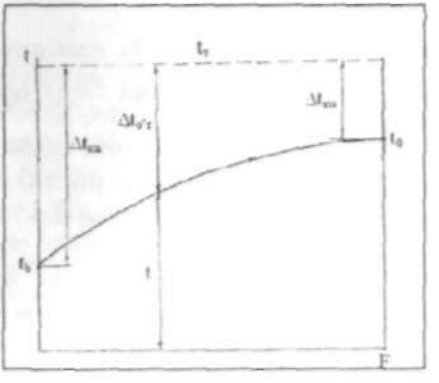
$\frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{kn}} < 2$ bo'lsa, $\Delta t_{o'r}$ ni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\Delta t_{o'r} = \frac{\Delta t_{ka} + \Delta t_{kn}}{2}. \qquad (10.4)$$

Isitilayotgan muhitning o'rtacha harorati:

$$t = t_t - \Delta t_{o'r} \qquad (10.5)$$

Isitilayotgan eritmaning fizik kattaliklarini topish. O'rtacha harorat (va eritmaning konsentratsiyasi) bo'yicha maxsus qo'llanmalardagi jadvallardan foydalanib, berilgan issiqlik tashuvchi agentlarning fizik kattaliklari topiladi: 1) qovushoqlik μ, Pa·s yoki ϑ, m^2/s; 2) zichlik ρ, kg/m^3; 3) solishtirma issiqlik sig'imi s, J/(kg·K); 4) issiqlik o'tkazuvchanlik λ, Vt/(m·K); 5) harorat o'tkazuvchanlik a, m^2/s; 6) Prandtl soni $Pr = \frac{\vartheta}{a}$.



10.19-rasm. Yuzali issiqlik almashgichni hisoblashga doir.

Issiqlik miqdori va bug' sarfini aniqlash. Suyuqlikni isitish uchun ketgan issiqlik miqdori (Vt) quyidagi tenglama yordamida topiladi:

$$Q = x\,G\,c\,(t_0 - t_b), \qquad (10.6)$$

bunda, x = 1,02 ÷ 1,05 – issiqlik yo'qotilishini hisobga oluvchi *koeffitsiyent*; *G – suyuqlik sarfi*, kg/s; *s – eritmaning o'rtacha* solishtirma issiqlik sig'imi, J (kg·K); t_0 – suyuqlikning oxirgi harorati, ^{0}C; t_b – suyuqlikning boshlang'ich harorati, ^{0}C.

Bug' sarfi (kg/s) quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$D = \frac{Q}{i - \theta}, \qquad (10.7)$$

i – isituvchi bug'ning entalpiyasi, Θ – kondensatning entalpiyasi, J/kg;

$$\theta = t_T - (2 \div 5^0 C)$$

i – maxsus qo'llanmalardan berilgan bug' bosimi R bo'yicha olinadi.

Issiqlik o'tkazish koeffitsiyentini aniqlash. Bir va ko'p qavatli tekis yuzalar uchun issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti K, Vt/(m^2·K) quyidagi tenglama orqali hisoblanadi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_s + \frac{1}{\alpha_2}}, \qquad (10.8)$$

bu yerda, α_1 va α_2 – haroratlari yuqori va past bo'lgan issiqlik tashuvchi agentlar uchun issiqlik berish koeffitsiyentlari, Vt/(m^2·K); $\sum r_s$ – devor (devor va ifloslikiar qatlamlari bilan birgalikda) termik qarshiliklarining yig'indisi, (m^2·K)/Vt.

Silindrsimon yuzalarni hisoblashda, agar quvurning ichki diametri d_u ni uning tashqi diametri d_t ga nisbati $\frac{d_u}{d_t} \geq 0{,}5$ bo'lgan sharoitda, K ni hisoblashda (10.8) tenglamadan foydalanish mumkin. Boshqa holatlarda silindrsimon yuzalar (quvurlar) uchun issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti K_R 1 m quvur uzunligiga nisbatan olinadi Vm/(m·K) va quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$K_R = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_1 d_u} + \sum \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_T}{d_u} + \frac{1}{\alpha_2 d_T} + \sum \frac{r_3}{d_3}}, \qquad (10.9)$$

bu yerda, λ – devor materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, Vt/(m·K); r_3 – ifloslikiarning termik qarshiliklari, (m^2·K)/Vt; d_3 – quvurning ifloslikiar bilan qoplangan diametri, m.

Devorlardagi iflosliklarning issiqlik o'tkazuvchanligi ($1/r_3$) issiqlik tashuvchining turiga, uning haroratiga va tezligiga hamda devor materialiga, isituvchi muhitning haroratiga, uskunaning tozalanmasdan ishlaydigan davriga (qisqa qilib aytganda, cho'kma yoki korroziya mahsulotining turiga) bog'liq bo'ladi. r_3 ning qiymatlarini faqat tajriba yo'li bilan aniqlash mumkin. Iflosliklarning issiqlik o'tkazuvchanligi ($1/r_3$) to'g'risidagi taxminiy qiymatlar tegishli adabiyotlarda keltirilgan. Masalan, o'rta sifatli ifloslangan suv uchun devordagi ifloslikning issiqlik o'tkazuvchanligi $1/r_3 = 1400 \div 1860$ Vt/(m·K).

Issiqlik berish koeffitsiyentlari α_1 va α_2 kriterial tenglamalar yordamida topiladi. Masalan, bizning misol uchun balandligi N bo'lgan vertikal quvurlar o'rami tashqi yuzasida bug'dan devorga berilayotgan issiqlik berish koeffitsiyenti α_1 quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\alpha = 1{,}15\sqrt[4]{\frac{\lambda^3\rho^2 rg}{\mu\Delta tH}}. \qquad (10.10)$$

Kondensatning fizik-kimyoviy kattaliklari α, μ, ρ yupqa qatlam (plyonka) ning o'rtacha harorati $t_{o'r} = \frac{t_T + t_g}{2}$ bo'yicha topiladi. Kondensatsiyalanish issiqligi r to'yinish harorati t_T ga qarab aniqlanadi. Haroratlar farqi quyidagi ayirmaga teng:

$$\Delta t = t_T - t_g. \qquad (10.11)$$

bu yerda, t_g – devorning harorati.

Agar isitish quvurlari gorizontal bo'lsa, bunda bug'ning quvur devorlariga issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\alpha = 0{,}728\sqrt[4]{\frac{\lambda^3\rho^2 rg}{\mu\Delta td}}. \qquad (10.12)$$

bu yerda, d – quvurning diametri.

Devorlardan isitilayotgan muhitga issiqlik berish koeffitsiyenti harakat rejimiga ko'ra har xil kriterial tenglamalar yordamida topiladi. Hisoblash tenglamasini topish uchun avval Reynolds mezoni Re aniqlanadi. So'ngra tegishli kriterial tenglama tanlanadi. Masalan, turg'un turbulent rejimda ($Re \geq 10^4$) to'g'ri quvur ichidagi majburiy harakat paytidagi issiqlik berish koeffitsiyenti α_2 ni aniqlash uchun quyidagi kriterial tenglamadan foydalanish mumkin:

$$Nu = 0{,}023\,Re^{0.8}Pr^{0.4} \qquad (10.13)$$

yoki

$$\frac{\alpha d_э}{\lambda} = 0{,}023\left(\frac{wd_э}{\vartheta}\right)^{0.8}\left(\frac{c\mu}{\lambda}\right)^{0.4}, \qquad (10.14)$$

bu yerda, $d_E = 4\ S/P$ – ekvivalent diametri, S – oqim ko'ndalang kesimining yuzasi, P – kesimning ho'llangan perimetri (dumaloq kesimli quvurlar uchun d_E quvurning ichki diametriga teng bo'ladi); w – issiqlik tashuvchi muhitning o'rtacha tezligi; λ, ϑ, s, μ – issiqlik tashuvchi agentning fizi-kimyoviy kattaliklari, ularning son qiymatlari muhitning o'rtacha harorati bo'yicha tegishli qo'llanmalardan topiladi.

(10.12) tenglamasi to'g'ri quvur uzunligi ℓ ni uning diametri d ga nisbati $\ell/d > 50$ bo'lgan sharoit uchun natija beradi.

Oraliq rejim uchun ($2300 < Re < 10^4$) aniq tenglamalar ishlab chiqilmagan. Taxminiy hisoblashlar uchun quyidagi tenglamadan foydalansa bo'ladi:

$$Nu = 0{,}008\ Re^{0{,}9}\ Pr^{0{,}43}\ . \qquad (10.15)$$

Laminar rejim uchun ($Re < 2300$) quyidagi kriterial tenglamadan foydalanish mumkin:

$$Nu = 0{,}17\ Re^{0{,}33}\ Pr^{0{,}43}\ Gr^{0{,}1}\left(\frac{Pr}{Pr_g}\right)^{0{,}25}, \qquad (10.16)$$

bu yerda, $Gr = \frac{gl^3\beta\Delta t}{\vartheta^2}$ – Grasgof mezoni; ℓ – aniqlovchi geometrik o'lcham (quvur uchun – uning diametri, tekis vertikal yuza uchun – uning balandligi); β – suyuqlikning hajmiy kengayish koeffitsiyenti; Δt – devor va suyuqlik (yoki teskari) haroratlari oralig'idagi farq; Pr – suyuqlikning o'rtacha haroratlari bo'yicha hisoblangan Prandtl soni. Pr_g – suyuqlikning devor o'rtacha harorati bo'yicha hisoblangan Prandtl soni. So'ngra α ning qiymati Nusselt mezoni orqali topiladi:

$$\alpha = \frac{Nu\,\lambda}{l}\ . \qquad (10.17)$$

Shunday qilib, α_1 ning qiymati to'g'ridan-to'g'ri (10.10) yoki (10.11) tenglamalar orqali topiladi. α_2 ning qiymatini topish uchun eng avval Nusselt mezonining son qiymati suyuqlik harakatining rejimiga ko'ra (10.12), (10,14) yoki (10.15) kriterial tenglamalar yordamida aniqlanadi. So'ngra Nu ning son qiymatiga asosan α_2 (10.16) ifoda bo'yicha hisoblab chiqiladi. Va nihoyat K ning qiymati (10.8) yoki (10.9) tenglamalar yordamida aniqlanadi.

Isitish yuzasini topish. Issiqlik almashgichning isitish yuzasi F (m^2) issiqlik o'tkazishning umumiy tenglamasidan topiladi:

$$F = \frac{Q}{K\Delta t_{o'r}}. \qquad (10.18)$$

Bu yuza uchun qabul qilingan isitkichning sxemasi quvurlarning diametri va uzunligiga ko'ra joylashtiriladi. Isitish yuzasini joylashtirish isitkichning konstruktiv hisobini tashkil etadi.

10.5.2. KONSTRUKTIV HISOBLASH

Konstuktiv hisoblashning maqsadi issiqlik almashinish uskunasining asosiy o'lchamlarini topishdan iborat. Bunda quyidagilar aniqlanadi: uskuna quvurli qismining o'lchamlari, quvurlarning soni, to'rda quvurlarning joylashuvi, uskunaning diametri, uning balandligi, patrubkalarning diametri.

Uskuna quvurli qismining o'lchamlarini aniqlash. Bitta yo'ldagi quvurlarning ko'ndalang kesimini topamiz:

$$f_T = \frac{G}{\rho w}, \qquad (10.19)$$

bu yerda, G – suyuqlikning sarf, kg/s; ρ – suyuqlikning zichligi, kg/m^3; w – suyuqlikning tezligi, m/s. Bitta yo'ldagi quvurlarning soni:

$$n_1 = \frac{f_T}{0{,}785 d_u^2}, \qquad (10.20)$$

d_u – quvurning ichki diametri, m.

Hamma yo'llardagi quvurlarning uzunligi:

$$L = \frac{F}{\pi \cdot d_x \; n_1}, \qquad (10.21)$$

bu yerda, F – isitkichning isitish yuzasi, m^2, d_H – quvurlarning hisoblash uchun qabul qilingan diametri, m; d_H – qiymati α_1 va α_2 ning nisbatlariga bog'liq. Agar $\alpha_1 \approx \alpha_2$ bo'lsa $d_H = 0{,}5(d_u + d_T)$, $\alpha_1 >> \alpha_2$ bo'lsa, $d_H = d_u$, $\alpha_1 << \alpha_2$ bo'lsa $d_H = d_T$.

Yo'llar soni:

$$Z = \frac{L}{\ell}, \qquad (10.22)$$

bu yerda, ℓ – quvurlarning qabul qilingan uzunligi ($\ell = 1 \div 3$m).

To'rda joylashgan quvurlarning umumiy soni:

$$n = z n_1 . \qquad (10.23)$$

Quvurlarning to'rda joylashuvi. Quvurlarning to'rda uch xil usul bilan joylashtirilishi mumkin: to'g'ri oltiburchaklarning qirralari bo'ylab; kvadratlarning tomonlari bo'ylab; konsentrik aylanalar bo'ylab. Ko'pincha birinchi usuldan foydalaniladi. Bunda to'rdagi quvurlarning soni quyidagicha aniqlanadi:

$$n_0 = 3a(a-1)+1 = \frac{3}{4}(b^2-1)+1 , \qquad (10.24)$$

a – katta oltiburchakning bitta tomonida joylashgan quvurlar soni; $b = 2a-1$ – katta oltiburchakning diagonali bo'ylab joylashgan quvurlar soni.

Quvurlar oltiburchaklarning qirralari bo'yicha joylashtirilganda to'rning bir qismi foydalanilmay qoladi. Shu sababli $a>8$ bo'lganda, qo'shimcha yana m miqdordagi quvurlarni joylashtirish imkoniyati paydo bo'ladi. Bunda umumiy quvurlarning soni ko'payadi:

$$n = n_0 + m . \qquad (10.25)$$

Odatda $m = (0,1 \div 0,18)\, n$.

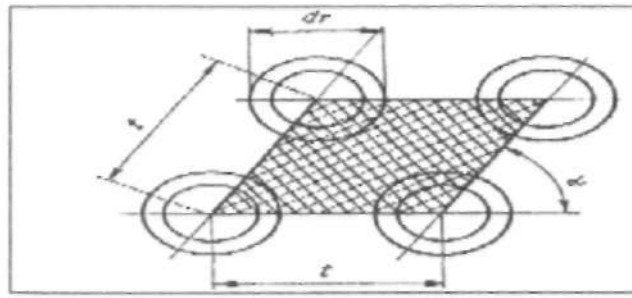
Uskuna qobig'ining ichki diametrini aniqlash. Qobiq ichiga joylashtirilgan quvurli to'rning maydoni quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$F = F_F + F_E = \frac{\Phi_\phi}{\psi} , \qquad (10.26)$$

bu yerda, F_F – quvurlar tomonidan egallangan foydali maydon; F_E – quvurlar joylashmagan erkin maydon; Ψ – quvur to'ridan foydalanish koeffitsiyenti; oltiburchakli qirralari buyicha joylashtirilganda $\Psi=0,6$ – ko'p yo'lli, $\Psi=0,9$ – bir yo'lli uskunalar uchun.

Bitta quvurning foydali maydoni (10.20-rasm) $t^2 \sin\alpha$ ga teng (t – quvurlarning joylanish qadami, $\alpha=60^0$ – quvur qatorlarining markaziy chiziqlari hosil qilgan burchak). Bunda hamma quvurlar n uchun quvurli to'rning maydoni:

$$F = \frac{nt^2 \sin\alpha}{\psi} . \qquad (10.27)$$



10.20-rasm. Bitta quvur uchun to'rning foydali maydonini aniqlashga doir.

(10.20) tenglamaga asosan bitta yo'lli quvurlarning isitish yuzasi ($d_H=d_T$ bo'lganda):

$$F = n \pi d_T \ell \ . \qquad (10.28)$$

bundan

$$n = \frac{F}{\pi d_T \ell} \ . \qquad (10.29)$$

Agar $F = \frac{\pi D_0^2}{4}$ hisobga olinganda qobiqning ichki diametri D_0 (m hisobida) quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$D_0 = 0{,}635 \frac{t}{d_T} \sqrt{\frac{F d_T \sin\alpha}{\ell \psi}} \ . \qquad (10.30)$$

Uskunalarning to'la balandligini topish. Issiqlik almashinish uskunasining balandligi (yoki uzunligi) quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$N = \ell + 2b + 2h \ , \qquad (10.31)$$

bu yerda, ℓ – quvurlarning uzunligi; b – to'rning qalinligi, m; h – kiruvchi va chiquvchi kameralarning balandligi, m.

Patrubkalarning diametrini aniqlash. Patrubkalarning ichki diametri berilgan muhitning sarfiga va harakat tezligiga qarab aniqlanadi:

$$D_P = \sqrt{\frac{4V}{\pi w}} \ , \qquad (10.32)$$

bu yerda, V – muhitning hajmiy sarfi, m^3/s; w – muhitning harakat tezligi, m/s.

Hisoblash uchun quyidagi tezlik qiymatlaridan foydalanish mumkin: suyuqliklar 0,1÷2,5 m/s; gazlar 2÷20 m/s; suv bug'i 15÷60 m/s.

10.5.3. GIDRAVLIK HISOBLASH

Gidravlik hisoblashdan asosiy maqsad issiqlik almashinish uskunalaridagi ishqalanish hamda mahalliy qarshiliklarni yengish uchun ketgan bosimni va ish muhitini uskunadan o'tkazish uchun kerak bo'lgan quvvatni topishdan iborat.

Qobiq-quvurli issiqlik almashgichning quvurli qismi hamda ko'ndalang to'siqlari bo'lmagan quvurlararo bo'shlig'i uchun gidravlik qarshilik (ΔR, Pa) ni quyidagi tenglama orqali aniqlash mumkin:

$$\Delta P = \Delta P_{ish} + \Delta P_{MK} = \lambda \frac{Z\ell}{d_e} \frac{\rho w^2}{2} + \sum \xi \frac{\rho w^2}{2}, \qquad (10.33)$$

bu yerda, ΔP_{ish} – ishqalanish qarshiliklarini yengish uchun yo'qotilgan bosim, Pa; ΔP_{MK} – mahalliy qarshiliklarni yengish uchun yo'qotilgan bosim; λ – ishqalanish koeffitsiyenti; ℓ – quvurlarning bitta yo'li uzunligi, m; Z – yo'llarning soni; d_E – ekvivalent diametr, m; ρ – suyuqlik yoki gazning zichligi, kg/m^3; w – oqimning tezligi, m/s; ξ – mahalliy qarshilik koeffitsiyenti.

Ishqalanish koeffitsiyenti λ muhitning harakat rejimiga va quvur devorlarining g'adir-budirlik darajasiga bog'liq. Laminar rejimda (Re<2300) g'adir-budirlik ishqalanish koeffitsiyentiga amaliy jihatdan ta'sir qilmaydi va dumaloq kesimli quvurlar uchun λ ning qiymati quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\lambda = \frac{64}{Re}. \qquad (10.34)$$

Turbulent rejimda (2300<Re<10^4) gidravlik tekis quvurlar (shisha, mis, qo'rg'oshin) uchun:

$$\lambda = \frac{0{,}316}{Re^{0{,}25}}. \qquad (10.35)$$

Gidravlik g'adir-budir quvurlar (po'lat, cho'yanli) uchun turbulent rejimda (Re>2300) λ ni hisoblash uchun quyidagi tenglamadan foydalaniladi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\ell g\left[\frac{\varepsilon}{3{,}7} + \left(\frac{6{,}81}{Re}\right)^{0{,}9}\right]. \qquad (10.36)$$

Re>10^5 bo'lganda turbulent rejim o'ta rivojlangan bo'lib, λ ning qiymati Re ga bog'liq bo'lmay qoladi. Bunday holat avtomodel rejim deb yuritiladi. Ushbu rejimda λ ning qiymati quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2\ell g\frac{3{,}7}{\varepsilon}, \qquad (10.37)$$

bu yerda, $\varepsilon = R/d_E$ – quvurning nisbiy g'adir-budirligi; d_E – quvurning ekvivalent diametri; R – quvur g'adir-budirligining o'rtacha balandligi.

Mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentining qiymatlari tajriba yo'li bilan aniqlanadi va tegishli qo'llanmalarda berilgan bo'ladi. Qobiq-quvurli issiqlik almashinish uskunalari uchun hisoblashlar paytida mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentining qiymatlarini quyidagicha olish mumkin:

Quvurli bo'shliq	
Kiruvchi yoki chiquvchi kamera	1,5
Yo'llar yoki seksiyalar oralig'ida 180^0 ga burilish	2,5
Quvurlarga kirish yoki ulardan chiqish	1,0
Quvurlararo bo'shliq	
Quvurlararo bo'shliqqa kirish yoki undan chiqish	1,5
Quvurlararo bo'shliqdagi to'siq orqali 180^0 ga burilish	1,5
Quvurlararo bo'shliqda 90^0 ga burilish	1,0

Issiqlik almashgich uchun ΔP ning qiymati aniqlangandan so'ng, suyuqlikni uskuna orqali haydash uchun kerak bo'lgan nasosning iste'mol quvvati (N, kVt) topiladi:

$$N = \frac{G\Delta P}{1000\rho\eta}, \qquad (10.38)$$

bu yerda, G – suyuqlikning sarfi, kg/s; ρ – suyuqlikning zichligi, kg/m^3; ΔR – nasos tomonidan hosil qilinadigan bosim farqi, Pa; η–nasosning foydali ish koeffitsiyenti.

Issiqlik almashinish uskunalarini loyihalashda issiqlik, konstruktiv va gidravlik hisoblashlardan so'ng mexanik hisoblashlar amalga oshiriladi. Uskunalarni mexanik hisoblash yo'llari tegishli adabiyotlarda berilgan, shu sababli bu usul ustida to'xtalmaymiz. Ushbu hisoblashlar odatda bir necha variant bo'yicha olib boriladi. Bu variantlarning qaysi biri maqsadga muvofiq ekanligini aniqlash uchun texnik-iqtisodiy hisoblashlar qilinadi.

Tayanch so'z va iboralar

Issiqlik almashinish uskunalari, issiqlik tashuvchi agentlar, yuzali issiqlik almashgichlar, aralashtiruvchi issiqlik almashgichlar, regenerativ issiqlik almashgichlar, isitkichlar, sovitkichlar, bug'latkichlar, kondensatorlar, qobiq-quvurli issiqlik almashgichlar, qobiq, quvurlar to'plami, quvur to'ri, qopqoq, flanes, razvalsovka, payvandlash, salnikli qistirma, patrubka, bir yo'lli yoki ko'p yo'lli qobiq-quvurli issiqlik almashgichlar, linzali issiqlik almashgichlar, harakatchan qalpoqchali issiqlik almashgichlar, U–simon quvurli issiqlik almashgich, qo'sh quvurli issiqlik almashgich, namlanuvchi issiqlik almashgich, zmeevikli issiqlik almashgich, plastinali issiqlik almashgich, spiralsimon issiqlik

almashgich, g'ilofli issiqlik almashgich, qirrali issiqlik almashgich, aralashtiruvchi issiqlik almashgichlar, kondensatorlar, barometrik kondensator, regenerativ issiqlik almashgichlar, yuzali issiqlik almashgichlarni hisoblash, issiqlik hisobi, konstruktiv hisoblash, gidravlik hisoblash.

Mustaqil ishlash uchun savollar

10.1. Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasida qanday maqsadlarni amalga oshirish uchun issiqlik almashinish uskunalari ishlatiladi?

10.2. Issiqlik tashuvchi agentlar qatoriga nimalar kiradi va ularning xossalariga qanday talablar qo'yiladi?

10.3. Ish prinsipiga va ishlatish maqsadiga ko'ra issiqlik almashinish uskunalari necha turga bo'linadi?

10.4. Yuzali issiqlik almashinish uskunalari necha xil bo'ladi va ulardan sanoatda eng ko'p tarqalganlari qatoriga qaysilarini kiritish mumkin?

10.5. Qobiq-quvurli issiqlik almashgichlarda quvurlar quvur to'rlariga necha xil usullar yordamida biriktirilgan bo'ladi?

10.6. Qobiq-quvurli issiqlik almashgichlarda nima sababdan isituvchi agent uskunaning yuqorigi qismidan, isitilayotgan muhit esa uning pastki qismidan quvurlar ichiga beriladi?

10.7. Ko'p yo'lli issiqlik almashgichlarda nima sababdan uskunaning qopqog'i bilan quvur to'rining orasiga to'siqlar o'rnatiladi?

10.8. Haroratlar farqi 50^0C dan katta bo'lganda quvurlar va qobiqning har xil uzayishining yo'qotishi uchun issiqlik almash-gichlarning konstruksiyasiga qanday o'zgartirishlar kiritiladi?

10.9. Qo'sh quvurli va namlanuvchi issiqlik almashgichlarning o'xshash tomonlari, afzalliklari va kamchiliklari nimalardan iborat?

10.10. Zmeevikli issiqlik almashgichlar qanday tuzilishga ega va ularning afzalliklari va kamchiliklari qatoriga nimalarni kiritish mumkin?

10.11. Plastinali issiqlik almashgichlar qanday materiallar asosida tayyorlanadi va ularni ish muhitining harorati qanday chegaralarda o'zgarganda ishlatsa bo'ladi?

10.12. Spiralsimon issiqlik almashgichlarning o'ziga xos tomonlari, ishlash, prinsiplari va afzalliklari to'g'risida nimalarni bilasiz?

10.13. G'ilofli issiqlik almashgichlarni qanday maqsadlarda ishlatish mumkin va nima sababdan ularning ichiga mexanik aralashtirgichlar joylashtiriladi?

10.14. Nima sababdan ba'zi bir issiqlik almashgichlar qirrali qilib tayyorlanadi va ularning o'ziga xos tomonlari, afzalliklari nimalardan iborat?

10.15. Aralashtiruvchi issiqlik almashgichlardan qanday maqsadlarni amalga oshirishda foydalaniladi va ular necha turga bo'linadi?

10.16. Regenerativ issiqlik almashgichlarning ish prinsiplarini qanday tushuntirish mumkin va ularning kamchiliklari qatoriga qanday holatlarni kiritsa bo'ladi?

10.17. Yuzali issiqlik almashgichlarning issiqlik hisobi qanday tartibda amalga oshiriladi?

10.18. Issiqlik almashgichlarni konstruktiv hisoblashda ularning qanday o'lchamlari aniqlanadi?

10.19. Qobiq-quvurli issiqlik almashgichlarni gidravlik hisoblashdan ko'zlangan asosiy maqsad nimadan iborat?

XI bob. QUVURLI PECHLAR

11.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Quvurli pech neft va neft mahsulotlarini isitishga mo'ljallangan uskuna bo'lib, pechning kamerasida yonilg'ini yoqishdan hosil bo'lgan yuqori haroratli yonish mahsulotlarining issiqligidan foydalanishga asoslangan. Quvurli pechda isitilishi lozim bo'lgan xomashyo zmeevikning quvurlari ichidan harakat qiladi, yonishdan hosil bo'lgan issiq mahsulotlar esa quvurlarning tashqari yuzalarini siypab o'tadi.

Zamonaviy quvurli pechlar odatda ikkita kamerali bo'ladi: 1) radiant kamerasi, bu yerda yonilg'i yonadi va issiqlik qizdirilgan yonish mahsulotlaridan va devorlar yuzasidan quvurlarga asosan nurlanish orqali beriladi; 2) konveksiya kamerasi, bu yerda yonishdan hosil bo'lgan issiq mahsulotlarning quvurlar bilan to'qnashuvi paytida issiqlikning quvurlarga asosan konveksiya yo'li bilan berilishi yuz beradi.

Quvurli pechlar neft va gazni qayta ishlash, neft kimyosi, koks kimyosi va sanoatning boshqa tarmoqlarida keng tarqalgan bo'lib, turli texnologik jarayonlar (neft va mazutni haydash, piroliz, katalitik kreking, riforming, gidrotozalash, moylarni tozalash va hokazo)da ishlatiladi va ko'plab qurilmalarning muhim qismi hisoblanadi.

Quvurli pechlarning tuzilishi bir qator omillarga bog'liq bo'ladi: issiqlik o'tkazishning usullari; yonish kameralarining soni va shakli; radiatsiya zonasidagi seksiyalar (yoki kameralar) ning soni; alanga va quvurlar o'qlarining o'zaro joylanishi; quvurlarning nurlanish rusumi; isitilayotgan mahsulot oqimlarining soni; konveksiya kamerasining radiant kamerasiga nisbatan joylanishi; radiant va konveksiya quvurlarining uzunligi va hokazo.

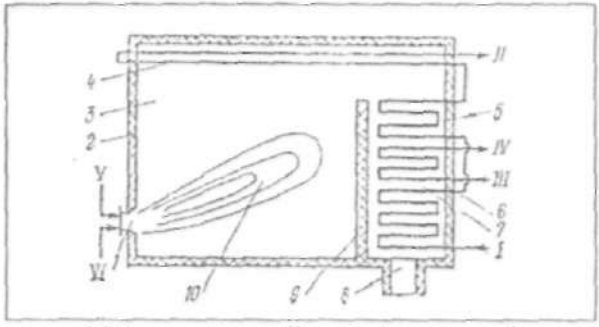
Quvurli pechlarning asosiy kattaliklari qatoriga quyidagilarni kiritish mumkin: pechning ish unumdorligi; foydali issiqlik sarfi; isitish yuzasining issiqlik bo'yicha kuchlanganlik darajasi; pechning foydali ish koeffitsiyenti.

Sanoatda radiant quvurlarining isitish yuzalari 15–2000 m^2 atrofida bo'lgan quvurli pechlar ishlatiladi. Turli tuzilishga ega bo'lgan quvurli pechlarning issiqlik bo'yicha ish unumdorligi 0,12 dan 240 MVt gacha

o‘zgaradi, isitilayotgan muhit bo‘yicha ish unumdorligi esa $8–10^5$ kg/soat ga teng bo‘ladi. Isitilayotgan muhitning pechga kirish va undan chiqishdagi harorati texnologik jarayonlarga bog‘liq bo‘lib, 70 dan 900^0C gacha, bosimning qiymati esa 0,1 dan 30 MPa gacha o‘zgarishi mumkin. Quvurli pechlarning foydali ish koeffitsiyenti 0,65–0,85 atrofida bo‘ladi.

11.2. QUVURLI PECHNING PRINSIPIAL SXEMASI

11.1-rasmda ko‘rsatilgan quvurli pechda isitilishi lozim bo‘lgan xomashyo ketma-ket pechning konveksiya va radiant kameralaridagi quvurlardan o‘tadi. Yonish mahsulotlarining radiant kamerasidan chiqishidagi harorati ancha yuqori ($600–900^0$C) bo‘ladi. Bunday gazlarning issiqligidan xomashyoni konveksion quvurlarda birlamchi tozalash, qizdirilgan suv bug‘ini olish hamda yonilg‘ining yonishi uchun beriladigan havoni qizdirishda foydalanish mumkin.



11.1-rasm. Quvurli pechning sxemasi:
1–forsunka; 2–karkas va o‘tga chidamli g‘isht qatlami; 3–raditsiya kamerasi; 4–radiant quvurlari; 5–konveksiya quvurlari; 6–bug‘ni o‘ta qizitgich; 7–konveksiya kamerasi; 8–gaz yo‘li; 9–devor; 10–alanga. Oqimlar: I–xomashyoning kirishi; II–xomashyoning chiqishi; III–suvning kirishi; IV–suv bug‘ining chiqishi; V–yonilg‘i; VI–havo va suv bug‘i.

Quvurli pechlar bir qator afzalliklarga ega. Konstruksiyasi ixcham, issiqlik quvvati katta, yonish mahsulotining uskunada ushlab qolinishi juda kam bo‘lganligi sababli yong‘in xavfliligi ham past darajada, ishlatish qulayligi oqibatida bunday pechlar neft-gazni qayta ishlash va neft kimyosi sanoati korxonalarida keng ishlatilmoqda. Quvurli

pechlarning konstruksiyasiga ba'zi bir kichik o'zgarishlarni kiritish orqali turli texnologik jarayonlarning talablarini qoniqtirish mumkin.

11.3. QUVURLI PECHNING ISSIQLIK BALANSI

Yonilg'ining yonishi bilan bog'liq bo'lgan barcha masalalar maxsus adabiyotlar (masalan, issiqlik texnikasi)da bayon qilingan. Bu yerda faqat quvurli pechga kirayotgan va undan chiqayotgan issiqlik turlari haqida ma'lumot keltirilgan.

Quvurli pechda 1 kg yonilg'ining yonishi paytida issiqlikning kirim bandlari quyidagilardan iborat bo'ladi:

1. Yonilg'ining yonishi paytida ajralib chiqqan issiqlik (yonilg'ining issiqlik ajratib chiqarish qobiliyati), Q_r^H;

2. *Yonilg'ining aniq issiqligi, ya'ni yonilg'i issiqlik sig'imi* (S_{yo}, kJ/kg·K) ning harorat t_{yo} ga ko'paytmasi, $S_{yo}t_{yo}$;

3. O'txonaga havo bilan kiritilgan issiqlik, $\alpha L_0 C_H t_H$ (S_h va t_h – havoning issiqlik sig'imi va harorati);

4. Forsunka orqali berilayotgan bug'ning issiqligi, $W_H S_{s.b} t_{s.b}$ ($S_{s.b}$ va $t_{c.b}$ – suv bug'ining issiqlik sig'imi va harorati).

Issiqlik balansi kirim bandlarining yig'indisi:

$$Q_K = Q_r^H + S_{yo}t_{yo} + \alpha L_0 C_h t_h + W_h s_{s.b}\, t_{s.b}. \qquad (11.1)$$

Yonilg'i, havo va suv bug'i issiqliklarining qiymatlari odatda kichik bo'lganliklari sababli, ularni hisobga olmasa ham bo'ladi. Agar havo isitkichi bo'lmasa, issiqlik kirim bandlarining yig'indisi *soddalashib, quyidagi ko'rinishni egallaydi:*

$$Q_K \approx Q_r^H . \qquad (11.2)$$

Issiqlik balansining sarf bo'lish bandlari (kJ/kg):

1. Quvurli pechda issiqlikning xomashyo va suv bug'i tomonidan (bug'ni o'ta qizdirish uskunasi bo'lganda) foydali qabul qilinishi, q_f;

2. Issiqlikning pechdan chiqib ketayotgan tutunli gazlar bilan yo'qotilishi, q_{ch};

3. Issiqlikning atrof-muhitga yo'qolishi, q_y;

4. Yonilg'ining mexanik yoki kimyoviy to'la yonmasligi orqali issiqlikning yo'qolishi, $q_{t\,yo}$.

Issiqlik balansi sarf bandlarining yig'indisi:

$$Q_S = q_f + q_{ch} + q_y + q_{t\,yo}. \qquad (11.3)$$

Suyuq va gazsimon yonilg'i ishlatilganda yonilg'ining to'la yonmasligi oqibatida issiqlikning yo'qolishi juda ham kichik qiymatga ega. Shu sababdan oxirgi tenglama soddalashadi:

$$Q_S = q_f + q_{ch} + q_y . \qquad (11.4)$$

Issiqlikning kirishi va chiqishini o'zaro tenglab, quyidagi ifodaga erishiladi:

$$Q_K = Q_S \approx Q_P^H$$

yoki $Q_K = q_f + q_{ch} + q_y ;$

bu yerdan, $q_f = Q_K - (q_{ch} + q_y) .$ (11.5)

Xulosa qilib aytish mumkinki, quvurli pechdagi foydali issiqlikning miqdori unga kiritilgan issiqlik miqdoridan tutunli gazlar bilan chiqib ketayotgan issiqlik va issiqlikning atrof-muhitga yo'qolishi yig'indisining ayirmasiga teng.

11.4. PECHLARNING ASOSIY TURLARI

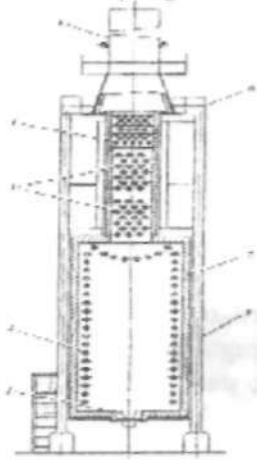
Sanoatda har xil o'lchamlarga ega bo'lgan turli rusumdagi quvurli pechlar ishlatiladi. Pechlarni tanlashda bir qator omillar hisobga olinadi: yonilg'ining turi (gazsimon yoki kombinatsiya qilingan); radiatsiya kamerasidagi quvurlarning gorizontal yoki vertikal holatda joylanishiga texnologik talablar; radiatsiya kamerasidagi quvurlarga issiqlikning yetkazish usullari; boshqariluvchi oqimlarning soni; mahsulotlarning pechda yoki radiatsiya kamerasida bo'lish vaqti va hokazo.

Neft va gazni qayta ishlash korxonalari qurilmalarida eski rusumdagi chodirsimon va alangasiz yonish pechlari keng tarqalgan. Masalan, chodirsimon pechlar ikkita radiatsiya va bitta konveksiya kameralaridan iborat bo'lib, ularning ish unumdorligi bir yilda 1,5–3,0 mln. tonnaga teng. Bunday pechlar AVT qurilmalarining tarkibiy qismini tashkil etadi.

Quvurli pechlarning yangi rusumlarini yaratish, ularning samaradorligini oshirish, standartlashtirish, katalog tayyorlash va nashr qilishda Rossiya neft mashinasozligi ilmiy tadqiqot institutining roli kattadir. *Quvurli pechlarning katalogini tuzishda quyidagi shartli* belgilar qabul qilingan: birinchi harf pechning konstruktiv jihatdan tayyorlanishini ifoda qiladi (G – tutunli gazlar uskunaning yuqorigi qismidan uzatiladigan gorizontal radiant quvurli pechlar; V – tutunli gazlar uskunaning yuqorigi qismidan uzatiladigan vertikal radiant quvurli pechlar; S – uskunaning yuqorigi qismida konveksiya kamerasi

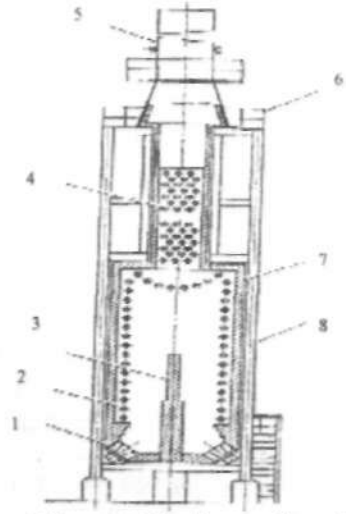
bo'lgan silindrsimon quvurli pechlar; K – halqasimon konveksiya kamerasi bo'lgan silindrsimon quvurli pechlar; S – seksiyalar bo'lgan quvurli pechlar); ikkinchi harf yonilg'ining yonish usulini bildiradi (S – erkin alanga; N – yotiq alanga; D – alanganing balandligi bo'yicha darajalangan miqdorda havo berib turiladigan yotiq alanga). Harflardan keyin qo'yilgan raqam radiant kamerasi yoki seksiyalarning sonini bildiradi. Mabodo harflardan keyin raqamlar bo'lmasa, bunday holatda quvurli pech bir kamerali yoki bir seksiyali bo'ladi.

Sanoatda keng qo'llaniladigan ayrim quvurli pechlar bilan tanishib chiqamiz. 11.2-rasmda GS rusumidagi pechning sxemasi berilgan. Ushbu pechning radiant va konveksiya kameralarida quvurlar gorizontal holatda joylashtirilgan, yonilg'i erkin vertikal yoqiladi, hosil bo'lgan tutunli gazlar pechning yuqorigi qismidan uzatiladi. Gorelkalar pechning bir tomonidan boshqariladi, shu sababdan ikkita radiatsiya kamerasini o'rnatishga imkoniyat mavjud (bunday holatda pechning rusumi GS2 bo'ladi). GS rusumidagi pechlar neftni atmosfera yoki vakuum ostida haydash qurilmalarida hamda ikkilamchi jarayonlarda ishlatiladi. Neft mahsulotlarini isitish uchun issiqlik yuzalarining issiqlik kuchlanganligi kichik bo'lishi (29 kVt/m^2) talab qilingan paytlarda (masalan, sekinlashtirilgan kokslash qurilmalarida va kreking-jarayonlarda) GS2 rusumli pechlardan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi.



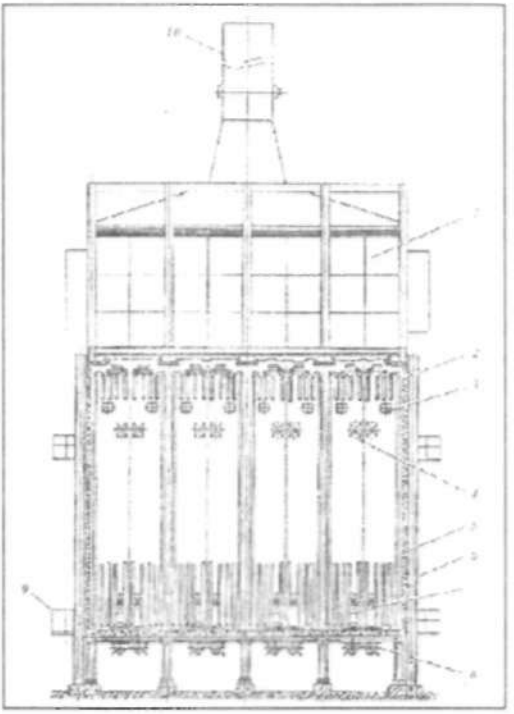
11.2-rasm. GS rusumidagi quvurli pech sxemasi:
1–gorelka; 2–radiant quvurlari zmeevigi; 3–konveksiya quvurlari zmeevegi; 4–havo qizitgich; 5–tutun chiqadigan quvur; 6–zinapoya maydonchasi; 7–futerovka (o'tga chidamli material); 8–karkas.

11.3-rasmda GN rusumli quvurli pechning sxemasi ko'rsatilgan. Ushbu pechda hosil bo'ladigan tutunli gazlar uskunaning yuqorigi qismidan chiqib ketadi, radiant kamerasining markaziy qismida vertikal devor bor, gorelkalar radiant kamerasining pastki qismiga 45^0 burchak bilan joylashtirilgan. Yonib turgan alangalar markaziy devorga qarab yo'naltiriladi. Bunday pechlar gaz yonilg'isi bilan ta'minlangan va o'rtacha ish unumdorligiga ega bo'lgan jarayonlarda ishlatish uchun mo'ljallangan.



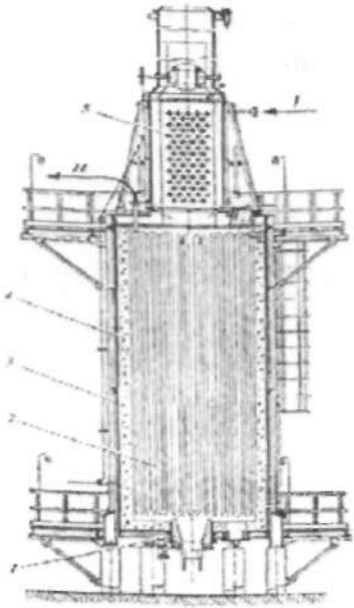
11.3-rasm. GN rusumidagi quvurli pech sxemasi:
1–gorelka; 2–radiant quvurlari zmeevigi; 3–devor; 4–konveksiya quvurlari zmeevigi; 5–tutun chiqadigan quvur; 6–zinapoya maydonchasi; 7–futerovka; 8-karkas.

VS rusumli pech tor kamerali 4 ta seksiyadan tashkil topgan, zmeevik vertikal quvurlardan iborat, yonilg'ining yonishi natijasida hosil bo'lgan tutunli gazlar uning yuqorigi qismidan uzatiladi (11.4-rasm). Har bir seksiyaning ish unumdorligi 10–17 MVt. To'rtta kameraning devorlarga radiant zmeevikning vertikal quvurlari joylashtirilgan. Gaz-mazut gorelkalari radiant kamerasi pastki qismining orqa tomoniga joylashtirilgan. Radiatsiya kamerasining ustiga to'rtburchak kesimga va gorizontal tekis quvurlarga ega bo'lgan konveksiya kamerasi o'rnatilgan. VS rusumli pechlar neft xomashyosini qayta ishlashning AT va LK-6-U qurilmalarida va ikkilamchi qayta ishlash texnologiyalarida ishlatiladi.



11.4-rasm. VS rusumidagi quvurli pech sxemasi:
1–konveksiya kamerasi; 2–radiant quvurlari zmeevigi;
3–portlash oynagi; 4,7–qarab turish uchun darchalar;
5–futerovka; 6–karkas; 8–gorelka; 9–zinapoya maydonchasi;
10–tutun chiqadigan quvur.

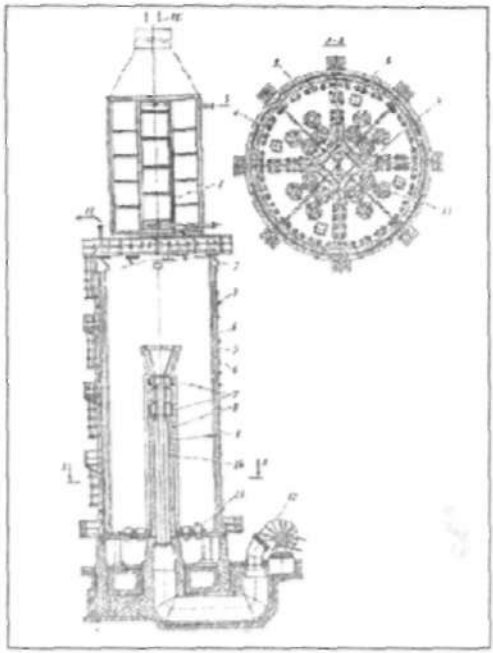
SS rusumli pechlarning radiatsiya kamerasida zmeevikning quvurlari silindrsimon devor bo'ylab joylashgan bo'ladi va pechda kombinatsiya qilingan yonilg'i erkin vertikal holatda alanga qilib yonadi. Bunday pechlar ikki xil variantda (konveksiya kamerasiz va konveksiya kamerali) tayyorlanadi. 11.5-rasmda konveksiya kamerali pechning sxemasi ko'rsatilgan. Gaz gorelkalarini qarab turish qulay bo'lishligi uchun silindrsimon radiatsiya kamerasi ustunsimon fundamentga o'rnatilgan. Radiant zmeevik vertikal quvurlardan payvandlangan kalachalar yordamida yig'ilgan. Pech markazining tubiga gaz-mazut gorelkasi o'rnatilgan.



11.5-rasm. SS rusumidagi quvurli pech sxemasi:
1–gorelka; 2–radiant quvurlari zmeevigi; 3–karkas;
4–futerovka; 5–konveksiya quvurlari zmeevigi;
Oqimlar: I–mahsulotning kirishi; II–mahsulotning chiqishi.
va chiqishi pechning yuqorigi qismida amalga oshiriladi.

Mahsulotning kirishi SD4 rusumli pechning o'q bo'ylab kesimi 11.6-rasmda keltirilgan. Ushbu pech radiatsiya – konveksiya prinsiplari bo'yicha ishlaydi. Radiatsiya kamerasining o'qi bo'ylab qirrali egilgan piramida ko'rinishidagi bo'laklovchi-tarqatuvchi o'rnatilgan. Gorelkalar pechning tubiga joylashtirilgan. Bo'laklovchi-tarqatuvchi radiatsiya kamerasini bir necha mustaqil issiqlik almashinish zonalariga (11.6-rasmda 4 ta zona) bo'ladi, natijada radiant zmeevigining uzunligi bo'ylab issiqlik kuchlanishini boshqarish imkoniyati paydo bo'ladi. Osib qo'yilgan radiant zmeevigi silindrsimon kameraning devori bo'ylab joylashgan quvurlardan iborat. Bo'laklovchi karkasining ichki bo'shlig'i bir necha havo yo'llariga ajratilgan. Bo'laklovchi devorining ichida vertikal yo'nalish bo'yicha ikkilamchi havo oqimi uchun to'g'ri burchakli kesimga ega bo'lgan kanallar mavjud. Usibu havo oqimlari har bir qirrada joylashgan gorelkalarda yonilg'ilarni yoqishga yordam beradi. Har bir havo yo'li burilish shiberlari bilan ta'minlangan.

Yonilg'ilardan alanga hosil bo'lish jarayoni ushbu shiberlar yordamida xizmat qilish maydonchalarida turib boshqariladi.



11.6-rasm. SD4 rusumidagi pech sxemasi:
1–konveksiya kamerasi; 2–chiqarish oynagi; 3–ko'rib turish oynagi; 4–radiant quvurlari zmeevigi; 5–futerovka; 6–karkas; 7–ikkilamchi havo kiritiladigan kamera; 8–bo'laklovchi-tarqatuvchining futerovkasi; 9–havo yo'li; 10–bo'laklovchi-tarqatuvchi; 11–gorelka; 12–havo puflagich. Oqimlar: I–mahsulotning kirishi; II–mahsulotning chiqishi; III–tutunli gazlar.

Sanoatda GS2, SS, KS, KD4 kabi boshqa rusumdagi quvurli pechlar ham ishlatiladi.

Konveksiya kamerasi bo'lmagan quvurli pechlarda yoki radiatsiya-konveksiya rusumidagi pechlarda, isitilayotgan mahsulotning dastlabki harorati nisbatan yuqori bo'lgan paytlarda, pechlardan chiqayotgan tutunli gazlarning harorati ham ancha yuqori bo'ladi. Bunday holatda issiqlikning ko'plab yo'qolishi, pech foydali ish koeffitsiyentining kamayishi va yonilg'i sarfining ortishi yuz beradi. Ushbu salbiy holatning oldini olish uchun pechdan chiqib ketayotgan tutunli

gazlarning issiqligidan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi. Buning uchun ikki xil yo'l tutiladi: 1) yonilg'ining yonishi uchun pechga beriladigan havo dastlab issiqlik almashgichda (havo isitgichda) tutunli gazlar yordamida isitiladi; 2) korxonaning texnologik ehtiyojlari uchun suv bug'i olish maqsadida qozon-utilizatorlar o'rnatiladi.

11.5. RADIANT YUZASINI HISOBLASH

Quvurli pechlarni hisoblashda radiant yuzasining o'lchamlarini aniqlash va yuza tomonidan yutilayotgan issiqlikning miqdorini topish, ma'lum radiant yuzasiga ega bo'lgan tipovoy pechlar uchun esa – yutilayotgan issiqlikning miqdorini, eng muhim issiqlik ko'rsatgichlari (isitish yuzasining issiqlik kuchlanganligi, pechdan chiqib ketayotgan gazlarning harorati va boshqalar) ni aniqlash muhim ahamiyatga ega. Radiant quvurlari alanga, o'tga chidamli devor yuzasi va uch atomli tutunli gazlar tomonidan nurlanayotgan issiqlikni yutadi va qisman konveksiya yo'li bilan ham issiqlikni qabul qiladi.

Yonish kamerasida yuz beradigan issiqlik almashinish jarayoni juda murakkab hisoblanadi. Shu sababdan bunday jarayonni hisoblash ham juda qiyin. Ma'lum bo'lgan barcha hisoblash yo'llarini ikkita uslub (empirik va analitik) ga ajratish mumkin. Radiatsiya kamerasidagi issiqlik o'tkazishni hisoblashda quyidagi kattaliklar aniqlanadi: 1) radiant quvurlariga berilgan issiqlikning miqdori; 2) ushbu issiqlikni yutishini ta'minlovchi radiant quvurlarining yuzasi; 3) radiatsiya kamerasidan chiqib ketayotgan tutunli gazlarning harorati; 4) radiant quvurlarining issiqlik kuchlanganligi. Ushbu kattaliklar bir-birlari bilan chambarchas bog'langan. Shu sababdan berilgan sharoitlar uchun bitta yoki ikkita kattalikning qiymatini aniqlash orqali qolgan kattaliklarning qiymatlari topiladi.

Quvurli pechlarni hisoblashda prof. N.I. Belokonning analitik uslubi keng qo'llaniladi. Ushbu uslub bilan hisoblash natijalari amaliyotda olingan ma'lumotlarga juda yaqin keladi.

Nurlanish orqali radiant quvurlariga berilgan issiqlik miqdori quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$Q_{p.t} = S_S N_S \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{\theta}{100} \right)^4 \right], \qquad (11.6)$$

bu yerda, S_S – absolyut qora jismning nurlanish doimiyligi, S_S=5,67 Bt/(m^2·K^4); N_S – ekvivalent absolyut qora yuza, m^2; T_n – o'txonadan

chiqib ketayotgan gazlarning harorati, K; θ – radiant quvurlari tashqi yuzasining o'rtacha harorati, K.

Radiant quvurlari tomonidan erkin konveksiya orqali qabul qilib olingan issiqlik miqdori quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$Q_{PK} = \alpha_K N_R (T_n - \theta) , \qquad (11.7)$$

bu yerda, α_K – tutunli gazlardan radiant quvurlariga erkin konveksiya orqali issiqlik berish koeffitsiyenti, Bm/(m²·K); N_R – yonilg'ining issiqlik hosil qilish qobiliyati, kJ/kg.

O'txonadan chiqib ketayotgan gazlarning haroratini aniqlash uchun quyidagi tenglama tavsiya etilgan:

$$T_n = \beta_S (T_{maks} - \Delta\theta) , \qquad (11.8)$$

bu yerda, β_S – nurlanish koeffitsiyenti; T_{maks}– tutunli gazlarning maksimal harorati. K; Δθ – o'txonadagi issiqlik o'tkazish jarayoni uchun tuzatish harorati, K.

Ekvivalent absolyut qora yuzaning qiymatini quyidagi tenglama bilan topish mumkin:

$$N_S = \frac{E_V}{\varphi(T)} (E_H N_L + \beta E_F F) , \qquad (11.9)$$

bu yerda, E_V – yutuvchi muhit (yonish mahsulotlari, alanga) ning qoralik darajasi; φ(T) – o'txonada haroratlarning taqsimlanishga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent, uning qiymati tajribalar natijasida qabul qilinadi, φ(T)=0,8-0,85; E_N – pech ekranining qoralik darajasi; E_F – pech devorining qoralik darajasi; N_L – ekranning ekvivalent tekis yuzasi, m²; F – o'txonada devorning ekranlashmagan yuzasi, m².

Koeffitsiyent β ning qiymati quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\beta = \frac{1}{1 + \frac{E_V}{1 + E_V} \frac{1}{E_H \rho_{LH}}} , \qquad (11.10)$$

bu yerda, ρ_{LH} – ekran va devor yuzalari o'zaro nurlanishining burchak koeffitsiyenti.

Yutuvchi muhitning qoralik darajasi E_V ning qiymati yonish mahsulotlarining tarkibidagi uch atomli gazlarning konsentratsiyasiga va havoni ortiqcha ishlatish koeffitsiyenti α ga bog'liq. Uning qiymatini aniqlash uchun quyidagi taxminiy tenglama tavsiya etilgan:

$$E_V = \frac{2}{1 + 2{,}15\alpha} . \qquad (11.11)$$

Ekran va devor yuzalari o'zaro nurlanishining burchak koeffitsiyenti tekis yuza N_L va devorning ekranlashmagan yuzasi F ning o'zaro nisbatiga bog'liq holda aniqlanadi:

agar $N_L/F<0,5$ bo'lganda $\rho_{FH} = N_L/F = \psi\,(1-\varphi)$;

agar $N_L/F>0,5$ bo'lganda $\rho_{FH} = N_L/(F+N_L) = N_L/\Sigma F = \psi$, (11.12)

bu yerda, ΣF – devorning barcha yuzalari (ekranlashgan va ekranlashmagan) yig'indisi; ψ – devorning ekranlashishi darajasi.

Quvurli pechlarni hisoblash bo'yicha to'la ma'lumotlar maxsus adabiyotlarda keltirilgan.

11.6. KONVEKSIYA YUZASINI HISOBLASH

Konveksiya quvurlarining yuzasi quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$H_K = \frac{Q_K}{K\Delta t_{o'r}}, \qquad (11.13)$$

bu yerda, Q_K – konveksiya quvurlari tomonidan qabul qilingan issiqlik miqdori; K – tutunli gazlardan xomashyoga issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti; $\Delta t_{O'R}$ – tutunli gazlar va isitilayotgan xomashyo haroratlarining o'rtacha farqi.

Konveksiya quvurlariga berilgan issiqlik miqdorini pechga kiritilgan Q_S va radiant quvurlari tomonidan yutilgan Q_R issiqliklarning ayirmasidan ham topish mumkin:

$$Q_K = Q_S - Q_R\ . \qquad (11.14)$$

Konveksiya yuzasini hisoblash paytida quyidagi kattaliklar ma'lum bo'ladi: o'txonadan chiqib ketayotgan va konveksiya kamerasiga kirayotgan tutunli gazlarning harorati (t_n); konveksiya kamerasidan chiqib ketayotgan tutunli gazlarning harorati (t_{yx}); pechga kirayotgan xomashyoning harorati (t_1).

Qarama-qarshi oqim uchun haroratlarning o'rtacha farqi quyidagi nisbat orqali aniqlanadi:

$$\Delta t_{o'r} = \frac{\Delta t_{kat} - \Delta t_{kich}}{2{,}3\lg\frac{\Delta t_{kat}}{\Delta t_{kich}}}, \qquad (11.15)$$

bu yerda, Δt_{kat} va Δt_{kich} – tutunli gazlar va isitilayotgan mahsulot haroratlarining katta va kichik o'rtacha farqlari.

Konveksiya yuzasini aniqlashda issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti K ning qiymatini topish og'ir vazifa hisoblanadi. Toza yuza uchun K ning qiymati quyidagi tenglama yordamida topiladi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}}, \qquad (11.16)$$

bu yerda, α_1 – gazdan quvur yuzasiga issiqlik berish koeffitsiyenti, Bm/(m^2·K); α_2 – quvur devoridan isitilayotgan oqimga issiqlik berish koeffitsiyenti, Bm/(m^2·K); δ – quvur devorining qalinligi, m; λ – quvur materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, Bm/(m·K).

α_1 ning qiymati α_2 ning qiymatiga nisbatan ancha kam, chunki zamonaviy quvurli pechlarda α_1<60 bo'lsa, suyuq xomashyolar uchun α_2>600 Bm/(m^2·K). Quvur devorining qalinligi kichik va quvur devorining materiali yuqori issiqlik o'tkazuvchanlikka ($\lambda \approx$45Bm/(m·K) ega bo'lganda, devorning termik qarshiligi δ/λ ning qiymati ham juda kichik bo'ladi. Bunday sharoitda $1/\alpha_2$ va δ / λ larning qiymatlarini hisobga olmasa ham bo'ladi. Ushbu holatda issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti amaliy jihatdan tutunli gazlardan quvur yuzasiga issiqlik berish koeffitsiyentiga teng bo'lib qoladi. Demak, $K \approx \alpha_1$.

Konveksiya yuzasi o'ziga issiqlikni uch xil yo'l (tutunli gazlar bilan to'g'ridan-to'g'ri to'qnashuvi; uch atomli gazlarning nurlanishi; devorning nurlanishi) bilan qabul qiladi. Shu sababdan α_2 ni uchta kattaliklar (konveksiya yo'li bilan issiqlik berish koeffitsiyenti α_K, uch atomli gazlarning nurlanish koeffitsiyenti α_R va devor yuzasining nurlanish koeffitsiyenti) ning yig'indisi deb tushunish mumkin. Devor yuzasining nurlanish koeffitsiyenti odatda ko'paytuvchi 1,1 ni qo'llash orqali ifoda qilinadi.

Shunday qilib, tutunli gazlardan quvur yuzalariga issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\alpha_2 = 1{,}1\ (\alpha_K + \alpha_R)\,. \qquad (11.17)$$

Uch atomli gazlardan nurlanish orqali issiqlik berish koeffitsiyenti α_R ushbu gazlarning konsentratsiyasi va haroratiga, quvur devorining haroratiga va gaz qatlamining balandligiga bog'liq bo'lib, uning qiymati issiqlik texnikasi fanida keltirilgan uslub bo'yicha topiladi.

Taxminiy hisoblashlar uchun α_R ning qiymatini Nelson tenglamasi bo'yicha aniqlash mumkin:

$$\alpha_R = 0{,}0256\ t_{O'P} - 2{,}33\,, \qquad (11.18)$$

bu yerda, α_R – issiqlik berish koeffitsiyenti, Bm/(m^2·K).

Tutunli gazlarning o'rtacha harorati o'rtacha lagorifmik farq sifatida topiladi:

$$t_{o'r} = \frac{t_a - t_{jx}}{2{,}3\ell g \dfrac{t_a}{t_{jx}}}\,. \qquad (11.19)$$

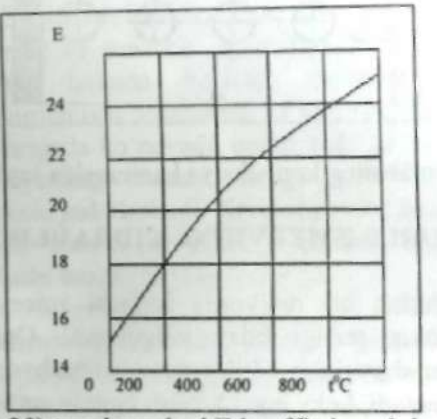
Konveksiya yo'li bilan issiqlik berish koeffitsiyenti α_K quyidagi bir necha omillarga bog'liq bo'ladi: tutunli gazlarning harakat tezligi u,

quvurlar tashqi yuzasining o'rtacha harorati t, quvurlarning tashqi diametri d, tutunli gazlar harakat yo'nalishidagi quvurlar qatorining soni r va quvurlar o'ramining kengligi va chuqurligi bo'yicha quvurlarni joylashtirish qadami S_1 va S_2. Quvurli pechlarda konveksiya quvurlari shaxmatsimon tarzda joylashtirilgan bo'ladi, chunki bunday sharoitda issiqlik berish koeffitsiyenti quvurlarni yo'laksimon usul bilan joylashtirishga nisbatan ancha yuqori qiymatga ega bo'ladi.

Konveksiya yo'li bilan issiqlik berish koeffitsiyenti α_K, Bm/(m^2·K), quyidagi tenglama yordamida aniqlanishi mumkin:

$$\alpha_K = 0{,}35\ Eu^{0,6}/d^{0,4}, \qquad (11.20)$$

bu yerda, E – tutunli gazlarning fizik xossalaridan bog'liq bo'lgan koeffitsiyenti, uning qiymati 11.7-rasmda ko'rsatilgan grafik bo'yicha topiladi; u – gazlar harakatining massaviy tezligi, kg/(m^2·c); d – quvurlar diametri, m.



11.7-rasm. (11.20) tenglamadagi E koeffitsiyentini aniqlash uchun grafik.

Tutunli gazlar oqimining konveksiya kamerasidagi massaviy tezligi:

$$u = \frac{VG}{3600\,f}, \qquad (11.21)$$

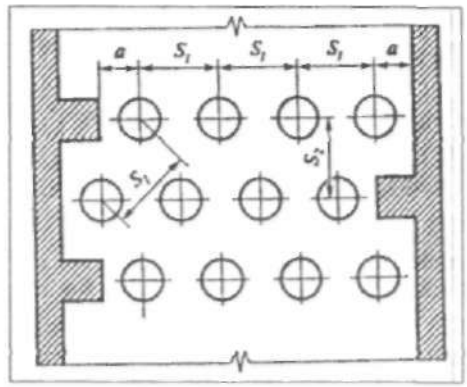
bu yerda, V – yonilg'i sarfi, kg/soat; G – 1 kg yonilg'ining yonishidan hosil bo'lgan yonish mahsulotlarining massasi, kg; f – gazlarning o'tishi uchun erkin kesim, m^2.

11.8-rasmda konveksiya kamerasida quvurlarni shaxmatsimon usul bilan joylashtirish sxemasi keltirilgan. Bunday sharoitda tutunli

gazlarnining o'tishi uchun erkin kesim quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$f = [(n - 1) S_1 + 2a - nd] L, \qquad (11.22)$$

bu yerda, n – bitta gorizontal qatordagi quvurlar soni; S_1 – o'ramaning kengligi bo'yicha quvurlar o'qlari oralig'idagi masofa; $a = S_1/2$; L – quvurning tutunli gazlar tomonidan siypab o'tiladigan balandligi.



11.8-rasm. Quvurlarning konveksiya kamerasida joylanish sxemasi.

11.7. QUVURLI ZMEEVIKNI GIDRAVLIK HISOBLASH

Quvurli pechning bir me'yorda ishlashi zmeevik quvurlaridagi xomashyo oqimining tezligi bilan belgilanadi. Oqim tezligi katta bo'lganda quvurlar devoridan isitilayotgan xomashyoga issiqlik berish koeffitsiyenti ko'payadi, koks hosil bo'lish hamda qattiq zarrachalarning cho'kishi kamayadi. Shu bilan birgalikda, xomashyo oqimi tezligining ortishi bilan zmeevikning gidravlik qarshiligi ko'payadi, oqibat natijada xomashyoni uzatish uchun yuqori quvvatli nasos ishlatishga ehtiyoj paydo bo'ladi. Odatda suyuq xomashyoning pechdagi quvurlarga kirishdagi tezligi 1–3 m/s ni tashkil etadi.

Xomashyoning quvurli pechdan chiqayotgan paytdagi holatiga ko'ra, pechlar uch turga bo'linadi: 1) xomashyo oqimi bir fazali bo'lgan pechlar; 2) xomashyo oqimi ikki fazali bo'lgan pechlar; 3) xomashyo oqimi o'zgaruvchan tarkibli bo'lgan pechlar. Quvurli pechlarni hisoblash, ularni yuqoridagi turlarning qaysi biri bilan bog'liqligi inobatga olingan holatda, olib boriladi.

Suyuq xomashyoning bir fazali oqimi qo'llanilganda, isitish paytida xomashyo zichligining kamayishi tufayli, uning pech zmeevigidagi tezligi juda kam (taxminan 10–20 %) o'zgaradi. Gaz va suyuqliklarni (ya'ni ikki fazali oqimni) isitishga mo'ljallangan pechlarda, zmeevik quvurlarining uzunligi bo'yicha bosimning kamayishi natijasida, xomashyo tezligining o'zgarishi yuz beradi, natijada pechdan chiqish paytida hajmiy sarf ko'payadi. Bunday pechlarni hisoblashda gidravlikaning ma'lum tenglamalaridan foydalaniladi.

Xomashyo qisman yoki to'la bug'lanadigan pechlarda, uning zmeevikdagi tezligi jiddiy ravishda o'zgaradi. Bunda zmeevikning gidravlik qarshiligi, bir fazali oqimdagiga nisbatan, juda tez o'zgaradi. Shu sababdan quvurli pech zmeevigining qarshiligi maxsus uslub asosida hisob-kitob qilinadi.

Pech zmeevigi shartli ravishda isitish va bug'lanish qismlariga bo'linadi. Birinchi qism doirasida, quvur uzunligiga mutanosib ravishda, xomashyo harorati t va zmeevik qarshiligi ΔR ortib boradi. Bu yerda xomashyo suyuq holatda bo'ladi. Birinchi qismning oxirida xomashyoning bug'lanishi boshlanadi va bug'-suyuqlik aralashmasining hajmi sezilarli darajada ko'payadi, uning zichligi esa kamayadi. Oqibat natijada xomashyoning harakat tezligi juda kuchayib ketadi va qarshilikning o'sishi jadallashadi. Xomashyoning harakati paytida uning harorati ko'payib boradi, bosimning qiymati kamayadi, haydalgan mahsulotning ulushi esa tez ko'payib boradi.

Xomashyo haroratining o'ziga xos darajada o'zgarishini quyidagicha tushuntirish mumkin. Birinchi qism doirasida xomashyo bug'lanmasdan qiziydi, shu sababdan, uning harorati bir xil me'yorda ortib boradi. Pechning quvurlarida xomashyoning bug'lanishi boshlangandan so'ng, berilgan issiqlikning bir qismi xomashyo haroratini oshirishga sarf bo'lgandan tashqari, uning bug'lanishi uchun ham sarflanadi. Bunday holatda xomashyoning pechdan chiqishdagi harorati quvurning bug'lanish qismidagi o'rtacha haroratdan ham past bo'lishi mumkin. Zmeevikning o'rta kesimlarida haroratning haddan tashqari ortib ketishi xomashyoning qisman parchalanib, quvurlar devorlarida koksning to'planib qolishiga sababchi bo'ladi.

Xomashyo qisman va to'la bug'langan sharoitlarda zmeevikning gidravlik qarshiligini aniqlash uchun B.D. Baklanov tomonidan quyidagi tenglama taklif etilgan:

$$P_s = \sqrt{P_0^2 + A(P_0 + B)L_s} \ , \qquad (11.23)$$

bu yerda, P_b, P_0 – bug'lanish qismining boshi va oxiridagi absolyut bosim, Pa; L_b – bug'lanish qismining uzunligi, m; A va B – koeffitsiyentlar, ularning qiymatlari quyidagi tenglamalar orqali topiladi:

$$A = \frac{0{,}814\lambda G_s}{\rho_s \cdot d^5}; \qquad B = 9{,}81\frac{e_2\rho_s}{\rho_a},$$

bu yerda, λ – gidravlik qarshilik koeffitsiyenti, λ = 0,018-0,024; G_s – bitta oqim uchun suyuq xomashyo sarfi, kg/s; ρ_s – ikkinchi qismning o'rtacha harorati bo'yicha olingan suyuqlik zichligi, kg/m^3; ρ_b – bosim 9,81 Pa bo'lgandagi bug'larning o'rtacha zichligi, kg/m^3; d – zmeevik quvurlarining ichki diametri, m; e_2 – bug'lanish qismining oxirida xomashyoning haydalgan massaviy ulushi.

Bug'ning o'rtacha zichligi ρ_b quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$\frac{1}{\rho_b} = 424\left(\frac{T_b}{M_b} + \frac{T_0}{M_0}\right), \qquad (11.24)$$

bu yerda, T_b va T_0 – bug'lanish qismining boshi va oxirida bug'lanayotgan fraksiyalarning qaynash haroratlari, K; M_b va M_0 – yuqoridagi fraksiyalarning molekular massalari.

Ya.G. Sorokinning tadqiqotlaridan *ma'lum bo'ldiki, neft* va yarim mazutni qizdirish paytida $1/\rho_b \approx 3500$, mazutni qizdirishda esa $1/\rho_b \approx 2000$.

Zmeevik bug'lanish qismining uzunligini aniqlash uchun quyidagi tenglama taklif etilgan:

$$L_s = \frac{i_{t_2} - i_{t_1}}{i_{t_2} - i_{t_1}} L_{p.e}, \qquad (11.25)$$

bu yerda, $i_{t_1}, i_{t_2}, i_{t_3}$ – o'z navbatida xomashyoning pechdan chiqishda-gi, bug'lanish qismining boshlanishidagi va radiant quvurlarga kirish-dagi entalpiyalari; $L_{p.e}$ – radiant quvurlarining ekvivalent uzunligi:

$$L_{pe} = L_h + L_{qe}, \qquad (11.26)$$

bu yerda, L_h – radiant quvurlarining haqiqiy uzunligi, L_{qe} – pechdagi qo'sh quvurlarni birlashtiruvchining ekvivalent uzunligi.

Pechdagi bitta qo'sh quvurlarni birlashtiruvchining ekvivalent uzunligi quyidagi qiymatlarga teng bo'ladi: oqimning bir me'yorda burilishida 30d, oqimning tez burilishida (50÷60)d; oqimning tez burilishi va torayishi paytida 100d.

11.8. GAZ QARSHILIGI VA HAVONING TORTISHI

Pechdan yonish mahsulotlari va ortiqcha havoni uzatish uchun pechga kirish va undan chiqishda bosimlar farqini (ya'ni harakatlantiruvchi kuchni) tashkil etish kerak. Gazlarni siljitishda harakatlantiruvchi kuchni tashkil etish usuli bo'yicha havoning tortishi ikki xil (tabiiy tortish va sun'iy tortish) bo'ladi. Tabiiy tortishda atmosfera havosi va tutun quvurida harakatlanayotgan gazlar zichliklarining farqi harakatlantiruvchi kuchni tashkil etadi.

Tutun quvurida harakatlanayotgan gazlarning harorati va tutun quvuri balandligining ortishi bilan havoning tortish kuchi ortadi, biroq quvurli pechning foydali ish koeffitsiyenti kamayadi. Gaz yo'lining gidravlik qarshiligi katta va harakatlanayotgan gazlarning harorati past bo'lganda sun'iy tortish tashkil etiladi.

Gaz yo'lining gazlar oqimiga bo'lgan umumiy qarshiligi quyidagi qarshiliklarning yig'indisiga teng bo'ladi: 1) gaz yo'li devorlarining ishqalanish qarshiligi; 2) oqimning konveksiya quvurlari o'ramlari orqali harakatiga bo'lgan qarshilik; 3) oqim kesimi va shaklining o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan mahalliy gidravlik qarshiliklar; 4) boshqaruvchi moslamalar (shiber, zaslonka va boshqalar) ning qarshiliklari; 5) havo isitgichning qarshiligi; 6) harakatlanayotgan gazlarning gidrostatik bosimini yengish.

Yuqorida aytib o'tilgan barcha qarshiliklarni yig'ib, tutun quvurining balandligi $N_{t.q}$ ni quyidagi tenglama orqali aniqlash mumkin:

$$N_{t.q} = \frac{\Sigma \Delta P}{g(\rho_h - \rho_g)}, \qquad (11.27)$$

bu yerda, $\Sigma\Delta R$ – gaz yo'lining gidravlik qarshiligi; ρ_h ρ_g – atrof - muhitdagi havo va tutun quvuridagi gazlarning zichliklari; g – erkin tushish tezlanishi.

Yonish mahsulotlari haroratining ortishi bilan ularning zichligi kamayadi, bunday sharoitda kamroq balandlikka ega bo'lgan tutun quvuri kerak bo'ladi. Atrof-muhitdagi havo haroratining kamayishi ham havo tortishining yaxshilanishiga olib keladi. Neft va gazni qayta ishlash korxonalari qurilmalaridagi tutun quvurlarining balandligi 40–50 m va undan ko'proq ham bo'ladi, hosil qilinadigan siyraklanish 150–300 Pa ni tashkil etadi. Gazlarning tutun quvuridagi tezligi, gidravlik qarshiliklarini hisobga olgan holda, 4–8 m/s (tabiiy tortishda) va 8–16 m/s (sun'iy tortishda) atrofida qabul qilinadi.

Tayanch so‘z va iboralar

Quvurli pech, radiant kamerasi, konveksiya kamerasi, pechning prinsipial sxemasi, gorelka, alanga, yonish mahsulotlari, tutunli gazlar, issiqlik balansi, yonilg‘ining issiqlik ajratib chiqarish qobiliyati, yonilg‘ining issiqlik sig‘imi, pechlarning rusumlari, GS rusumli pechlar, GN *rusumli pechlar*, VS *rusumli pechlar*, SS *rusumli pechlar*, SD4 rusumli pechlar, radiant yuzani hisoblash, absolyut qora jismning nurlanishi, ekvivalent absolyut qora yuza, yutuvchi muhitning qoralik darajasi, ekranning qoralik darajasi, konveksiya yuzasini hisoblash, issiqlik o‘tkazish koeffitsiyenti, haroratlarning o‘rtacha farqi, issiqlik berish koeffitsiyenti, issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti, massaviy tezlik, gidravlik qarshiliklar, gaz qarshiligi, havoning tortishi, tabiiy tortish, sun’iy tortish, gaz quvuri balandligi.

Mustaqil ishlash uchun savollar

11.1. Quvurli pechlarning neft va gazni qayta ishlash texnologiyasi uchun ahamiyatini qanday izohlash mumkin?

11.2. Zamonaviy quvurli pechlarning tuzilishi haqida nimalarni bilasiz?

11.3. Quvurli pechning prinsipial sxemasi qanday ko‘rinishga ega?

11.4. Quvurli pechlarda issiqlikning kirim va sarflanish bandlari nimalardan iborat?

11.5. Quvurli pechlar qanday tuzilishga ega va ular qanday tamoyillar asosida sinflanadi?

11.6. Radiant va konveksiya kameralarida quvurlar gorizontal joylashgan pechning ishlash prinsipini qanday tushuntirish mumkin?

11.7. Tor kamerali, 4 ta seksiyadan tashkil topgan va vertikal zmeevikli quvurli pech qaysi rusumli pechlar qatoriga kiradi?

11.8. Quvurli pechning radiant yuzasi qaysi tenglamalar yordamida aniqlanadi?

11.9. Quvurli pechning konveksiya yuzasi qaysi tenglamalar yordamida topiladi?

11.10. Pechlarning konveksiya yuzasini hisoblashda nima sababdan issiqlik o‘tkazish koeffitsiyentini tutunli gazlardan quvur yuzasiga issiqlik berish koeffitsiyentiga teng deb olinadi?

11.11. Tutunli gazlarning o‘rtacha harorati qaysi tenglama orqali aniqlanadi?

11.12. Zmeevikning gidravlik qarshiligini aniqlashda B.D. Baklanovning tenglamasidan qanday foydalaniladi?

11.13. *Quvurli pechlarda gaz oqimiga* bo'lgan qarshiliklar nimalardan iborat?

11.14. Pechlardagi tutun chiqadigan quvurning balandligi qaysi tenglama orqali topilishi mumkin?

9.15. Neft va gazni qayta ishlash korxonalaridagi tutun quvurlarining asosiy ko'rsatgichlari haqida nimalarni bilasiz?

TO'RTINCHI QISM. MODDA ALMASHINISH JARAYONLARI

XII bob. MODDA O'TKAZISH ASOSLARI

12.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Bir fazadan ikkinchi fazaga modda o'tishi bilan bog'liq bo'lgan jarayonlar modda almashinish jarayonlari deb yuritiladi. Modda o'tish jarayoni fazalar o'rtasida muvozanat holat yuz bergunga qadar davom etadi. Bir fazaning ichida esa modda konsentratsiya yuqori bo'lgan nuqtadan konsentratsiyasi past bo'lgan nuqtaga tomon o'tadi. Sanoatda modda almashinish jarayonlari birinchi navbatda suyuq yoki gaz holatidagi gomogen aralashmalarni ajratish, ularni quyuqlashtirish, oqova suvlar va ishlab chiqarishdan chiqib ketayotgan gazlarni tozalash uchun keng ishlatiladi. Nam materiallarni quritish, qattiq jism tarkibidagi kerakli komponentni eritib olish yoki eritmalardan kristallarni ajratib olish kabi jarayonlar ham modda almashinish jarayonlari qatoriga kiradi. Fazalar suyuq, qattiq, gaz va bug' holatida bo'lishi mumkin.

Sanoatda quyidagi modda almashinish jarayonlari keng tarqalgan.

Suyuqliklarni haydash va rektifikatsiya qilish. Bunday jarayonlar suyuq gomogen aralashmalarni suyuqlik oqimi va aralashmani bug'latish paytida hosil bo'ladigan bug' bilan o'zaro ta'siri yordamida komponentlarga ajratishga asoslangan. Suyuq va bug' fazalar orasida komponentlarning o'zaro almashinish yo'li bilan suyuqlik aralashmalarini ajratish jarayoni haydash deb ataladi. Bu jarayon issiqlik ta'sirida ikki xil usul bilan olib boriladi: oddiy haydash (distillatsiya) va murakkab haydash (rektifikatsiya). Sanoatda rektifikatsiya suyuq aralashmalarni komponentlarga ajratish, o'ta toza suyuqliklarni olish va boshqa mahsulotlar uchun qo'llaniladi.

Absorbsiya. Gaz yoki bug' aralashmasi tarkibidagi bir yoki bir necha komponentning suyuq yutuvchi moddada tanlab yutilish jarayoni absorbsiya deb ataladi. Yutuvchi suyuqlik absorbent (yoki sorbent) deyiladi. Teskari jarayon. ya'ni yutilgan komponentlarning suyuq fazadan ajrab chiqilishi desorbsiya deb ataladi. Absorbsiya jarayoni texnologik gazlarni ajratish va sanoatdan chiqarib yuboriladigan gazlarni

tozalashda keng qo'llaniladi.

Adsorbsiya. Gaz, bug' yoki suyuqlik aralashmalaridan bir yoki bir necha komponentlarning g'ovaksimon qattiq moddaga tanlab yutilish jarayoni adsorbsiya deyiladi. Faol yuzaga ega bo'lgan qattiq materiallar adsorbent deb ataladi. Teskari jarayon, ya'ni desorbsiya adsorbsiyadan keyin olib boriladi va ko'pincha yutilgan komponentni adsorbentdan ajratib olish uchun (yoki adsorbentni regeneratsiya qilish uchun) qo'llaniladi. Bunday jarayon aralashma tarkibida oz miqdorda bo'lgan moddalarni ajratib olish maqsadida ishlatiladi.

Suyuqliklarni ekstraksiyalash. Biror suyuqlikda erigan moddani tanlab ta'sir qiluvchi boshqa suyuqlik yordamida ajratib olish jarayoni ekstraksiyalash deb ataladi. Bunday jarayonda bir yoki bir necha komponent bir suyuq fazadan ikkinchi suyuq fazaga o'tadi. Ekstraksiya jarayonini amalga oshirish erituvchini to'g'ri tanlashga bog'liq. Erituvchi suyuq aralashma bilan aralashib ketmasligi kerak yoki bo'lmasa qisman aralashib ketadigan bo'lishligi mumkin. Erituvchining zichligi ekstraksiyalanishi lozim bo'lgan suyuqlik zichligidan kam bo'lishi shart. Ekstraksiya usuli suyuq aralashma tarkibida nisbatan kam miqdorda erigan komponentlarni ajratib olish uchun ishlatiladi.

Quritish. Qattiq materiallar tarkibidagi namlikni asosan bug'latish yo'li bilan ajratib chiqarish quritish deyiladi. Bu jarayon issiqlik va namlik tashuvchi agentlar (isitilgan havo, tutunli gaz) yordamida olib boriladi. Quritish jarayonida namlik qattiq fazadan gaz (yoki bug') fazaga o'tadi. Texnikada quritish jarayoni qayta ishlanayotgan xomashyo yoki materiallarni dastlabki suvsizlantirish hamda tayyor mahsulotlarni suvsizlantirish uchun keng ishlatiladi.

Kristallanish. Suyuq eritmalar tarkibidagi qattiq fazani kristallar holatida ajratish jarayoni kristallanish deb yuritiladi. Bu jarayon eritmalarni o'ta to'yintirish yoki o'ta sovitish natijasida sodir bo'ladi. Kristallanish paytida modda suyuq fazadan qattiq fazaga o'tadi. Kristallanish jarayonidan odatda o'ta toza moddalar olish maqsadida foydalaniladi.

Qattiq moddalarni eritish va ekstraksiyalash. Qattiq fazaning suyuqlikka (erituvchiga) o'tishi eritish jarayoni deb ataladi. Qattiq g'ovaksimon materiallar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni tanlab ta'sir qiluvchi erituvchi yordamida ajratib olish jarayoni ekstraksiyalash deyiladi. Agar erish jarayonida qattiq faza to'la suyuq fazaga o'tsa, ekstraksiyalash paytida esa qattiq faza amaliy jihatdan o'zgarmay qoladi, faqat uning tarkibidagi tegishli komponent suyuq fazaga o'tadi. Ekstraksiya jarayoni qattiq materiallar tarkibidagi muhim

yoki zaharli komponentlarni ajratib olish uchun qo'llaniladi.

Modda almashinish jarayonlari neft, turli uglevodorodlar va boshqa aralashmalarni qayta ishlashda muhim rol o'ynaydi. Masalan, rektifikatsiya yo'li bilan neftdan turli mahsulotlar (benzin, kerosin, dizel yonilg'isi, mazut, moylar) olinadi. Suyultirilgan gazlardan rektifikatsiya qilish orqali etilen, etan, propan, butan va boshqa komponentlar ajratib olinadi. Vakuum ostida haydash orqali maxsus moylar olish mumkin.

Absorbsiya va adsorbsiya jarayonlari tabiiy va yo'l-yo'lakay uchragan gazlar va neftni qayta ishlash korxonalari gazlaridan neft kimyosi sanoati uchun xomashyo hisoblangan propan-propilen, butan-butilen va benzin fraksiyalarini ajratib olish uchun ishlatiladi.

Moylar ishlab chiqarishda benzin fraksiyalaridan aromatik uglevodorodlarni ajratib olish va neft mahsulotlarini tozalashda ekstraksiya jarayoni qo'llaniladi.

Katalizator va adsorbentlarni ishlab chiqarishda quritish jarayonidan foydalaniladi. Moylarni deparafinizatsiya qilishda, oltingugurt, parafinlar va serezinlarni ishlab chiqarishda, ksilollarni ajratishda kristallanish jarayoni ishlatiladi.

Moddalarni o'tkazish murakkab jarayon bo'lib, bir yoki bir necha komponentni bir fazadan ikkinchi fazaga fazalarni ajratuvchi yuza orqali o'tishini belgilaydi. Moddalarni bir faza ichida tarqalishi moddalarning berilishi deb yuritiladi. Moddalarning berilish tezligi koeffitsiyent β orqali ifodalanadi. Moddalarni bir fazadan ikkinchi fazaga o'tkazish jarayonining tezligi esa koeffitsiyent K bilan belgilanadi.

Fazalarni ajratuvchi yuza qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas bo'ladi. Gaz-suyuqlik (absorbsiya), bug'-suyuqlik (haydash), suyuqlik-suyuqlik (ekstraksiyalash) sistemalarida boradigan modda almashinish jarayonidagi fazalarni ajratuvchi yuza qo'zg'aluvchan bo'ladi. Qattiq faza ishtiroki bilan boradigan jarayonlarda (adsorbsiya, quritish, ekstraksiyalash, kristallanish) da fazalarni ajratuvchi yuza qo'zg'almas bo'ladi.

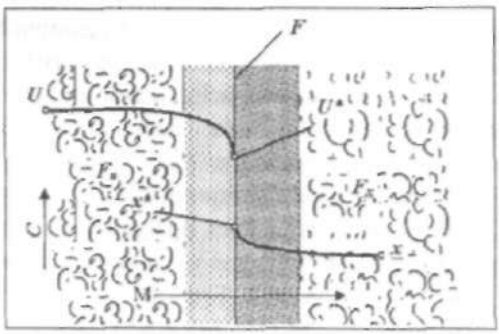
Modda almashinish jarayonlarining tezligi asosan molekular diffuziyaga bog'liq bo'lgani uchun, ko'pincha bunday jarayonlar diffuzion jarayonlar deb ham yuritiladi. Bir fazadan ikkinchi fazaga o'tayotgan moddaning miqdori fazalarni ajratuvchi yuzaga va harakatlanturuvchi kuchga (konsentratsiyalarning o'rtacha farqiga) mutanosib bo'ladi.

Fazalar tarkibi quyidagicha ifodalanishi mumkin: 1) hajmiy konsentratsiya bilan – bu miqdor berilgan moddaning (fazaning) hajm

birligiga to‘g‘ri keladigan miqdori (kg yoki mol hisobida), ya’ni kg/m^3 yoki kmol/m^3; 2) massaviy yoki mol ulushlar bilan – bu miqdor berilgan modda massasini butun faza massasiga nisbati orqali; 3) nisbiy konsentratsiyalar bilan – tarqaluvchi modda massasining modda almashinish jarayonida o‘zgarmay qoladigan tashuvchi inert komponent massasiga nisbati orqali belgilanadi.

12.2. MODDA O‘TKAZISH JARAYONI

Moddaning bir fazadan ikkinchi fazaga ajratuvchi yuza orqali o‘tish jarayoni modda o‘tkazish jarayoni deb ataladi. Modda o‘tkazish murakkab bo‘lib, fazalarni ajratuvchi yuzaning ikki tomonidan yuz berayotgan modda berish jarayonlaridan tashkil topgan bo‘ladi. 12.1-rasmda suyuqlik va gaz (bug‘) yoki ikki suyuqlik o‘rtasidagi modda o‘tkazish jarayonini tushuntiruvchi sxema ko‘rsatilgan. Fazalar bir-biriga nisbatan ma’lum tezlikda, ya’ni turbulent rejimda harakat qiladi va qo‘zg‘aluvchan ajratuvchi yuzaga ega.



12.1-rasm. Modda o‘tkazish jarayonining sxemasi.

Tarqaluvchi modda gaz fazasidan (F_U) suyuqlik fazasiga (F_X) o‘tadi. Gaz fazasida tarqaluvchi modda konsentratsiyasi muvozanat konsentratsiyasidan yuqori. Tarqaluvchi komponent F_U fazaning markazidan ajratuvchi yuzaga va ajratuvchi yuzadan F_X fazaning markaziga modda berish jarayoni orqali o‘tadi. Modda o‘tkazish jarayoniga ajratuvchi yuza ham qarshilik ko‘rsatadi.

Modda o‘tkazish jarayoni har bir fazadagi turbulent oqimining strukturasiga bog‘liq. Gidrodinamikadan ma’lumki, turbulent oqimida

qattiq yuza ustida chegara qatlam hosil bo'ladi. Har bir fazada ikkita zona bor: fazaning yadrosi (yoki fazaning asosiy massasi) va fazaning chegarasidagi yupqa chegara qatlam. Fazaning yadrosida modda asosan turbulent pulsatsiyalar yordamida tarqaladi va tarqaluvchi moddaning konsentratsiyasi (u va x) amaliy jihatdan o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi. Chegara qatlamda turbulent rejim asta-sekin so'nib boradi, natijada ajratuvchi yuzaga yaqinlashgan sari konsentratsiya o'zgarib boradi. Ajratuvchi yuzaning o'zida moddaning tarqalishi juda sekinlashadi, chunki moddaning o'tishi faqat diffuzion tezligiga bog'liq bo'lib qoladi. Fazalar o'rtasidagi ishqalanish va suyuq faza chegarasidagi sirt taranglik ta'sirida ajratuvchi yuza yaqinida konsentratsiya keskin, taxminan to'g'ri chiziq bo'yicha o'zgaradi.

Shunday qilib, turbulent oqimda fazaning markazidan fazalarni ajratuvchi chegaragacha (yoki teskari yo'nalishda) moddaning berilishi molekular va turbulent diffuziyalar yordamida amalga oshiriladi. Chegara qatlamda esa moddaning berilishi molekular diffuziyaning tezligiga bog'liq. Demak, moddaning bir fazadan ikkinchi fazaga o'tish jarayonini tezlatish uchun chegara qatlam qalinligini kamaytirish va oqimning turbulentlik darajasini (ma'lum chegaragacha) ko'paytirish lozim. Oqimning turbulentlik darajasini ko'paytirish uchun fazaning tezligini oshirish (ma'lum chegaragacha) zarur bo'lsa, chegara qatlam qalinligini kamaytirish uchun esa tashqi kuchlardan (masalan, aralashtirish, ultratovush, pulsatsiya yoki vibratsiya, elektromagnit maydoni va hokazodan) foydalanish mumkin.

Bir fazadan ikkinchi fazaga vaqt birligi ichida o'tgan moddaning massasi (M) modda o'tkazishning asosiy tenglamasi bilan ifoda qilinadi:

$$M = K_U F(u - u^*), \qquad (12.1)$$

$$M = K_X F(x - x^*), \qquad (12.2)$$

bu yerda, K_U, K_X – gaz yoki suyuqlik fazalari konsentratsiyalari orqali ifodalangan modda o'tkazish koeffitsiyenti; F – fazalarning kontakt yuzasi; u, x – gaz yoki suyuqlik fazalaridagi ish konsentratsiyalari; u* – suyuqlik fazasining markazidagi tarqalayotgan moddaning konsentratsiyasiga mos gaz fazasidagi muvozanat konsentratsiyasi; x* – gaz fazasining markazidagi tarqalayotgan moddaning konsentratsiyasiga mos suyuq fazadagi muvozanat konsentratsiyasi.

Muvozanat konsentratsiyalarini uskunalarning ishlash paytida o'lchab bo'lmaydi, ularning qiymatlari maxsus adabiyotlardan olinadi.

Bu (12.1) va (12.2) tenglamalarda jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi sifatida ish va muvozanat konsentratsiyalar (yoki

aksincha) orasidagi farqdan foydalaniladi. Konsentratsiyalarning bu farqi sistemaning muvozanat holatdan qancha uzoqligini bildiradi.

Fazalar ajratuvchi yuza bo'ylab harakat qilganda ularning konsentratsiyalari o'zgaradi, natijada jarayonning harakatlantiruvchi kuchi ham o'zgaradi. Shu sababli modda o'tkazishning asosiy tenglamasiga o'rtacha harakatlantiruvchi kuch tushunchasi ($\Delta U_{O'R}$ yoki $\Delta X_{O'R}$) kiritiladi:

$$M = K_U F \Delta U_{O'R} , \qquad (12.3)$$

$$M = K_x F \Delta X_{O'R} , \qquad (12.4)$$

Modda o'tkazish koeffitsiyentlari (K_U yoki K_X) vaqt birligi ichida fazalarning kontakt yuzasi birligidan, jarayonning harakatlantiruvchi kuchi birga teng bo'lganda, bir fazadan ikkinchi fazaga o'tgan moddaning massasini bildiradi.

Fizik ma'nosi bo'yicha modda berish β va modda o'tkazish K koeffitsiyentlari o'rtasidagi farq bor, biroq ikkala koeffitsiyent ham bir xil o'lchov birliklariga ega: m/s, kg/(m^2·s), kg/[m^2·s(mol ulushlar)], s/m.

(12.3) va (12.4) tenglamalar yordamida fazalarning kontakt yuzasi F va uning qiymati orqali uskunaning asosiy o'lchamlari aniqlanadi. M ning qiymati esa moddiy balans tenglamasidan topiladi yoki hisoblab chiqiladi. Modda o'tkazish koeffitsiyenti va o'rtacha harakatlantiruvchi kuch qiymatlari tegishli tenglamalar yordamida aniqlanadi.

Modda o'tkazish va modda berish koeffitsiyentlari o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash uchun fazalarni ajratuvchi yuzada muvozanat holat o'rnatilgan deb faraz qilinadi. Bunday holat fazalarni ajratuvchi chegaradan moddaning o'tishiga qarshilik yo'q degan ma'noni bildiradi. Natijada fazaviy qarshiliqlarning additivlik qoidasi kelib chiqadi. Bu qoidaga asosan K va β o'rtasidagi quyidagi bog'liqliklar bor:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_X} , \qquad (12.5)$$

$$\frac{1}{K_X} = \frac{1}{\beta_X} + \frac{1}{\beta_y \cdot m} , \qquad (12.6)$$

bu yerda, m – muvozanat chizig'i qiyaligi burchagining tangensi.

Bu tenglamalarning chap tomonlari moddaning bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi uchun umumiy qarshilikni, o'ng tomonlari esa fazalardagi modda berish jarayonlari qarshiliklarining yig'indisini bildiradi. Shu sababli (12.5) va (12.6) ifodalar fazaviy diffuziya qarshiliklarining additivlik tenglamalari deb yuritiladi.

Har bir faza diffuziya qarshiligining ulushi gidrodinamik sharoitga, muhitdagi diffuziya koeffitsiyentlarining qiymatiga hamda muvozanat

shartlariga bog'liq. Ayrim sharoitlarda biror fazaning diffuziya qarshiligi ikkinchisiga nisbatan ancha kam bo'lishi mumkin. Masalan, F_X fazaning qarshiligi ancha kam bo'lsa, bu holda modda berish koeffitsiyenti β_X ning qiymati ancha katta bo'ladi, o'z navbatida fazaning diffuziya qarshiligi $1/\beta_X$ juda kichik bo'ladi. (12.5) tenglamadagi m/β_X (m ning berilgan qiymati bo'yicha) nisbatning qiymati juda kichik. F_X fazadagi diffuziya qarshiligini hisobga olmasdan quyidagi ifodaga erishamiz: $K_U \approx \beta_U$. Bu sharoitda modda o'tkazish jarayonining tezligi F_U fazaning qarshiligi orqali aniqlanadi.

Aksincha, masalan, F_U fazaning qarshiligi kam bo'lsa β_U ning qiymati juda katta, $1/\beta_U \cdot m$ ning qiymati esa ancha kichik bo'ladi. Bunda (12.6) tenglamadagi modda o'tkazish koeffitsiyenti K_X modda berish koeffitsiyenti β_X ga bog'liq bo'lib qoladi. Demak, $K_X \approx \beta_X$. Bu ikkinchi *misolda modda o'tkazish jarayonining tezligi* F_X *fazaning qarshiligi* orqali topiladi.

Ko'pchilik sharoitlarda fazalarning kontakt yuzasi F ni aniqlash qiyin. Shu sababli modda berish va modda o'tkazish koeffitsiyentlarini uskunaning ish hajmi V ga nisbatan olish qulay hisoblanadi. Uskunaning ish hajmi bilan fazaning kontakt o'rtasidagi quyidagi bog'liqlik bor:

$$V = \frac{F}{a}, \qquad (12.7)$$

bu yerda, a – fazalarning solishtirma kontakt yuzasi, bu uskunaning ish hajmi birligiga nisbatan olingan yuza, m^2/m^3.

Modda o'tkazish tenglamasidagi F ning o'rniga $^a V$ ni qo'yib quyidagilarni olamiz:

$$M = K_U \cdot {}^a V (u - u^*) = K_{UV} \cdot V (u - u^*), \qquad (12.8)$$
$$M = K_X \cdot {}^a V (x - x^*) = K_{XV} \cdot V (x^* - x), \qquad (12.9)$$

bu yerda, $K_{UV} = K_U \cdot a$ va $K_{XV} = K_X \cdot a$ – modda o'tkazishning hajmiy koeffitsiyentlari.

Agar vaqt birligi ichida tarqalayotgan moddaning massasi kg/s, *jarayonning harakatlantiruvchi kuchi* esa kg/m^3 hisobida o'lchansa, u holda modda o'tkazishning hajmiy koeffitsiyentlari quyidagicha ifodalanadi:

$$\left(\frac{kg}{m^3 \cdot s \cdot \frac{kg}{m^3}} \right) = [S^{-1}].$$

β_{UV} va β_{XU} ning qiymatlari tegishli kriterial tenglamalar orqali topiladi. Oxirgi tenglamalar (12.8) – (12.9) yordamida uskunaning ish hajmi V topiladi, u orqali modda almashinish uskunasining asosiy o'lchamlarini aniqlash mumkin.

12.3. MOLEKULAR DIFFUZIYA

Faza ichida moddaning tarqalishi, umuman olganda, molekular diffuziya bilan (agar muhit qo'zg'almas bo'lsa) yoki birdaniga molekular va turbulent diffuziyalar yordamida (agar muhit harakatchan bo'lsa) yuz beradi.

Molekula, atom, ion va kolloid zarrachalarning tartibsiz issiqlik harakati ta'sirida moddaning tarqalishi molekular diffuziya deb ataladi. Qo'zg'almas muhitda, laminar oqimda va turbulent oqimning fazalarni ajratuvchi yuzasi yaqinidagi chegara qatlamda modda molekular diffuziya yordamida tarqaladi. Molekular diffuziya Fikning birinchi qonuni bilan ifodalanadi. Bu qonunga ko'ra, elementar yuza dF dan ma'lum vaqt dτ davomida tarqalgan moddaning massasi dM uning konsentratsiya gradienti $\frac{dc}{dn}$ ga to'g'ri mutanosibdir:

$$dM = - DdF\,d\tau\,\frac{dc}{dn} \qquad (12.10)$$

yoki

$$M = - DF\tau\,\frac{dc}{dn}\,. \qquad (12.11)$$

(12.11) ifodaga asosan, yuza birligidan (F=1) vaqt birligi ichida (τ=1) moddaning molekular diffuziya bilan tarqalishi moddaning solishtirma oqimi (yoki molekular diffuziyaning tezligi) deb ataladi:

$$q_m = \frac{M}{F\tau} = - D\frac{dc}{dn}. \qquad (12.12)$$

Tenglamaning o'ng tomonidagi minus ishora molekular diffuziyaning tarqaluvchi komponent konsentratsiyasining kamayishi tomonga qarab borishini ko'rsatadi. Tenglamadagi mutanosiblik koeffitsiyenti D molekular diffuziya koeffitsiyenti deb ataladi. (12.11) tenglamaga asosan diffuziya koeffitsiyentining o'lchov birligini aniqlaymiz:

$$[D] = \left[\frac{M \cdot dn}{dc \cdot F \cdot \tau}\right] = \left[\frac{kg \cdot m}{kg/m^3 \cdot m^2 \cdot s}\right] = \left[\frac{m^2}{s}\right].$$

Diffuziya koeffitsiyenti yuza birligidan vaqt birligi ichida, konsentratsiya gradienti birga teng bo'lganda, tarqalgan moddaning massasini bildiradi. Molekular diffuziya koeffitsiyenti fizik o'zgarmas kattalik bo'lib, moddaning diffuziya yo'li bilan qo'zg'almas muhitga kirish qobiliyatini belgilaydi. Diffuziya koeffitsiyentining qiymati jarayonning gidrodinamik shart-sharoitlariga bog'liq emas.

Diffuziya koeffitsiyenti tarqaluvchi modda va muhitning xossalariga, harorat va bosimga bog'liq. Odatda diffuziya koeffitsiyenti haroratning ortishi va bosimning kamayishi (gazlar uchun) bilan ko'payadi. Har bir aniq sharoit uchun D ning qiymati tajriba yo'li bilan yoki tegishli tenglamalar yordamida aniqlanadi. Ko'pchilik moddalar uchun D ning qiymati maxsus adabiyotlarda berilgan bo'ladi.

Gazlardagi diffuziya koeffitsiyenti, masalan, A gazining V gazidagi (yoki V gazining A gazidagi) diffuziya koeffitsiyenti (D, m^2/s) quyidagi tenglama bilan hisoblanishi mumkin:

$$D = \frac{4{,}3 \cdot 10^{-7} T^{3/2}}{P(V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}}, \qquad (12.13)$$

bu yerda, T – absolyut harorat, K; R – absolyut bosim, kgs/sm^2; M_A va M_V A va V gazlarning molyar massalari; V_A va V_B – A va V gazlarining molyar hajmlari.

(12.13) tenglamadan ma'lumki, agar harorat T_1 va bosim R_1 dagi diffuziya koeffitsiyentining qiymati D_1 aniq bo'lsa, u holda harorat T_2 va bosim R_2 dagi D_2 ning qiymati quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$D_2 = D_1 \frac{P_1}{P_2} \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{3/2}. \qquad (12.14)$$

20^0C haroratda suyuqlikda erigan gazning diffuziya koeffitsiyenti (D, m^2/s) taxminiy hisoblashlar uchun quyidagi tenglamadan topilishi mumkin:

$$D = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{AB\sqrt{\mu}(V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}}, \qquad (12.15)$$

bu yerda, μ – suyuqlik qovushoqligining dinamik koeffitsiyenti, MPa·s; V_A va V_B – erigan modda va erituvchining molyar hajmlari; M_A va M_B – erigan modda va erituvchining molyar massalari; A va V – erigan modda va erituvchining xossalariga bog'liq bo'lgan koeffitsiyentlar.

Ma'lum harorat t ga to'g'ri kelgan gazning suyuqlikdagi diffuziya koeffitsiyenti D_t 20^0C dagi diffuziya koeffitsiyenti D_{20} bilan quyidagi taxminiy bog'liqlikka ega:

$$D_t = D_{20}[1 + \nu(t - 20)]. \qquad (12.16)$$

Ushbu tenglamadagi harorat ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsiyent ν quyidagi empirik tenglama orqali aniqlanishi mumkin:

$$\nu = \frac{0{,}2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}}, \qquad (12.17)$$

bu yerda, μ – 20^0C dagi suyuqlik qovushoqligining dinamik koeffitsiyenti, MPa·s; ρ – suyuqlikning zichligi, kg/m^3.

Gazning boshqa biror gaz tarkibida tarqalish diffuziya koeffitsiyenti taxminan 0,1–1,0 sm^2/s; gazning suyuqlikka o'tish diffuziya koeffitsiyenti esa 10^4–10^5 marta kam bo'lib, taxminan 1 sm^2/sutkaga teng. Demak, molekular diffuziya juda sekinlik bilan boradigan (ayniqsa, suyuqliklarda) jarayondir.

12.4. KONVEKSIYA VA MODDA BERISH

Fazalarning turbulent oqimi sharoitida moddalarning harakat qilayotgan muhit zarrachalari yordamida tarqalishi konvektiv diffuziya deb ataladi. Ba'zi bir holatlarda moddalarning turbulent pulsatsiyalari ta'sirida tarqalishi turbulent diffuziya deb ham yuritiladi.

12.1-rasmda ko'rsatilgan sxemaga ko'ra, gaz faza markazi (F_U) dan moddaning fazalarni ajratuvchi yuzaga o'tishi yoki fazalarni ajratuvchi yuzadan moddaning suyuq faza markazi (F_X) ga o'tishi konvektiv diffuziya (yoki modda berish jarayoni) orqali amalga oshadi.

Konvektiv diffuziya konsentratsiya gradienti, muhitning tezligi va fizik xossalariga bog'liq. Konvektiv diffuziya ikki xil bo'ladi: tabiiy (yoki erkin) va majburiy. Konsentrasiyalar yoki haroratlar farqi ta'sirida suyuq muhitning har xil qismlarida zichliklar farqi paydo bo'ladi; bu zichliklar farqi ta'sirida moddaning tarqalishi erkin konveksiya deyiladi. Tashqi kuchlar (nasos, aralashtirgich va boshqalar) ta'sirida moddaning suyuqlik yoki gaz muhitida tarqalishi majburiy konveksiya deb ataladi.

Agar tarqaluvchi modda F_U fazadan F_X fazaga o'tadi deb olinsa, har bir fazada vaqt birligi ichida tarqalgan moddaning miqdori M modda berish jarayonining asosiy tenglamasi orqali topiladi:

$$F_U \text{ fazada } M = \beta_U F (u - u_{ch}), \qquad (12.18)$$

$$F_X \text{ fazada } M = \beta_X F (x_{ch} - x), \qquad (12.19)$$

bu yerda, $(u - u_{ch})$ – modda berishning F_U fazadagi harakatlantiruvchi kuchi; $(x_{ch} - x)$ – modda berishning F_X fazadagi harakatlantiruvchi kuchi; u va x – har bir fazaning markazidagi o'rtacha konsentratsiyalar

yoki ish konsentratsiyalari; u_{ch} va x_{ch} – tegishli fazalar chegarasidagi konsentratsiyalar; F – fazalarni ajratuvchi yuza; β_U , β_X - F_U va F_X fazalaridagi modda berish koeffitsiyentlari.

Modda berish koeffitsiyenti (β_U yoki β_X) vaqt birligi ichida, jarayonning harakatlantiruvchi kuchi birga teng bo'lganda, yuza birligidan fazalarni ajratuvchi yuzadan fazaning markaziga (yoki teskari yo'nalishda fazaning markazidan ajratuvchi yuzaga tomon) o'tgan moddaning massasini bildiradi.

Modda berish koeffitsiyenti fizik o'zgarmas kattalik emas, u fazaning fizik xossalariga (zichlik, qovushoqlik va hokazo), muhitning gidrodinamik rejimlari (laminar yoki turbulent oqim) ga, modda almashinish uskunasining konstruktiv tuzilishiga va uning o'lchamlariga bog'liq bo'lgan kinetik kattalikdir.

Shunday qilib, modda berish koeffitsiyenti β ning bir qator o'zgaruvchan omillarga bog'liqligi sababli, uning qiymatini hisoblash yoki tajriba yo'li bilan topish ancha murakkabdir.

Tarqaluvchi komponent va harakatlantiruvchi kuch uchun qabul qilingan o'lchov birliklariga ko'ra β ning o'lchov birligi turlicha bo'ladi (12.1-jadval).

Muhit yoki oqimdagi molekular, turbulent yoki konvektiv diffuziyalar konsentratsiyalarning farqi bo'lganda yuz beradi, shu sababdan diffuziyalarni ayrim paytda konsentratsiya ta'siridagi diffuziya deb ham yuritiladi. Biroq haroratlarning farqi bo'lgan sharoitda ham diffuziya ro'y berishi mumkin.

Modda berish koeffitsiyentining o'lchov birliklari

12.1-jadval

Harakatlanturuvchi kuchning ifodalanishi	Modda berish koeffitsiyentining o'lchov birligi
Hajmiy konsentratsiya farqi, kg/m^3	$\beta s \left[\frac{m}{s}\right]$
Nisbiy konsentratsiya farqi, kg/kg	$\beta_G \left[\frac{kg}{m^2 \cdot s}\right]$
Mol ulushlari farqi	$\beta_G \left[\frac{kg}{m^2 \cdot molulushlari}\right]$
Gaz yoki bug' fazasi uchun parsial bosim farqi, N/m^2	$\beta_P \left[\frac{s}{m}\right]$

Haroratlarning farqi ta'sirida moddaning tarqalishiga termodiffuziya deb ataladi. Masalan, qizdirilgan gazlar aralashmasi sovuq devor yonidan harakat qilgan paytda yengil molekulalar termodiffuziya ta'sirida devor tomon siljiydi, og'ir molekulalar esa issiqlik manbai tomon harakat qiladi.

12.5. MODDA ALMASHINISH JARAYONLARINING O'XSHASHLIGI

Modda berish koeffitsiyenti β ning qiymatini aniq hisoblash uchun harakatlanuvchi muhitdagi konvektiv diffuziyaning differensial tenglamasini gidrodinamikanining Nave-Stoks va oqimning uzluksizligi tenglamalari bilan birgalikda, tegishlicha boshlang'ich va chegara shartlari asosida, integrallash lozim. Biroq bu tenglamalar tizimi amaliy jihatdan umumiy yechimga ega emas. Shu sababli asosiy tenglamalar tizimini yechmasdan turib o'xshashlik nazariyasining uslublari yordamida modda o'tkazish jarayonini ifodalovchi o'zgaruvchanlik kattaliklari o'rtasidagi bog'liqlikni hosil qilish mumkin. Bunday bog'liqlikni ifodalovchi tenglamalar modda berishning umumiy yoki kriterial tenglamalari deb ataladi.

O'xshashlik nazariyasi uslublari yordamida bir necha diffuzion o'xshashlik mezonlari hosil qilingan. Bular jumlasiga Nusselt (Nu'), Fure (Fo'), Pekle (Pe'), Prandtl (Pr') diffuzion o'xshashlik mezonlari kiradi.

Nusselt diffuzion mezoni quyidagi ko'rinishga ega:

$$Nu' = \frac{\beta \ell}{D}, \qquad (12.20)$$

bu yerda, β – modda berish koeffitsiyenti; ℓ – uskunaning aniqlovchi o'lchami; D – molekular diffuziya koeffitsiyenti.

O'xshash tizimlarning o'xshash nuqtalarida Nu' mezoni bir xil qiymatga ega bo'ladi. Bu o'xshashlik mezoni fazalar chegarasidagi modda o'tkazish tezligini ifodalaydi.

Fure diffuzion mezoni quyidagi kattaliklar orqali belgilanadi:

$$Fo' = \frac{\tau D}{\ell^2}, \qquad (12.21)$$

bu yerda, τ – jarayonning davomiyligi.

Fure mezoni noturg'un holdagi modda berish jarayonlarini ifodalaydi. Noturg'un o'xshash tizimlarning o'xshash nuqtalarida Fure mezoni bir xil qiymatga ega.

Pekle diffuzion mezoni quyidagi ko'rinishga ega:

$$Pe' = \frac{w\ell}{D}, \qquad (12.22)$$

bu yerda, w – oqimning tezligi.

Pekle mezoni o'xshash tizimlarning o'xshash nuqtalarida konvektiv va molekular diffuziyalar orqali o'tayotgan modda massalarining nisbati darajasini ifodalaydi.

Ko'p hollarda Pe' mezoni o'rniga Prandtl diffuzion mezoni ishlatiladi:

$$\mathrm{Pr}' = \frac{Pe'}{\mathrm{Re}} = \frac{w\ell/D}{w\ell/\vartheta} = \frac{\vartheta}{D} = \frac{\mu}{\rho g}. \qquad (12.23)$$

Prandtl mezoni o'xshash oqimlarning o'xshash nuqtalarida suyuqlik (gaz) ning fizik xossalari nisbatining o'zgarmasligini ifodalaydi. Gazlar uchun Pr' ning qiymati 1 ga yaqin, suyuqliklar uchun esa $\mathrm{Pr}' \approx 10^3$.

Modda berish jarayonlarining o'xshashligini hosil qilish uchun gidrodinamik o'xshashlik shartlari ham bajarilishi kerak. O'xshash oqimlarning o'xshash nuqtalarida gidrodinamik o'xshashlik mezonlari ham bir xil qiymatlarga ega bo'lishi shart. Gidrodinamik o'xshashlik mezonlari qatoriga Reynolds (Re), Frud (Fr) va Galliley (Ga) mezonlari kiradi.

Modda almashinish jarayonlari o'xshash bo'lishi uchun geometrik o'xshashlik shartlari ham hisobga olinishi kerak. Geometrik o'xshashlik simpleksiar orqali ifoda qilinadi. Simpleksiar (masalan, G_1, G_2) tizimining geometrik o'lchamlari (ℓ_1, ℓ_2)ning biror belgilangan o'lcham (masalan, ℓ_0) ga nisbatlari bilan aniqlanadi.

Nusselt diffuzion mezoni asosiy aniqlanishi lozim bo'lgan mezon bo'lib, uning boshqa mezonlar va simpleksiar bilan bog'liqligi quyidagi umumiy ko'rinishga ega:

$$Nu' = f(Fo', Pe', \mathrm{Re}, Fr, \Gamma_1, \Gamma_2) \qquad (12.24)$$

yoki

$$Nu' = f(Fo', \mathrm{Pr}', \mathrm{Re}, Ga, \Gamma_1, \Gamma_2). \qquad (12.25)$$

Turg'un modda berish jarayoni uchun Fure mezonini tushirib qoldirsa bo'ladi, bunda yuqoridagi ifodalar quyidagi ko'rinishni oladi:

$$Nu' = f(Pe', \mathrm{Re}, Fr, \Gamma_1, \Gamma_2) \qquad (12.26)$$

yoki

$$Nu' = f(\mathrm{Pr}', \mathrm{Re}, Ga, \Gamma_1, \Gamma_2) \ . \qquad (12.27)$$

Agar modda berish jarayoniga og'irlik kuchlarining ta'siri juda kam bo'lsa, bunda (12.27) ifodadan Galiley mezoni ham chiqarib tashlanadi:

$$Nu' = f(\mathrm{Pr}', \mathrm{Re}, \Gamma_1, \Gamma_2) \ . \qquad (12.28)$$

(12.24) – (12.28) ifodalar modda berish jarayonining umumiy yoki kriterial tenglamalari deb ataladi. Bu kriterial tenglamalar daraja ko'rsatgichlari bilan ham ifodalanishi mumkin:

$$Nu' = A\left(\frac{\mu}{\rho D}\right)^m \left(\frac{w\ell\rho}{\mu}\right)^n \left(\frac{\ell_1}{\ell_0}\right)^p \left(\frac{\ell_2}{\ell_0}\right)^q . \qquad (12.29)$$

Oxirgi tenglamaga kirgan koeffitsiyent A va daraja ko'rsatgichlari m, n, p va q ning qiymatlari tajriba natijalarini qayta ishlash orqali topiladi.

Kriterial tenglamalardan topilgan Nu' mezonining qiymati orqali modda berish koeffitsiyenti β ni aniqlash mumkin:

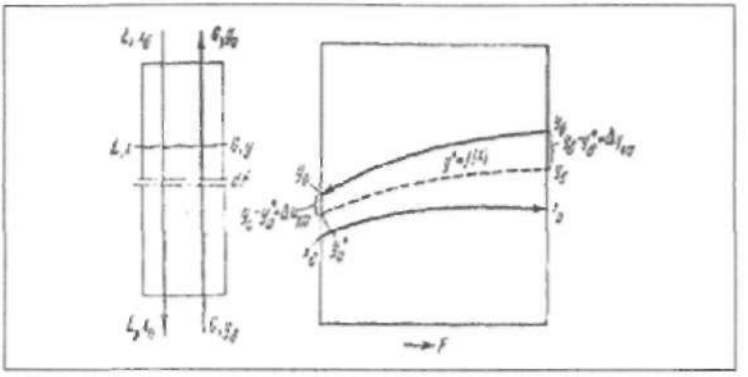
$$\beta = \frac{Nu'D}{\ell} \ .$$

Modda berish koeffitsiyentlarining qiymatlari orqali modda o'tkazish koeffitsiyenti K topiladi.

12.6. MODDA O'TKAZISHNING HARAKATLANTIRUVCHI KUCHI

Modda o'tkazish jarayoni harakatlantiruvchi kuchining qiymati fazalar harakatining o'zaro yo'nalishiga va ularning o'zaro ta'sir (yoki kontakt) qilish usuliga bog'liq. Fazalar ajratuvchi yuza bo'ylab harakat qilganda ularning konsentratsiyasi o'zgaradi, natijada harakatlantiruvchi kuchning qiymati ham o'zgaradi. Shu sababli modda o'tkazishning asosiy tenglamasiga harakatlantiruvchi kuchning o'rtacha qiymati degan kattalik ($\Delta U_{O'R}$ yoki $\Delta X_{O'R}$) kiritilgan.

Fazalar harakati qarama-qarshi bo'lgan kolonnali qurilma uchun modda o'tkazish o'rtacha harakatlantiruvchi kuchining qiymatini aniqlaymiz (12.2-rasm). Modda o'tkazish jarayonini quyidagi shartlar bo'yicha boradi, deb qabul qilamiz: 1) muvozanat egri chizig'i ma'lum $u^* = f(x)$; 2) gaz va suyuq fazalarning sarflari o'zgarmas (G = const, L = const), ya'ni ish chizig'i to'g'ri chiziqdan iborat; 3) uskunaning balandligi bo'yicha modda o'tkazish koeffitsiyentlari o'zgarmaydi (K_U = const; K_X = const).



12.2-rasm. Modda o'tkazishning harakatlantiruvchi kuchini aniqlashga doir.

Gaz fazasining konsentratsiyasi bo'yicha modda o'tkazish harakatlantiruvchi kuchining o'rtacha logarifmik qiymati quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\Delta Uo'r = \frac{(y_b - y_b^*) - (y_0 - y_0^*)}{\ln\frac{y_b - y_b^*}{y_0 - y_0^*}} = \frac{\Delta Y_{ka} - \Delta Y_{ku}}{2{,}3\lg\frac{\Delta Y_{ka}}{\Delta Y_{ku}}}, \qquad (12.30)$$

bu yerda, u_b, u_0 – gaz fazadagi boshlang'ich va oxirgi konsentratsiyalar; y_b^*, y_0^* – gaz fazaning boshlang'ich va oxirgi konsentratsiyalariga mos kelgan muvozanat konsentratsiyalar; ΔU_{ka} – uskunaning birinchi (yoki ikkinchi) chekkasidagi konsentratsiyalarning katta farqi; ΔU_{ku} – uskunaning ikkinchi (yoki birinchi) chekkasidagi konsentratsiyalarning kichik farqi.

Suyuq fazaning konsentratsiyasi bo'yicha modda o'tkazishning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta X_{o'r} = \frac{(x_b^* - x_b) - (x_0^* - x_0)}{\ln\frac{x_b^* - x_b}{x_0^* - x_0}} = \frac{\Delta X_{ka} - \Delta X_{ku}}{2{,}3\lg\frac{\Delta X_{ka}}{\Delta X_{ku}}}, \qquad (12.31)$$

bu yerda, x_b, x_0 – suyuq fazadagi boshlang'ich va oxirgi konsentratsiyalar; x_b^*, x_0^* – suyuq fazaning boshlang'ich va oxirgi konsentratsiyalariga mos kelgan muvozanat konsentratsiyalar; ΔX_{ka} – uskunaning birinchi (yoki ikkinchi) chekkasidagi konsentratsiyalarning katta farqi; ΔX_{ku} – uskunaning ikkinchi (yoki birinchi) chekkasidagi konsentratsiyalarning kichik farqi.

Agar $\frac{\Delta Y_{kv}}{\Delta Y_{kn}} \le 2$ bo'lsa, texnik hisoblashlar uchun modda o'tkazishning harakatlantiruvchi kuchi o'rtacha arifmetik qiymat orqali topiladi:

$$\Delta U_{o'r} = \frac{\Delta Y_{kv} + \Delta Y_{kn}}{2} . \qquad (12.32)$$

Xuddi shunga o'xshash,

$$\Delta X_{o'r} = \frac{\Delta X_{kv} + \Delta X_{kn}}{2} . \qquad (12.32\ a)$$

Modda almashinish jarayonlarini hisoblash ishlarida o'rtacha harakatlantiruvchi kuch bilan bir qatorda, o'tkazish birligining soni va uning balandligi tushunchalaridan ham foydalaniladi. O'tkazish birligining soni va o'rtacha harakatlantiruvchi kuch o'rtasida quyidagi ma'lum bog'liqlik bor:

$$n_{oy} = \frac{y_6 - y_0}{\Delta U_{o'r}} ; \qquad (12.33)$$

$$n_{ox} = \frac{x_0 - x_6}{\Delta x_{o'r}} . \qquad (12.34)$$

Shunday qilib, o'tkazish birligi soni modda o'tkazish jarayonining o'rtacha harakatlantiruvchi kuchiga teskari mutanosibdir. O'tkazish birligi soni harakatlantiruvchi kuch birligiga mos kelgan faza ish konsentratsiyasining o'zgarishini belgilaydi. O'tkazish birligi sonidan modda almashinish uskunalarining ish balandligini aniqlash, ayniqsa, fazalarning kontakt yuzasini topish qiyin bo'lgan paytlarda foydalaniladi.

Konsentrasiyaning o'zgarishi gaz faza bo'yicha olingan paytda o'tkazish birligining balandligi quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadi:

$$h_{oy} = \frac{G}{K_y a S} , \qquad (12.35)$$

a – fazalarning hajm birligiga to'g'ri kelgan kontakt yuzasi; S – uskunaning ko'ndalang kesim yuzasi.

Agar konsentratsiyaning o'zgarishi suyuq faza bo'yicha olinsa, o'tkazish birligining balandligi:

$$h_{ox} = \frac{L}{K_x a S} . \qquad (12.36)$$

O'tkazish birligining balandligi uzunlik birligi orqali o'lchanadi:

$$[h_{oy},\ h_{ox}] = [m] .$$

O'tkazish birligining balandligi bitta o'tkazish birligiga ekvivalent bo'lgan uskunaning balandligini ifodalaydi. O'tkazish birligining

balandligi modda o'tkazish koeffitsiyentiga teskari mutanosibdir. Demak, uskunada modda o'tkazish jarayoni qancha tez borsa, o'tkazish birligining balandligi shuncha kichik bo'ladi. O'tkazish birligining balandligi ko'pincha tajriba yo'li bilan topiladi.

12.7. QATTIQ FAZALI SISTEMALARDA MODDA O'TKAZISH JARAYONI

Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasining ayrim modda almashinish jarayonlari (adsorbsiya, quritish, kristallanish) qattiq faza-suyuqlik (gaz yoki bug') sistemalarida boradi. Bunday jarayonlarning o'ziga xos alohida xususiyatlari bor.

G'ovaksimon qattiq material va harakatlanuvchi suyuqlik (gaz yoki bug') faza o'rtasidagi modda o'tkazish jarayoni ikki bosqichdan iborat: 1) tarqaluvchi moddaning qattiq jism g'ovaklari ichidan fazalarni ajratuvchi yuza tomon (yoki teskari yo'nalishda) ichki modda berish (yoki modda o'tkazuvchanlik) ta'sirida siljishi; 2) shu o'tgan moddaning suyuqlik (gaz yoki bug') muhitida tashqi modda berish jarayoni yordamida tarqalishi. Boshqacha aytganda, qattiq fazali sistemalardagi modda o'tkazish jarayoni ichki va tashqi diffuziyalardan tashkil topgan.

Misol tariqasida tekis yuzali qattiq jismdan suyuqlik fazasiga moddaning bir o'lchamli oqim bilan o'tishini ko'rib chiqamiz (12.3-rasm). Dastlabki vaqt momenti τ_0 da qattiq jism konsentratsiyasi o'zgarmas bo'ladi (S_b=const). Moddaning jism yuzasiga yaqin qatlamlardan suyuq fazaga o'tishi sababli qattiq jismda vaqt davomida o'zgarib turuvchi konsentratsiyalar gradienti dc/dx hosil bo'ladi. Vaqtning τ_1, τ_2, ..., τ_n momentlarida qattiq fazaning markazidagi konsentratsiyalar s_1, s_2, ..., s_n bo'lsa, fazalarni ajratuvchi chegarada esa bu qiymatlar kamayadi va s_{1r}, s_{2r}, ..., s_{nr} ga teng bo'ladi. So'ngra tarqaluvchi modda chegara qatlam orqali suyuq fazaning markaziga o'tadi. Suyuqlikning chegara qatlamida konsentratsiyaning o'zgarishi to'g'ri chiziq bo'yicha boradi, chunki bu yupqa qatlamda jarayonning tezligi asosan molekular diffuziyaga bog'liq. Suyuq fazaning markazida konsentratsiya asta-sekin kamayib, muvozanat konsentratsiyasiga yaqinlasha boradi. Bu yerda moddaning tarqalish tezligi asosan konvektiv diffuziyaga bog'liq.

12.3-rasmda tarqaluvchi modda konsentratsiyasining o'zgarish epyuri (AVSDE) ko'rsatilgan. $\tau = \infty$ bo'lganda qattiq fazadagi konsentratsiya muvozanat konsentratsiyasi s^* gacha kamayadi. Qattiq

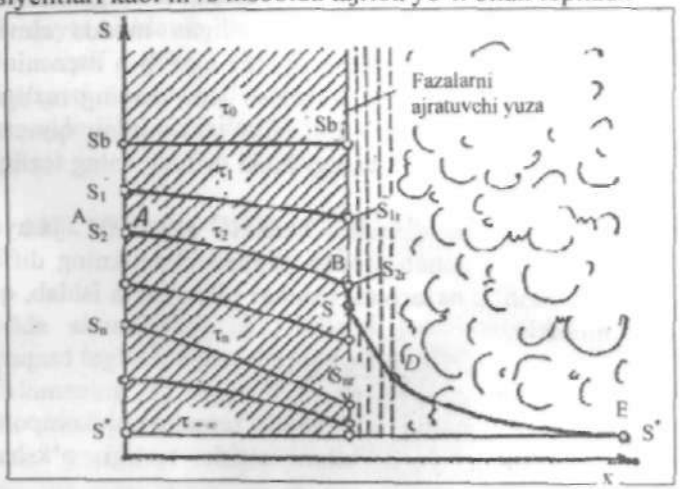
jismdagi konsentratsiya materialning o'lchami bo'yicha ham, vaqt davomida ham o'zgaradi: $s=f(x)$; $s=\varphi(\tau)$. Shu sababli qattiq faza ichida komponentning modda o'tkazuvchanlik ta'sirida tarqalishi noturg'un jarayon bo'ladi.

Qattiq fazadagi modda o'tkazuvchanlik jarayoni molekular duffuziya uchun Fikning birinchi qonuni bilan ifodalanadi:

$$M = -D_M F\tau \frac{dc}{dn}, \qquad (12.37)$$

bu yerda, D_M – modda o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti.

Modda o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti ichki diffuziya jarayoni tezligini ifoda etib, harorat o'tkazuvchanlik yoki molekular diffuziya koeffitsiyentlari kabi m^2/s hisobida tajriba yo'li bilan topiladi.



12.3-rasm. Qattiq fazali sistemalardagi modda o'tkazish jarayonining sxemasi.

Qattiq faza yuzasidan suyuqlik (gaz yoki bug') muhitiga modda berish jarayoni quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$M = \beta F\tau (s_r - s^*) = \beta F\tau \Delta s, \qquad (12.38)$$

bu yerda, β – modda berish koeffitsiyenti; F – fazalarning kontakt yuzasi; s_r – fazalar chegarasidagi konsentratsiya; s^* – muvozanat konsentratsiyasi; Δs – konsentratsiyalar ayirmasi; τ – jarayonning davomiyligi.

(12.37) va (12.38) tenglamalarning o'ng tomonlarini bir-biriga tenglashtirib, quyidagi ifodani olamiz:

$$-D_M \frac{dc}{dn} = \beta \Delta C . \qquad (12.39)$$

Olingan (10.39) tenglamaning o'ng tomonini chap tomoniga bo'lib va matematik belgilarini hisobga olmasdan, o'lchamsiz o'xshashlik mezoni hosil qilamiz:

$$\frac{\beta \ell}{D_M} = \beta l' . \qquad (12.40)$$

Bu o'xshashlik mezoni qattiq va suyuqlik (gaz yoki bug') fazalari chegarasida tarqaluvchi modda o'tish jarayonining o'xshashligini belgilaydi va Bio diffuzion mezoni deb yuritiladi.

Bio mezoni tarkibiga tashqi va ichki diffuziya tezliklarini belgilovchi koeffitsiyentlar (β va D_M) ning nisbati kiritilgan. Shu sababli bu mezon qattiq fazali sistemalarda boradigan modda almashinish jarayonlarini o'rganishda muhim ahamiyatga ega. Bio mezonining son qiymati kichik bo'lganda, modda o'tkazish jarayonining tezligi tashqi diffuziyaning tezligi bilan belgilanadi. Bio mezonining qiymati katta bo'lsa, u holda modda o'tkazish tezligi ichki diffuziyaning tezligi orqali ifodalanadi.

Qattiq fazaning markazida modda o'tkazish jarayonining o'xshashligini ifodalash uchun modda o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasini o'xshashlik nazariyasi usullari bilan qayta ishlab, quyidagi ifodani olish mumkin:

$$\frac{D_M \tau}{\ell^2} = F_0' . \qquad (12.41)$$

Fure mezoni (F_0') qattiq faza ichida tarqaluvchi komponentning modda o'tkazuvchanlik yo'li bilan o'tish tezligi o'xshashligini ifodalaydi.

Modda o'tkazuvchanlik yo'li bilan modda o'tish jarayonining o'xshashligini to'la ifodalashda geometrik o'xshashlik ham hisobga olinishi kerak. Masalan, moddaning bir o'lchamli oqimi uchun x/b simpleksi ishlatish mumkin (bu yerda x – qattiq jismdagi berilgan nuqtaning koordinatasi, b – qattiq jismning aniqlovchi geometrik o'lchami). Sharsimon qattiq jismlar uchun aniqlovchi geometrik o'lcham sifatida radius ishlatiladi, cheksiz plastinalar uchun aniqlovchi o'lcham sifatida plastina qalinligining yarmi olinadi.

Aniqlovchi kattalik sifatida konsentratsiyalarning o'lchamsiz simpleksidan foydalaniladi:

$$\frac{s - s_r}{s_b - s^*},$$

bu yerda, s – vaqtning τ momenti uchun qattiq fazaning berilgan nuqtasidagi konsentratsiya; s_b – qattiq fazadagi boshlang'ich konsentratsiya; s_r – fazalarni ajratuvchi chegaradagi konsentratsiya; s* – suyuq fazadagi muvozanat konsentratsiyasi.

Shunday qilib, qattiq fazalardagi modda o'tkazuvchanlikning (bir o'lchamli oqim uchun) umumiy tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{s - s_r}{s_b - s^*} = f(Bi', Fo', \frac{x}{\delta}) . \qquad (12.42)$$

Bu funksional bog'liqlik oddiy geometrik jismlar (cheksiz plastina, uzluksiz silindr, shar) uchun analitik yechimga ega. Boshqa shakldagi qattiq jismlar uchun (12.42) bog'liqlik asosida qattiq jism hajmi bo'yicha o'rtacha konsentratsiyalar tajriba yo'li bilan topiladi va tajriba natijalari qayta ishlanib hisoblash tenglamasi chiqariladi. (12.42) tenglama orqali qattiq zarrachalarning vaqt bo'yicha o'rtacha konsentratsiyasi topiladi. Bu qiymat asosida jarayonning kinetik va uning samaradorligi haqida tegishli ma'lumotlar olish mumkin.

12.8. MODDA O'TKAZISH JARAYONLARINI JADALLASHTIRISH

Modda almashinish jarayonlarini jadallashtirishdan ko'zlangan asosiy maqsad tegishli uskunalarning samaradorligini oshirishdan iborat. Bunda uskunaning ish hajmi birligiga nisbatan olingan kattaliklarning o'zgarishi hisobga olinadi: tayyor mahsulot ishlab chiqarishning ko'payishi; yonilg'i, bug', xomashyo va energiya sarflarining kamayishi; uskunani tayyorlash uchun sarflanadigan metallning miqdori va hokazo. Bundan tashqari, jadallashtirish samaradorligini aniqlashda nazorat-o'lchov asboblari va avtomatlashtirish uchun ketgan sarflar, uskunaning murakkabligi va uning qismlarini tayyorlash imkoniyatlari, uskunaning ishlatish va uni boshqarish uchun zarur ishchi kuchiga sarflar hisobga olinadi.

Modda almashinish uskunalarining ishini jadallashtirish uchun ularda ketadigan jarayonlarning fizik mohiyatini chuqur o'rganish kerak. Modda o'tkazishning asosiy tenglamasi $M=KF\Delta C\tau$ ga ko'ra, bir fazadan ikkinchi fazaga o'tgan moddaning miqdori M fazalarning kontakt yuzasi F ga, modda o'tkazish koeffitsiyenti K ga va harakatlantiruvchi kuch ΔC ga to'g'ri mutanosiblik ravishda bog'langan.

Shu sababli, har bir aniq sharoit uchun jarayonni jadallashtirishning eng maqbul usulini ishlatish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Modda almashinish jarayonini jadallashtirishda fazalarning kontakt yuzasini ko'paytirish katta ahamiyatga ega. Qattiq fazali sistemalar (adsorbsiya, kristallanish, quritish, ekstraksiyalash, eritish) dagi fazalarning kontakt yuzasini ko'paytirish uchun qattiq zarrachalarning o'lchami kichrayishi bilan jarayonning tezligi ko'payadi. Biroq zarrachaning o'lchamini juda ham kichraytirib yuborish yaramaydi, chunki bunda uskuna ichidagi gidravlik qarshilik ortib ketib, suyuq fazada qattiq modda zarrachalarining konsentratsiyasi ko'payadi (natijada suyuq fazani filtrlash qiyinlashadi). Har bir aniq texnologik jarayon uchun qattiq zarrachaning maqbul o'lchamlari tajriba yo'li bilan topiladi.

Suyuqlik-suyuqlik sistemali jarayonlar (masalan, suyuqliklarni ekstraksiyalash) da kontakt yuzasini ko'paytirish uchun fazalardan biri mayda zarrachalarga ajratiladi. Suyuqlik-gaz (bug') sistemalaridagi jarayonlar (absorbsiya, rektifikatsiya) ning kontakt yuzasini ko'paytirish uchun suyuqlik uskunaga sochilib beriladi, ya'ni ko'pikli va emulsiya rejimlari hosil qilinadi; bunda qo'zg'aluvchan nasadkadan foydalaniladi.

Harakatlantiruvchi kuchni ko'paytirish uchun oqimlarning harakat yo'nalishini to'g'ri tanlash kerak. Modda almashinish jarayonining tezligini [J, kg/m^2·s] quyidagi ifoda bilan topish mumkin: $J=K\Delta S$. Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, jarayonning tezligi o'rtacha harakatlantiruvchi kuchga to'g'ri mutanosiblik bilan bog'langan. Harakatlantiruvchi kuchning qiymati uskunadagi moddiy oqimlarning rejimga, ularning yo'nalishi va fazalarni aralashtirish usuliga bog'liq.

Moddiy oqimlar bir-biriga nisbatan ideal ravishda qarama-qarshi yo'nalgan bo'lsa (bunday holat ideal siqib chiqarish rejimiga mansub), uskunada borayotgan jarayon oqimining yo'nalishi (yoki uskunaning balandligi) bo'yicha konsentratsiyalarning eng katta gradientiga ega bo'ladi. Bunda modda almashinish jarayoni harakatlantiruvchi kuchning maksimal qiymati bilan davom etadi. Ammo haqiqiy uskunalarda qarama-qarshi oqimlarning harakati ideal siqib chiqarish rejimidan ma'lum darajada cheklangan bo'ladi, natijada uskunaning balandligi bo'yicha ikkala fazaning konsentratsiyalar gradienti kamayadi. Bunda modda almashinish jarayonining o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi ham kamayadi. Demak, harakatlantiruvchi kuchni maksimal qiymatgacha ko'paytirish uchun jarayonni ideal siqib chiqarish holatiga yaqin rejimda olib borish maqsadga muvofiq ekan.

Modda o'tkazish koeffitsiyenti asosan quyidagi kattaliklarga bog'liq:

$$K = f(\beta_1,\ \delta_1,\ \delta_2,\ \beta_2 \ldots), \qquad (12.43)$$

bu yerda, β_1, β_2 – fazalardagi modda berish koeffitsiyentlari; δ_1, δ_2 – har bir faza tomonidagi chegara qatlamining qalinligi.

Jarayonni jadallashtirish uchun β_1 va β_2 ning qiymatlarini ko'paytirish, δ_1 va δ_2 ning qiymatlarini esa kamaytirish zarur.

Modda berish koeffitsiyentlarini oshirish uchun jarayonni turbulent rejimda olib borish kerak. Turbulentlikni ko'paytirish uchun moddiy oqimlar tezligini oshirish va haroratlarni ko'tarish lozim. Harorat oshirilganda qovushoqlik va sirt taranglik kuchi kamayadi. Sistemaning turbulentligi oshganda uyurma oqimlar hosil bo'ladi, bu hol chegara qatlamlar qalinligining kamayishiga va fazalar kontakt yuzalarining yangilanishiga olib keladi.

Shunday qilib, oqimdagi turbulent darajasining ortishi va fazalar kontakt yuzalarining yangilanishi sababli modda o'tkazish koeffitsiyentining qiymati orta boradi. Bundan tashqari, modda o'tkazish koeffitsiyentining ortishiga qo'shimcha impulslar ham ta'sir qiladi.

Modda almashinish jarayonlarini jadallashtirish uchun quyidagi qo'shimcha impulslardan foydalanish mumkin: geterogen sistemalarda mavhum qaynash qatlamini qo'llash; elektromagnit va ultratovush maydonlari ta'siridan foydalanish; mexanik tebranishlar (pulsatsion va vibratsion tebranishlar) ni ishlatish; o'zgaruvchan harorat maydonini hosil qilish va hokazo.

12.9. MODDA ALMASHINISH USKUNALARINING ASOSIY O'LCHAMLARINI ANIQLASH

Modda almashinish uskunalarini texnologik hisoblashda ularning asosiy o'lchamlari (diametr va ish balandligi) aniqlanadi.

Uskunaning diametri. Bunday maqsad uchun sarf tenglamasidan foydalaniladi:

$$V_C = S \cdot W_0\ , \qquad (12.44)$$

bu yerda, V_C – tegishli fazaning hajmiy sarfi (masalan, absorbsiya jarayonida gazning sarfi, rektifikatsiyada esa bug'ning sarfi va hokazo); W_0 – shu fazaning mavhum yoki keltirilgan tezligi (yoki tegishli fazaning uskuna to'la kesimiga nisbatan olingan tezligi); S – uskunaning ko'ndalang kesimi yuzasi.

Dumaloq ko'ndalang kesimli uskunalarda $S=\pi D^2/4$ bo'lgani sababli:

$$V_C = \frac{\pi D^2}{4} W_o,$$

bundan

$$D = \sqrt{\frac{4V_C}{\pi w_o}}. \qquad (12.45)$$

Odatda V_C berilgan bo'ladi va uskunaning diametri D ni topish uchun tegishli faza (masalan, gaz yoki bug') ning mavhum tezligini qabul qilish kerak. Tezlikni qabul qilishda quyidagi holat hisobga olinishi kerak: oqimning tezligi ortishi bilan modda o'tkazish koeffitsiyentining qiymati ko'payadi, biroq tezlik ortishi bilan uskunaning gidravlik qarshiligi ham ortadi (natijada jarayonni olib borish uchun zarur bo'lgan energiya sarfi ortadi). Shu sababli har bir aniq sharoit uchun texnik-iqtisodiy hisoblashlar orqali gaz yoki bug'ning maqbul tezligi qabul qilinadi.

Uskunaning balandligi. Modda almashinish uskunasining balandligi fazalar kontakti uzluksiz yoki pog'onali bo'lishiga ko'ra ikki xil usulda aniqlanadi. Masalan, fazalar uzluksiz kontaktda bo'lgan uskunalarning balandligi quyidagi modda o'tkazish tenglamalari orqali topiladi:

$$M = K_u a V \Delta U_{o'r} \qquad (12.46)$$

yoki

$$M = K_x a V \Delta X_{o'r}, \qquad (12.47)$$

bu yerda, $F = aV$ – fazalarning kontakt yuzasi; a – fazalarning solishtirma kontakt yuzasi; V – uskunaning ish hajmi.

Uskunaning ish hajmi: $V = S \cdot H$ (bu yerda, N – uskunaning ish balandligi). (12.46) va (12.47) tenglamalardagi V ning o'rniga SH ni qo'yib, ularni N ga nisbatan yechsak, quyidagi ifodalarni olamiz:

$$H = \frac{M}{K_y a S \Delta Y_{o'r}} \qquad (12.48)$$

yoki

$$H = \frac{M}{K_X a S \Delta X_{o'r}}. \qquad (12.49)$$

(12.48) va (12.49) tenglamalar bo'yicha N ni hisoblash uchun alohida solishtirma kontakt yuzasi a va modda o'tkazishning yuza bo'yicha olingan koeffitsiyenti K_U yoki K_X ning qiymatlarini yoxud shu kattaliklarning solishtirma kontakt yuzasi bilan ko'paytmasidan iborat

bo'lgan modda o'tkazishning hajmiy koeffitsiyentlari ($K_U \cdot a = K_{UV}$ yoki $K_X \cdot a = K_{UX}$) ni bilish zarur. Ayniqsa, fazalarning kontakt yuzasini aniqlash qiyin bo'lganda K_V ni topish maqsadga muvofiqdir.

Uskunaning ish balandligi o'tkazish birligining balandligi va o'tkazish birligining soni ko'paytmasi bilan ham topilishi mumkin:

$$H = h_{ou} \cdot n_{ou} \qquad (12.50)$$

yoki

$$H = h_{ox} \cdot n_{ox} . \qquad (12.51)$$

Tayanch so'z va iboralar

Modda almashinish, diffuzion jarayonlar, suyuqliklarni haydash, distillyatsiya, rektifikatsiya, absorbsiya, absorbent, sorbent, desorbsiya, adsorbsiya, adsorbent, regeneratsiya, suyuqliklarni ekstraksiyalash, quritish, kristallanish, qattiq moddalarni eritish, qattiq moddalarni ekstraksiyalash, ajratuvchi yuza, tarqaluvchi moddaning konsentratsiyasi, modda o'tkazish koeffitsiyenti, fazalarning kontakt yuzasi, ish konsentratsiyalari, muvozanat konsentratsiyasi, modda o'tkazishning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi, modda berish koeffitsiyenti, fazalarning solishtirma kontakt yuzasi, molekular diffuziya, turbulent diffuziya, konsentratsiya gradienti, moddaning solishtirma oqimi, diffuziya koeffitsiyenti, modda o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, erkin konveksiya, majburiy konveksiya, konvektiv diffuziya, termodiffuziya, diffuzion o'xshashlik mezonlari, kriterial tenglamalar, Nusselt mezoni, Fure mezoni, Pekle mezoni, Bio mezoni, Prandtl mezoni, Reynolds mezoni, Frud mezoni, Galiley mezoni, geometrik o'xshashlik simplekslari, modda o'tkazish birligining soni, modda o'tkazish birligining balandligi, uskunaning ko'ndalang kesim yuzasi, uskunaning diametri, uskunaning balandligi.

Mustaqil ishlash uchun savollar

12.1. Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasida modda almashinish jarayonlarining rolini qanday izohlash mumkin?

12.2. Modda almashinish jarayonlarining sinflanishi haqida nimalarni bilasiz?

12.3. Bir fazadan ikkinchi fazaga modda o'tkazish jarayoni qaysi tenglama orqali ifoda qilinadi?

12.4. Modda o'tkazish va modda berish koeffitsiyentlari o'rtasida qanday o'xshash va alohida tomonlar bor?

12.5. Molekular diffuziya orqali tarqalgan moddaning miqdori qaysi qonun orqali aniqlanadi?

12.6. Erkin va majburiy konveksiyalar o'rtasida qanday farq mavjud?

12.7. Bir faza doirasida konveksiya yo'li bilan tarqalgan moddaning miqdori qaysi tenglama yordamida topiladi?

12.8. Diffuzion o'xshashlik mezonlari qatoriga qaysi mezonlarni kiritsa bo'ladi?

12.9. Modda o'tkazish harakatlantiruvchi kuchining o'rtacha logarifmik qiymati qaysi tenglama yordamida aniqlanishi mumkin?

12.10. Modda o'tkazish birligining soni va o'rtacha harakatlantiruvchi kuch o'rtasida qanday bog'liqlik bor?

12.11. Modda o'tkazish birligining balandligini qaysi tenglama orqali hisoblash mumkin?

12.12. Qattiq fazali sistemalarda modda o'tkazish jarayonining qanday o'ziga xos tomonlari mavjud?

12.13. Diffuzion Bio mezoni qanday ko'rinishga ega va uning fizik ma'nosi nimadan iborat?

12.14. Diffuziya va modda o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari o'rtasida qanday o'xshash va alohida tomonlar mavjud?

12.15. Modda almashinish orqali qanday natijalarga erishish mumkin?

12.16. Modda almashinish uskunalarining asosiy o'lchamlari qaysi tenglamalar yordamida aniqlanadi?

XIII bob. SUYUQLIKLARNI HAYDASH

13.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Ikki yoki bir necha komponentlardan tashkil topgan bir jinsli suyuqlik aralashmalarini ajratishda haydash (distillatsiya va rektifikatsiya) usuli keng ishlatiladi.

Agar boshlang'ich aralashma uchuvchan va uchmaydigan komponentlardan iborat bo'lsa, bunda bug'latish orqali suyuqlikni tashkil etuvchi komponentlarga ajratish mumkin. Haydash yo'li bilan esa komponentlar turli uchuvchanlikka ega bo'lgan holda ham suyuq aralashmalarni ajratish mumkin. Haydash yo'li bilan suyuqliklarni ajratish bir xil haroratlarda aralashma komponentlarining turlicha uchuvchanlikka ega bo'lishiga asoslangan. Shu sababli haydash paytida aralashma tarkibidagi hamma komponentlar o'zlarining uchuvchanlik xususiyatiga mutanosib ravishda bug' holatiga o'tadi.

Haydash jarayonidan ajralib chiqqan bug' kondensatsiyaga uchraydi, hosil bo'lgan kondensat distillyat yoki rektifikat deb ataladi. Bug'lanmay qolgan va qiyin uchuvchan komponentdan tashkil topgan suyuqlik esa qoldiq deb yuritiladi.

Bug' fazasining yengil uchuvchan komponent bilan boyish darajasi asosan haydash usuliga bog'liq. Suyuqliklarni haydashning ikkita usuli bor: 1) *oddiy haydash (distillatsiya)*; 2) *murakkab haydash* (rektifikatsiya).

Aralashma komponentlarining uchuvchanligi o'rtasidagi farq ancha katta bo'lsa, bunda oddiy haydash usulidan foydalaniladi. Oddiy haydash paytida suyuqlikning bir marta qisman bug'lanishi yuz beradi. Odatda, bu usul suyuq aralashmalarni birlamchi ajratish hamda murakkab aralashmalarni keraksiz qo'shimchalardan tozalash uchun ishlatiladi.

Suyuq aralashmani komponentlarga to'la ajratish uchun rektifikatsiya usulidan foydalaniladi. Rektifikatsiya jarayoni aralashmani bug'latishda ajralgan bug' va bug'ning kondensatsiyalanishi natijasida hosil bo'lgan suyuqlik o'rtasida ko'p marotabalik kontakt paytidagi modda almashinishga asoslangan.

Suyuq aralashmalarni rektifikatsiya yordamida ajratish kolonnali uskunalarda olib boriladi, bunda bug‘ va suyuqlik fazalari o‘rtasidagi uzluksiz va ko‘p marotabalik kontakt yuz beradi. Bunday holatda fazalar o‘rtasida modda almashinish yuz beradi. Suyuq fazadan yengil uchuvchan komponent bug‘ tarkibiga o‘tadi, bug‘ fazasidagi qiyin uchuvchan komponent esa suyuqlikka o‘tadi. Rektifikatsion kolonnaning yuqorigi qismidan chiqayotgan bug‘ asosan yengil uchuvchan komponentdan iborat bo‘lib, u kondensatsiyaga uchragandan so‘ng ikki qismga ajraladi. Kondensatning birinchi qismi distillyat yoki rektifikat (yuqorigi mahsulot) deb ataladi. Kondensatning ikkinchi qismi esa kolonnaga qaytariladi va u flegma deb yuritiladi. Uskunaga qaytarilgan suyuqlik (flegma) pastdan ko‘tarilayotgan bug‘ bilan uchrashadi. Kolonnaning pastki qismidan, asosan qiyin uchuvchan komponentdan tashkil topgan qoldiq modda uzluksiz ravishda chiqarib turiladi.

Neft va gazni qayta ishlash sanoatida rektifikatsiya usuli keng ishlatiladi. Rektifikatsiya jarayoni yordamida neftdan turli mahsulotlar (benzin, kerosin, dizel yonilg‘isi, mazut, moy fraksiyalari va boshqalar) olinadi. Suyultirilgan gazlarni rektifikatsiya qilish orqali etilen, etan, propan, butan va boshqa komponentlar ajratib olinadi.

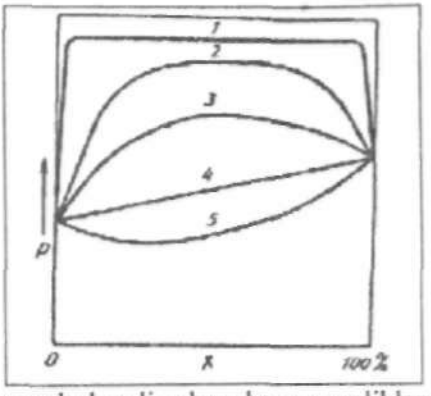
Aralashma komponentlarining qaynash haroratlari bir-biriga yaqin bo‘lsa, bunday aralashmalarni ajratish ancha qiyin hisoblanadi. Bunday hollarda haydashning maxsus usullari: ekstraktiv rektifikatsiya, azeotrop rektifikatsiya, molekular distillatsiya va past haroratli rektifikatsiya jarayonlaridan foydalaniladi.

13.2. SUYUQLIK-BUG‘ SISTEMALARINING MUVOZANATI

Amalda ko‘pincha ko‘p komponentli aralashmalarni ajratishga to‘g‘ri keladi, biroq jarayonning nazariyasini o‘rganish uchun ikki komponentli, ya’ni binar aralashmani haydash yo‘li bilan ajratishni ko‘rib chiqish maqsadga muvofiqdir. Binar aralashma yengil va qiyin uchuvchan komponentlardan tashkil topgan bo‘ladi.

Binar aralashmalarining sinflanishini D. P. Konovalov ishlab chiqqan (13.1-rasm). Bu rasmda turli binar aralashma bug‘larining umumiy bosimi va suyuq faza o‘rtasidagi bog‘liqlik ko‘rsatilgan. Vertikal o‘qda o‘zgarmas haroratda aralashma bug‘ining umumiy bosimi berilgan bo‘lsa, gorizontal o‘qda esa suyuq fazaning tarkibi (% hisobida) ko‘rsatilgan. Agar aralashma komponentlari o‘zaro bir-birida

erimasa (yoki juda oz miqdorda erisa), bu holat 1-chiziq orqali ifodalanadi. Bunda aralashma bug'larining bosimi toza komponentlar bug' bosimlarining yig'indisiga teng bo'ladi.



13.1-rasm. Binar aralashmali uchuvchan suyuqliklarning sinflanishi:
1–komponentlari o'zaro bir-birida erimaydigan suyuqliklar;
2–komponentlari bir-birida qisman eriydigan suyuqliklar;
3–komponentlari bir-birida to'la eriydigan va bug'lari bosimning o'zgarishi maksimum orqali o'tgan suyuqliklar; 4–ideal sistemalar;
5–komponentlari bir-birida to'la eriydigan va bug'lari bosimining o'zgarishi minimum orqali o'tgan suyuqliklar.

Binar aralashma komponentlari bir-birida qisman erisa, bunday aralashma bug'larining bosimi 2-chiziq bo'yicha o'zgaradi. Komponentlari o'zaro to'la va istalgan nisbatlarda bir-birida eriydigan aralashmalar bug'larining bosimi 3-chiziq bo'yicha o'zgaradi. Bunday aralashma bug'lari bosim yig'indisining o'zgarishi maksimum orqali o'tadi, bu holat maksimal haroratdagi suyuq fazaning tegishli tarkibi bilan belgilanadi.

Komponentlar bir-birida to'la erisa, aralashma bug'larining umumiy bosimi minimumga ega bo'ladi (5-chiziq). Bir komponent ikkinchi komponentda to'la erisa-yu, biroq bosim maksimum yoki minimumga ega bo'lmasa, bunday holat 4-chiziq orqali ifodalanadi. Bunday eritmalar ideal sistemalar deb yuritiladi .

Shunday qilib, $p = f(x)$ chiziqning ko'rinishi sistema komponentlari molekulalarining o'zaro ta'siri turlicha bo'lishi bilan bog'liq.

Ideal eritmalarning xossalari Raul qonuni bilan ifodalanadi. Bu qonunga ko'ra, ideal suyuq eritma komponentining porstal bosimi p_i komponentning berilgan haroratdagi to'yingan bug'lari bosimi R_i ning komponentning suyuq fazadagi molyar ulushiga ko'paytirilganiga teng, ya'ni:

$$r_i = R_i \cdot X_i , \qquad (13.1)$$

Aralashma bug'i bosimining o'zgarishi to'g'ri chiziqdan chetga chiqsa, bunday eritmalarning hosil bo'lishi ma'lum miqdordagi issiqlik effekti orqali boradi. Bu hol komponentlar molekulalari o'rtasida o'zaro ta'sir kuchi borligidan dalolat beradi.

Agar bir xil bo'lmagan molekulalar o'rtasidagi tortishish kuchi bir xil bo'lgan molekulalar o'rtasidagi tortishish kuchidan kam bo'lsa, aralashma bug'lari bosimining chizig'i ideal eritmalar chizig'ining yuqorigi tomonida joylashadi (1, 2 va 3 chiziqlar). Agar bir xil bo'lmagan molekulalarning tortishish kuchi bir xil bo'lgan molekulalarning tortishish kuchidan katta bo'lsa, u holda bosimning egri chizig'i ideal eritmalar to'g'ri chizig'ining pastidan o'tadi (5-chiziq).

Bir xil bo'lmagan molekulalarning o'zaro tortishish kuchi juda kichik bo'lsa, bunda suyuq faza ikki qatlamga bo'linadi. Har bir komponent suyuq fazadan bug' fazasiga o'z molekulalarini yuboradi. Umumiy bosim berilgan haroratdagi toza komponentlar bosimlarining yig'indisiga teng (1 va 2 chiziqlar).

Haydash jarayonini hisoblash uchun muvozanatda bo'lgan suyuq va bug' fazalaining tarkibini bilish zarur. Suyuqlik va bug' fazalaridan iborat bo'lgan ikki komponentli aralashmalarning erkinlik darajasi sonini bilish uchun fazalar qoidasidan foydalaniladi:

$$S = K - F + 2 = 2 - 2 + 2 = 2, \qquad (13.2)$$

bu yerda, S – erkinlik darajasi soni; F – fazalar soni (F=2); K – komponentlar soni (K=2).

Shunday qilib, sistemaning holatini belgilovchi uchta kattalik (harorat, bosim, konsentratsiya) dan istalgan ikkitasini tanlash mumkin. Agar misol tariqasida bosim va harorat tanlansa, u holda sistemaning tarkibi (ya'ni suyuqlik va bug' fazalaridagi komponentlarning konsentratsiyasi) ma'lum bir qiymatga ega bo'ladi.

Binar sistemalarning muvozanat holatdagi fazalar tarkibi D.P. Konovalov tomonidan o'rganilgan va ikkita qonun taklif etilgan.

Konovalovning birinchi qonuni quyidagicha ta'riflanadi: «Suyuqlikka qo'shilgan komponent suyuqlik ustidagi bosimning ortishiga yoki suyuqlik qaynash haroratining pasayishiga sababchi bo'lsa, bunday holatda bug'ning ushbu komponent bilan boyishi yuz beradi».

Bosim egri chizig'i maksimum yoki minimumga ega bo'lgan eritmalar uchun suyuq fazaning shunday tarkibi ma'lumki, bunday sharoitda ajralib chiqayotgan bug'larning tarkibi suyuq fazaning tarkibi bilan bir xil bo'lib qoladi. Bunday aralashma azeotrop yoki alohida qaynatilgan aralashma deb ataladi. Konavalovning ikkinchi qonuni azeotrop aralashma tarkibini aniqlashga imkon beradi: «Aralashmaning bug' bosimi (yoki qaynash haroratlari) ekstremumlarida (ya'ni egri chiziqlarning maksimal cho'qqilarida) suyuqlik va bug' fazalarining tarkiblari bir xil bo'lib qoladi».

Azeotrop sistemada bosimning o'zgarishi bilan sistema muvozanatining o'zgarishi yuz beradi, natijada bug' fazasining muvozanat tarkibi o'zgaradi. Bu o'zgarishning mohiyatini aniqlash uchun M.S. Vrevskiy tomonidan ikkita qonun taklif etilgan:

1. Ikki komponentli aralashmaning qaynash harorati (yoki bosimi) oshirilganda bug'larning tarkibida bug'lanishi uchun katta energiya talab qiluvchi komponentning nisbiy miqdori ortadi.

2. Bug'ining uchuvchanligi maksimumga ega bo'lgan eritmalarning harorati (yoki bosimi) oshirilganda, azeotrop aralashmalarda bug'lanishi uchun katta energiya sarfini talab qiluvchi komponentning nisbiy miqdori ortadi. Bug'ining uchuvchanligi minimumiga ega bo'lgan eritmalarning qaynash harorati oshirilganda azeotrop aralashmada bug'lanishi uchun kam energiya talab qiluvchi komponentning nisbiy miqdori ko'payadi.

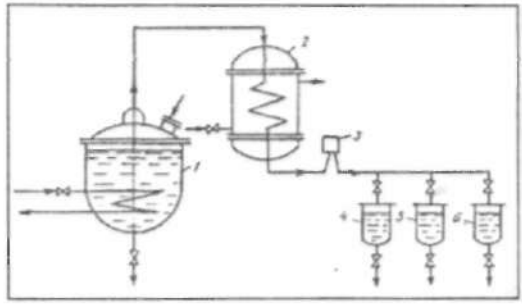
13.3. ODDIY HAYDASH

Suyuq aralashmalarni bir marta qisman bug'latish yo'li bilan ajratish jarayoni oddiy haydash deb ataladi. Oddiy haydash aralashma komponentlarining uchuvchanliklari o'rtasidagi farq ancha katta bo'lgandagina ishlatiladi. Odatda suyuq aralashmalarni birlamchi ajratish hamda murakkab aralashmalarni keraksiz qo'shimchalardan tozalash uchun oddiy haydash jarayonidan foydalaniladi.

Oddiy haydash quyidagi usullarga bo'linadi: 1) fraksiyali haydash; 2) deflegmatsiya bilan haydash; 3) suv bug'i bilan haydash.

Fraksiyali haydash. Suyuqliklarni fraksiyali haydash davriy yoki uzluksiz rejimda olib boriladi. Haydash kubidagi suyuqlik asta-sekin bug'latiladi. Hosil bo'lgan bug'lar kondensatorga yuboriladi. Agar haydash jarayoni davriy ravishda olib borilsa, u holda vaqt o'tishi bilan qoldiq suyuqlikdagi va distillyatning tarkibidagi yengil uchuvchan

komponentlarning miqdori kamaya boradi. Shu sababli har xil tarkibli distillyatning fraksiyalari ajratib olinadi. Turli tarkibga ega bo'lgan mahsulotlarni olishga mo'ljallangan suyuqliklarni ajratish usuli fraksiyali haydash deb ataladi. 13.2-rasmda fraksiyali haydash uchun davriy ishlaydigan qurilmaning sxemasi ko'rsatilgan. Dastlabki aralashmaning ma'lum miqdori haydash kubiga solinadi. Haydash kubining ichiga zmeevik joylashtirilgan bo'lib, u orqali suv bug'i o'tadi. Suyuqlik qaynash haroratigacha isitiladi. Hosil bo'lgan bug'lar kondensator - sovitkichiga yuboriladi. Distillyat fraksiyalari tegishli idishlarga tushadi. Haydash jarayoni tamom bo'lgandan so'ng, qoldiq suyuqlik haydash kubidan tushirib olinadi. So'ngra sikl qayta takrorlanib, ajratilishi lozim bo'lgan suyuqlik haydash kubiga yana beriladi.

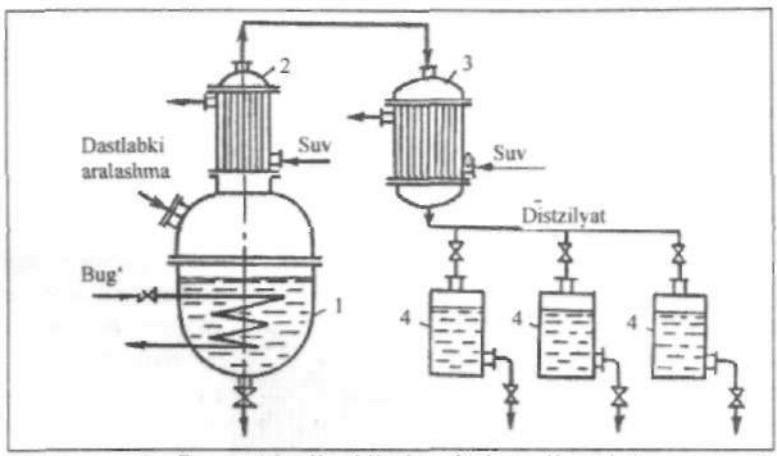


13.2-rasm. Oddiy haydash qurilmasining sxemasi:
1–haydash kubi; 2–kondensator-sovitgich; 3–kuzatish fonari;
4,5,6–distillyat yig'iladigan idishlar.

Oddiy haydash atmosfera bosimi yoki vakuum ostida olib borilishi mumkin. Vakuumni qo'llash natijasida issiqlikka chidamsiz aralashmalarni ajratish imkoniyati paydo bo'ladi. Vakuum qo'llanilganda eritmalarning qaynash harorati pasayadi, shu sababli, haydash kubini isitishda past ko'rsatkichli suv bug'laridan foydalanish mumkin.

Deflegmatsiya bilan haydash. Suyuqlik aralashmasining ajratish darajasini oshirish uchun distillyatning tarkibi deflegmatsiya yordamida boyitiladi (13.3-rasm). Haydash kubidan chiqayotgan bug'lar deflegmatorga o'tadi, u yerda bug'lar qisman kondensatsiyalanadi. Deflegmatorda asosan bug'ning tarkibidagi qiyin uchuvchan komponent kondensatsiyalanadi va hosil bo'lgan suyuqlik (flegma) haydash kubiga

qaytib tushadi. Yengil uchuvchan komponent bilan to'yingan bug'lar kondensator – sovitkichga o'tadi va u yerda to'la kondensatsiyalanadi. Haydash jarayonining tugashi kubda qolgan suyuqlikning qaynash harorati bo'yicha tekshiriladi. Odatda qoldiq suyuqlik ma'lum tarkibga ega bo'lishi kerak. Tarkibida asosan qiyin uchuvchan komponentni ushlagan qoldiq suyuqlik haydash kubining pastki qismida joylashgan shtuser orqali tegishli idishga tushiriladi.

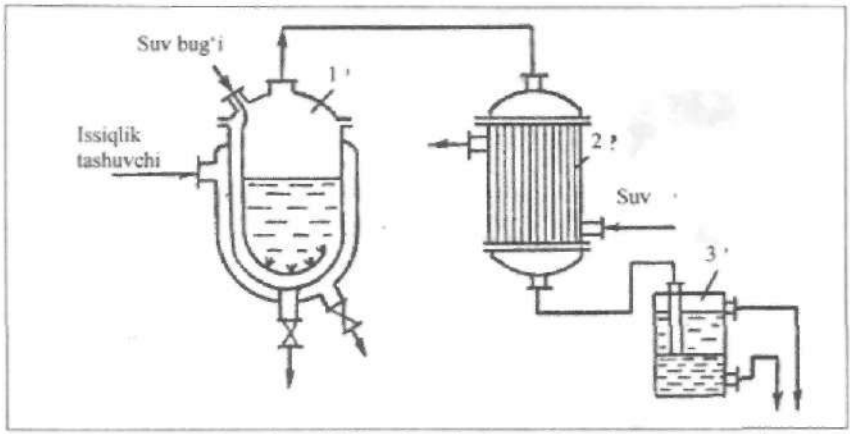


13.3-rasm. Deflegmatsiyali oddiy haydash qurilmasining sxemasi:
1–haydash kubi; 2–deflegmator; 3–kondensator-sovitgich; 4–yig'gich.

Suv bug'i bilan haydash. Aralashmaning qaynash haroratini pasaytirishga vakuum ishlatishdan tashqari uning tarkibiga qo'shimcha komponentlar (suv bug'i yoki inert gaz) kiritish yo'li bilan ham erishish mumkin. Agar aralashmaning komponentlari suvda erimasa, u holda haydash kubiga qo'shimcha komponent sifatida suv bug'i kiritiladi. Bu usuldan 100^0C dan yuqori haroratlarda qaynaydigan moddalarning aralashmalarini ajratish yoki ularni tozalash uchun foydalanish mumkin.

Suv bug'i bilan ishlaydigan haydash qurilmasi 13.4-rasmda ko'rsatilgan. Bu qurilmaning haydash kubi qobig'iga susaytirilgan bug' beriladi. Dastlabki aralashma haydash kubiga quyiladi, so'ngra barbotyor orqali suv bug'i yuboriladi. Aralashmaning bug'lanishidan hosil bo'lgan bug'lar kondensator-sovitkichga beriladi. Hosil bo'lgan kondensat ko'rsatkich fonar orqali separatorga tushadi. Separatorning pastki qismidan gidravlik zatvor orqali suv chiqarib yuboriladi, yuqorigi qismidan esa suvda erimaydigan yengil komponent chiqariladi va

maxsus idishga tushadi. Suv bug'i bilan haydash nomuvozanat holatda olib boriladi. Bu jarayonda kuchli suv bug'i ikki xil (issiqlik tashuvchi va qaynash haroratini pasaytiruvchi agent) vazifani bajaradi. Jarayonni davriy yoki uzluksiz usul bilan olib borish mumkin. Ayrim sharoitlarda suv bug'i o'rniga inert gazlar (masalan, azot, uglerod ikki oksidi va boshqalar) dan foydalaniladi. Inert gazlar qo'llanilganda aralashmaning qaynash haroratini ancha pasaytirish mumkin. Biroq haydash kubidan uchib chiqayotgan bug' tarkibida inert gazlarning bo'lishi kondensator-sovitkichda issiqlik berish koeffitsiyentining keskin pasayib ketishiga olib keladi. Natijada issiqlik almashinish yuzasi kattalashib ketadi. Bundan tashqari, bug'-gaz aralashmasining kondensatsiyalanishi tuman hosil bo'lishiga olib keladi. Bunday holda esa aralashmaning ajratilishi qiyinlashadi va tayyor mahsulotning bir qismi inert gaz bilan uchib ketadi.

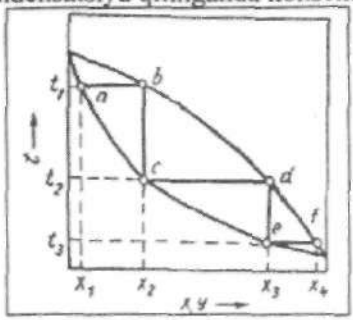


13.4-rasm. Suv bug'i bilan haydash qurilmasining sxemasi:
1–bug' g'ilofli haydash kubi; 2–kondensator-sovitgich;
3–separator.

13.4. BINAR ARALASHMALARNI REKTIFIKATSIYA QILISH

Rektifikatsiya prinsipi. Bir jinsli suyuq aralashmalarni komponentlarga to'la ajratish faqat rektifikatsiya usuli bilan amalga oshirilishi mumkin. Rektifikatsiya jarayonining mohiyatini t–x–u diagrammasi orqali tushuntirish mumkin (13.5-rasm). Konsentrasiyasi x_1

bo'lgan dastlabki aralashma qaynash harorati t_1 gacha isitilganda, suyuqlik bilan muvozanatda bo'lgan bug'ning holati aniqlanadi (b nuqta). Bu bug' kondensatsiya qilinganda konsentratsiyasi x_2 ga teng



13.5-rasm. Binar aralashmalarni rektifikatsiya usuli bilan ajratishning diagrammada tasvirlanishi.

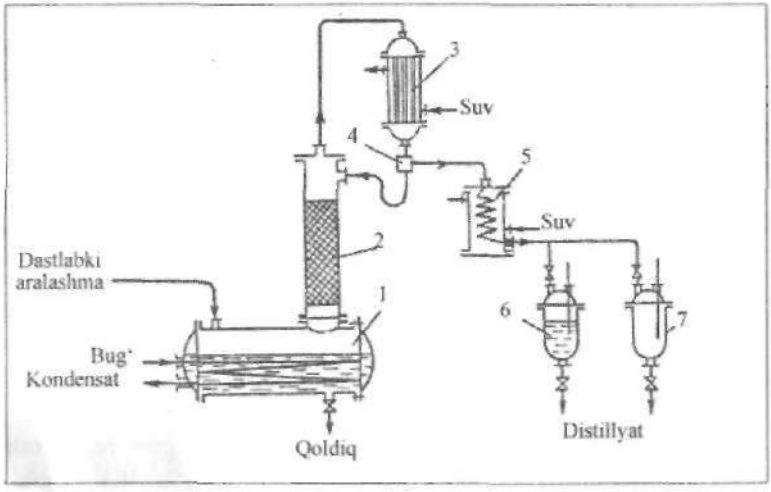
bo'lgan suyuqlik hosil bo'ladi ($x_2>x_1$). Demak, suyuqlik yengil uchuvchan komponent bilan birmuncha to'yingan bo'ladi. Bu suyuqlik *ham qaynash harorati* t_2 *gacha isitilganda bug' hosil bo'ladi (d nuqta),* bug' kondensatsiyalanganda x_3 tarkibli suyuqlik olinadi ($x_3>x_2$). Shu yo'sinda birin-ketin bir necha marta suyuqlikni bug'latish va bug'ni kondensatsiyalash jarayonlarini o'tkazish orqali tayyor mahsulot-distillyat olish mumkin. Distillyat asosan yengil uchuvchan *komponentdan tashkil topgan bo'ladi.*

Diagrammadagi yuqorigi egri chiziq bug' fazasining tarkibini belgilaydi, pastki egri chiziq esa qaynash haroratlarini ifodalaydi. Bu diagramma yordamida birin-ketin bir necha marta kondensatsiyalash va bug'latish jarayonlarini o'tkazish orqali tarkibi asosan qiyin uchuvchan *komponentdan tashkil topgan qoldiq suyuqlik olish mumkin.* Ko'p marta bug'latish jarayonini ko'p pog'onali qurilmalarda olib borish mumkin. Biroq bunday qurilmalar qator kamchiliklarga ega: o'lchami katta, yuqori konsentratsiyali moddalar (distillyat yoki qoldiq) ning chiqishi kam, atrof-muhitga ko'p miqdorda issiqlik yo'qoladi.

Suyuq aralashmalarni birmuncha ixcham bo'lgan rektifikatsion kolonnalarda to'la holda komponentlarga ajratish ancha tejamlidir. Rektifikatsiya jarayoni davriy va uzluksiz ravishda, bosimning turli qiymatlarida (atmosfera bosimi ostida, vakuumda, atmosferada bosimdan yuqori bosimda) olib boriladi. Yuqori haroratlarda *qaynaydigan moddalarning aralashmalarini ajratishda* vakuum ishlatish

maqsadga muvofiqdir. Normal haroratlarda gaz holatida bo'lgan aralashmalar ajratilganda atmosfera bosimdan yuqori bo'lgan bosim ostida ishlaydigan qurilmalardan foydalaniladi.

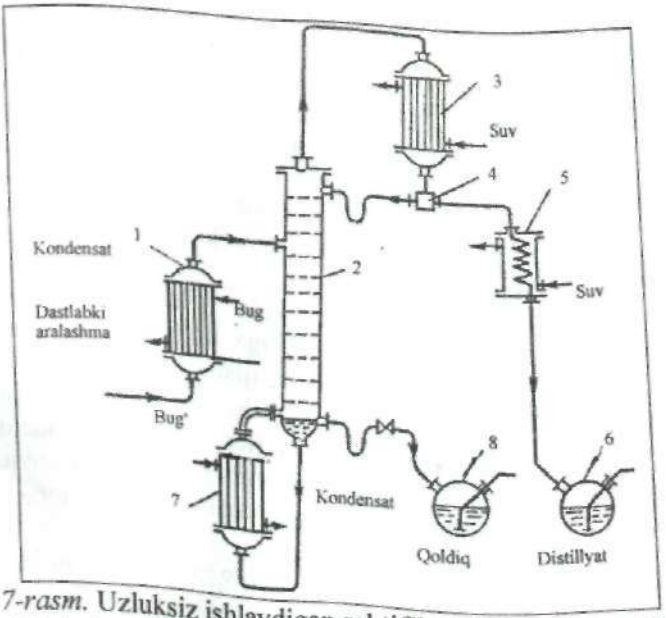
Davriy ishlaydigan rektifikatsion qurilmalar. Kichik ishlab chiqarishlarda davriy ishlaydigan rektifikatsion qurilmalar qo'llaniladi. Dastlabki aralashma haydash kubiga beriladi (13.6-rasm). Kub ichiga isituvchi zmeevik joylashtirilgan bo'lib, aralashma qaynash haroratigacha isitiladi. Hosil bo'lgan bug'lar rektifikatsion kolonnaning oxirgi tarelkasining pastki qismiga o'tadi. Bug' kolonna bo'ylab ko'tarilgan sari yengil uchuvchan komponent bilan to'yinib boradi. Deflegmatordan kolonnaga qaytgan bir qism distillyat flegma deb yuritiladi. Flegma (suyuq faza) kolonnaning eng yuqorigi tarelkasiga beriladi va pastga qarab harakat qiladi. Suyuq faza pastga harakat qilishda o'z tarkibidagi yengil uchuvchan komponentni bug' fazasiga beradi. Bug' va suyuq fazalarning bir necha bor o'zaro kontakti natijasida bug' fazasi yuqoriga harakat qilgani sari yengil uchuvchan komponent bilan to'yinib borsa, suyuqlik esa pastga tomon harakat qilgan sari tarkibida qiyin uchuvchan komponentning miqdori oshib boradi.



13.6-rasm. Davriy ishlaydigan rektifikatsion qurilma sxemasi:
1–haydash kubi; 2–rektifikatsion kolonna; 3–deflegmator; 4–ajratgich; 5–sovitgich; 6,7–yig'gichlar.

Kolonnaning yuqorigi qismidan bug'lar deflegmatorga o'tadi va u yerda to'la yoki qisman kondensatsiyaga uchraydi. Bug'lar to'la kondensatsiyalanganda hosil bo'lgan suyuqlik ajratkich yordamida ikki qism (distillyat va flegma) ga ajratiladi. Oxirgi mahsulot (distillyat) sovitkichda sovitilgandan so'ng yig'ish idishiga yuboriladi. Kubda qolgan qoldiq suyuqlik kerakli tarkibga erishgandagina jarayon to'xtatiladi, qoldiq tushiriladi va sikl qaytadan boshlanadi. Qoldiqning tegishli tarkibiga ega bo'lishini uning qaynash haroratiga qarab aniqlanadi.

Uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion qurilmalar. Bunday qurilmalar sanoatda keng ishlatiladi. Uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion qurilmaning prinsipial sxemasi 13.7-rasmda ko'rsatilgan. Qurilmaning asosiy qismi rektifikatsion kolonnadir. Kolonna silindrsimon shaklda bo'lib, uning ichiga tarelkalar yoki nasadkalar joylashtirilgan bo'ladi.



13.7-rasm. Uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion qurilma sxemasi: 1–isitkich; 2–rektifikatsion kolonna; 3–deflegmator; 4–ajratgich; 5–sovitkich; 6–distillyat uchun yig'gich; 7–qaynatgich; 8–qoldiq mahsulot uchun yig'gich.

Dastlabki aralashma odatda isitkichda qaynash haroratigacha isitiladi, so'ngra kolonnaning ta'minlovchi tarelkasiga beriladi.

Ta'minlovchi tarelka kolonnani ikki qismga (yuqorigi va pastki kolonnaga) bo'ladi. Yuqorigi kolonnada bug'ning tarkibi yengil uchuvchan komponent bilan to'yinib boradi, natijada tarkibi toza yengil uchuvchan komponentga yaqin bo'lgan bug'lar deflegmatorga beriladi. Pastki kolonnadagi suyuqlik tarkibidan maksimal miqdorda yengil uchuvchan komponentni ajratib olish kerak, bunda qaynatgichga kirayotgan suyuqlikning tarkibi asosan toza holdagi qiyin uchuvchan komponentga yaqin bo'lishi kerak.

Shunday qilib, kolonnaning yuqorigi qismi bug' tarkibini oshiruvchi qism yoki yuqorigi kolonna deb ataladi. Kolonnaning pastki qismi esa suyuqlikdan yengil uchuvchan komponentni maksimal darajada ajratuvchi qism yoki pastki kolonna deb ataladi.

Kolonnaning pastidan yuqoriga qarab bug'lar harakat qiladi, bu bug'lar kolonnaning pastki qismiga qaynatgich orqali o'tadi. Qaynatgich odatda kolonnaning tashqarisida yoki uning pastki qismida joylashgan bo'ladi. Bu issiqlik almashgich yordamida bug'ning yuqoriga yo'nalgan oqimi hosil qilinadi. Kolonnaning tepasidan pastga qarab suyuqlik harakat qiladi. Bug'lar deflegmatorda kondensatsiyaga uchraydi. Deflegmator sovuq suv bilan sovitiladi. Hosil bo'lgan suyuqlik ajratkichda ikki qismga ajratiladi. Birinchi qism – flegma kolonnaning yuqorigi tarelkasiga beriladi. Shunday qilib, kolonnada suyuq fazaning pastga yo'nalgan oqimi yuzaga keladi. Ikkinchi qism – distillyat sovitilgandan so'ng yig'gichga yuboriladi.

Deflegmatorda bug'lar to'la yoki qisman kondensatsiyaga uchraydi. Birinchi holda kondensat ikkiga bo'linadi. Birinchi qism – flegma kolonnaga qaytariladi, ikkinchi qism esa distillyat (rektifikat yoki yuqorigi mahsulot) sovitkichda sovitilgandan so'ng yig'ish idishiga yuboriladi. Ikkinchi holda esa deflegmatorda kondensatsiyaga uchramagan bug'lar sovitkichda kondensatsiyalanadi va sovitiladi; bu holda ushbu issiqlik almashgich distillyat uchun kondensator – sovitkich vazifasini bajaradi.

Kolonnaning pastki qismidan chiqayotgan qoldiq ham ikki qismga bo'linadi. Birinchi qism qaynatkichga yuboriladi, ikkinchi qism (pastki mahsulot) esa sovitkichda sovitilgandan so'ng yig'ish idishiga tushadi.

Rektifikatsion qurilmalar odatda nazorat-o'lchash va boshqaruvchi asbob-uskunalar bilan jihozlangan bo'ladi. Bu asbob-uskunalar yordamida qurilmaning ishini avtomatik ravishda boshqarish va jarayonni maqbul rejimlarda olib borish imkoni paydo bo'ladi.

13.5. REKTIFIKATSION KOLONNANING MODDIY BALANSI

Rektifikatsiya jarayonini hisoblash va tahlil qilishda fazalar tarkibi va miqdori mol ulushlarda ifodalanadi. Hisoblash ishlarini osonlashtirish uchun quyidagi shartlar qabul qilinadi: 1) kolonnadan chiqib, deflegmatorga kirayotgan bug'ning tarkibi (u_d) va kolonnaga qaytib tushayotgan flegmaning tarkibi (x_d) bir xil qiymatga ega, ya'ni $u_d=x_d$; 2) qaynatgichdan chiqib, kolonnada ko'tarilayotgan bug'ning tarkibi kolonnaning pastki qismi (kub-bug'latgich) dan chiqayotgan suyuqlikning tarkibiga teng, ya'ni $u_w=x_w$.

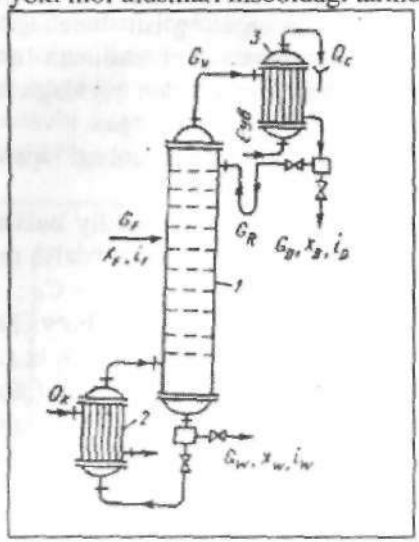
13.8-rasmda ko'rsatilgan sxemaga ko'ra rektifikatsion kolonnaning moddiy balansini tuzamiz:

– oqimlar bo'yicha $G_F = G_D + G_W$; (13.3)

– yengil uchuvchan komponentlar bo'yicha

$$G_F x_f = G_D x_d + G_W x_w \; ; \qquad (13.4)$$

bu yerda, G_F, G_D, G_W – dastlabki aralashma, distillyat va qoldiq mahsulotning massaviy yoki mol hisobidagi sarflari; x_f, x_d, x_w – yengil uchuvchan komponentning dastlabki aralashma, distillyat va qoldiq mahsulotdagi massaviy yoki mol ulushlari hisobidagi tarkibi.



13.8-rasm. Rektifikatsion kolonnaning moddiy balansini aniqlashga doir: 1–kolonna; 2–kub-bug'latgich; 3–deflegmator.

Kolonna yuqorigi qismining moddiy balansi. Ta'minlovchi tarelkaning tepa qismi uchun quyidagi moddiy balans tenglamalarini yozish mumkin:

– oqimlar bo'yicha $G_V = G_R + G_D$; (13.5)

– yengil uchuvchan komponentlar bo'yicha

$$G_V y = G_R x + G_D x_D ; \quad (13.6)$$

bu yerda, G_V, G_R, G_D – kolonnada ko'tarilayotgan bug', flegma va distillyatning mol hisobidagi sarflari; x va u – kolonnaning berilgan kesimiga to'g'ri kelgan suyuqlik va bug' tarkibidagi yengil uchuvchan komponentning uskuna balandligi bo'yicha o'zgaruvchan konsentratsiyalari (mol ulushlari hisobida); x_D – yengil uchuvchan komponentning distillyatdagi tarkibi (mol ulushlari).

Moddiy balans tenglamasini mol hisobidagi nisbiy sarflar bo'yicha (1 kmol distillyatga nisbatan) qayta yechib, $V=G_V/G_D$ va $R=G_R/G_D$ deb olamiz. Bunday holatda $V=R+1$, $Vy=Rx+x_D$. Natijada quyidagi ifodalarga erishamiz:

$$y=\frac{R}{V}x+\frac{x_D}{V} \quad \text{yoki} \quad y=\frac{R}{R+1}x+\frac{x_D}{R+1} . \quad (13.7)$$

(13.7) tenglik kolonnaning yuqorigi bug' tarkibini oshiruvchi qismi uchun ish chiziq tenglamasi deb ataladi. Bu tenglamada $R/(R+1)=tg\alpha$ ish chizig'ining abssissa o'qiga og'ish burchagi tangensi; $x_D/(R+1)=V$ chiziqning u-x diagrammasidagi ordinata o'qi bo'yicha ajratilgan kesmasi. Demak, oxirgi tenglamadan quyidagicha yozish mumkin:

$$u = tg\alpha x + V. \quad (13.8)$$

(13.8) ifoda kolonnaning yuqorgi qismi uchun ish chizig'i tenglamasi deb ataladi.

Kolonna pastki qismining moddiy balansi. Bunday holat uchun quyidagi moddiy balans tenglamalarini yozish mumkin:

– oqimlar bo'yicha $G_V + G_W = G_F + C_R$; (13.9)

– yengil uchuvchan komponentlar bo'yicha

$$G_V y + G_W x_W = (G_F + G_R)x ; \quad (13.10)$$

bu yerda, G_W – kub qoldig'ining sarfi (mol hisobida); x_W – kub qoldig'idagi yengil uchuvchan komponentning tarkibi (mol ulushlari).

(13.10) tenglamani mol hisobidagi nisbiy sarflar bo'yicha (1 kmol distillyatga nisbatan) qayta yechib va $W=G_W/G_D$, $F=G_F/G_D$ deb belgilab, quyidagi ifodalarga ega bo'lamiz:

$$V + W = R + F ; \qquad Vy + Wx_W = (R + F)x ;$$

bundan

$$y=\frac{R+F}{R+1}x+\frac{1-F}{R+1}x_W . \quad (13.11)$$

Bu tenglamalardan $y=\frac{R+F}{R+1}=tg\beta,\frac{1-E}{R+1}x_w=C$ deb olamiz, bu yerda tgβ – ish chizig'ining abssissa o'qi bo'yicha ajratgan kesmasi.

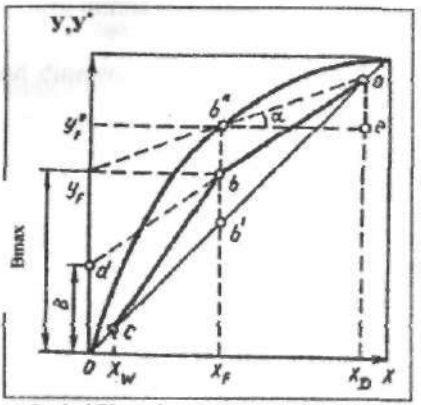
Shunday qilib, oxirgi tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$u = tg\beta x + S . \qquad (13.12)$$

(13.12) ifoda kolonnaning pastki (suyuqlikdan yengil uchuvchan komponentni maksimal ajratuvchi) qismi uchun ish chizig'i tenglamasi deb ataladi.

13.6. ISH CHIZIQLARINI Y – X DIAGRAMMASIDA TASVIRLASH

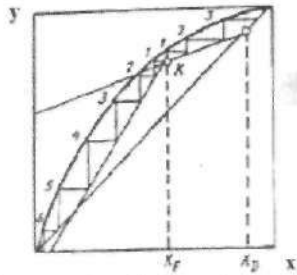
Rektifikatsion kolonna ish chiziqlarini y-x diagrammada tasvirlash uchun (13.9-rasm), abssissa o'qiga suyuqliklarning berilgan tarkiblari x_F, x_W va x_D larning qiymatlari joylashtiriladi. Qabul qilingan shartga ko'ra, yuqorigi tarelkadan chiqayotgan bug'ning va distillyatning tarkiblari o'zaro teng (ya'ni $u_D=x_D$). x_D nuqtadan diagonal bilan kesishguncha vertikal o'tkaziladi, natijada *a* nuqtaga ega bo'lamiz. R ning qiymati ma'lum deb hisoblanadi. Ordinata o'qiga $V=x_D/(R+1)$ (13.8-tenglamaga asosan) kesmani joylashtiriladi, bunda d nuqta hosil bo'ladi. d va *a* nuqtalar to'g'ri kesma yordamida birlashtiriladi. x_F ning qiymatiga to'g'ri kelgan nuqtadan *a* chizig'i bilan kesishguncha vertikal kesma o'tkaziladi, bunda b nuqta hosil bo'ladi. ab to'g'ri kesmasi kolonna yuqori qismining ish chizig'ini ifodalaydi.



13.9-rasm. Rektifikatsion kolonna ish chiziqlarini y-x diagrammasida tasvirlash.

Qabul qilingan shartga ko'ra $u_W=x_W$, shu sababdan x_W ning qiymatiga to'g'ri kelgan nuqtada diagramma dioganali bilan kesishguncha vertikal kesma o'tkazilib, s nuqtaga ega bo'linadi. s nuqta b nuqta bilan to'g'ri kesma orqali birlashtiriladi. Hosil bo'lgan vs kesmasi pastki kolonnaning ish chizig'ini ifodalaydi. Ish chiziqlari (*ab* , bs) rektifikatsiya kolonna yuqorigi va pastki qismlaridagi ish konsentratsiyalarining o'zgarishini ifoda qiladi.

Ish chiziqlari yordamida konsentratsiyalar o'zgarishi pog'onalarining soni aniqlanadi. 13.10-rasmda konsentratsiya pog'onalarining *sonini grafik usul bilan aniqlash yo'li tasvirlangan. Yuqorigi va pastki* kolonnalar ish chiziqlari K nuqtasida kesishadi. Muvozanat chizig'i va ish chiziqlari o'rtasida uchburchak pog'onalar o'tkazib konsentratsiyalar o'zgarishi pog'onalarining soni (yoki nazariy tarelkalar soni) aniqlanadi. Grafikdan ko'rinib turibdiki, bizning misolimizda yuqorigi kolonnaga 3 ta konsentratsiya pog'onalari, pastki kolonnaga esa 6 ta konsentratsiya pog'onalari to'g'ri keladi.



13.10-rasm. Konsentratsiya pog'onalari sonini grafik usul bilan aniqlash.

Nazariy tarelkalarning soni n_N ga asoslanib haqiqiy tarelkalarning soni p_H aniqlanadi:

$$n_x = \frac{n_n}{\eta}, \qquad (13.13)$$

bu yerda, η – tarelkalarning foydali ish koeffitsiyenti.

Ushbu foydali ish koeffitsiyentining qiymati tarelkaning konstrksiyasiga, tarelkalar oralig'idagi masofaga, bug'ning tezligiga va aralashmaning fizik xossalariga bog'liq bo'lib, katta chegaralarda (0,25÷0,90) o'zgaradi. Haydashning turli usullari uchun foydali ish koeffitsiyentining qabul qilib olingan o'rtacha qiymatlaridan foydalaniladi.

13.7. FLEGMA SONI

Flegma miqdorining distillyat miqdoriga nisbati flegma soni deb ataladi. Bu son rektifikatsion kolonna ishlarini tahlil qilishda muhim ahamiyatga ega.

Distillyatning berilgan tarkibi x_D o'zgarmas bo'lsa, V kesmaning kattaligi (13.11-rasm) faqat flegma soniga bog'liq bo'ladi, chunki $V=x_D/(R+1)$. Bunda R ning ko'payishi bilan V kesmasi kamayadi, v nuqtasi vertikal bo'yicha pastga tushadi va siljish ($R=\infty$ bo'lganda) to diagramma diagonali bilan kesishguncha davom etadi (b′ nuqtasi). Bunda jarayonning harakatlantiruvchi kuchi (u*- u) maksimal qiymatiga ega bo'ladi. R ning kamayishi bilan b nuqtaning o'rni vertikal bo'yicha yuqoriga siljiydi. Bunday holatda jarayonning harakatlantiruvchi kuchi kamayadi va R ma'lum bir minimal qiymatga ega bo'lganda (qachonki b nuqtasi b'' holatni egallaganda) harakatlantiruvchi kuch nolga teng bo'lib qoladi.

Demak, kolonnaning ishlashi uchun zarur bo'lgan flegma sonining qiymati R_{min} va $R=\infty$ chegaralari oralig'ida bo'lishi zarur. Bunda flegmaning ish sonini aniqlash uchun R_{min} ning qiymati ma'lum bo'lishi kerak.

R_{min} ning qiymati odatda hisoblash yo'li bilan topiladi. R_{min} ni aniqlash uchun b'' nuqtasidan (13.11-rasm) *a* nuqtasining ordinatasi bilan kesushguncha gorizontal kesma $b''e$ o'tkaziladi. R_{min} bo'lganda yuqorigi kolonna ish chizig'i qiyalik burchagining tangensi $ab''e$ uchburchagi *ae* va $b''e$ katetlarining nisbati orqali aniqlanadi:

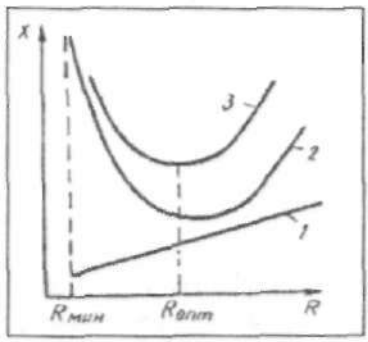
$$tg\alpha = \frac{y_A - y_F^*}{x_A - x_F} = \frac{x_A - y_F^*}{x_A - x_f} . \qquad (13.14)$$

Yuqorigi kolonna ish chizig'ining tenglamasiga asosan va flegma soni minimal qiymatga ega bo'lganda $tg\alpha=R_{min}/(R_{min}+1)$. Ikkala ifodalarni solishtirib, quyidagi tenglamaga erishamiz:

$$R_{min} = \frac{x_A - y_F^*}{y_F^* - x_F} . \qquad (13.15)$$

Kolonnaning o'lchamlari va issiqlik tashuvchi agentlarning miqdorlari (isitkich uchun suv bug'i, deflegmator uchun sovuq suvning sarfi) flegma soniga qarab o'zgaradi. Kapital mablag' va kolonnalarni ishlatish uchun zarur bo'lgan sarflar ham flegma soniga bog'liq. Shu sababli haqiqiy flegma sonini hisoblash katta ahamiyatga ega. Haqiqiy flegma sonini grafik usulda aniqlash mumkin. 13.11-rasmdan ko'rinib

turibdiki, kolonnalarni ishlatish uchun zarur bo'lgan xarajatlar(X) flegma soniga(R) to'g'ri mutanosiblik ravishda ortib boradi (1-chiziq). Kapital mablag'lar va flegma soni oralig'idagi bog'liqlik ma'lum minimumga ega (2-egri chiziq). Umumiy sarflar va flegma soni o'rtasidagi bog'liqlik ham minimum nuqtasi bilan belgilanadi (3-egri chiziq), bu minimumga to'g'ri kelgan R haqiqiy flegma sonining maqbul (optimal) qiymati (R_{opt}) ni tashkil etadi.



13.11-rasm. Flegma sonining maqbul qiymatini aniqlashga doir: 1–qurilmani ishlatish bilan bog'liq bo'lgan sarflar; 2–kapital xarajatlar; 3–umumiy xarajatlar.

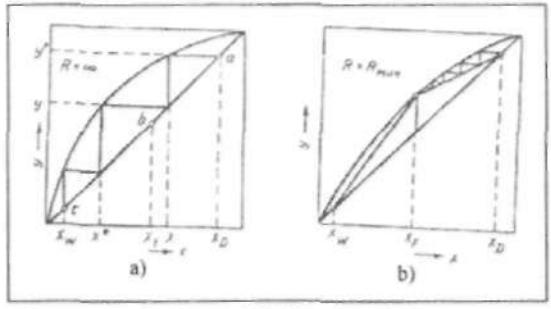
Amaliyotda ish flegma soni taxminiy hisoblashlar asosida aniqlanadi: $R=\varphi R_{min}$, bu yerda φ – flegmaning ko'proq olinishini hisobga oluvchi koeffitsiyent ($\varphi>1$). Agar ajratilayotgan sistemalar uchun φ ning qiymati aniq bo'lmasa, bunday holatda ish flegma sonini aniqlash uchun quyidagi empirik bog'liqlikdan foydalanish mumkin:

$$R = 1{,}3\,R_{min} + 0{,}3\,.$$

Ikki xil chegaralangan rejimlarda ($R= R_{min}$ va $R=\infty$) flegma soni, kolonnaning ish balandligi va rektifikatsiya uchun issiqlik sarfi o'rtalaridagi bog'liqlikni ko'rib chiqamiz. Kolonnaning ish balandligi konsentratsiya o'zgarishlarining nazariy soniga mutanosibdir.

$R=\infty$ bo'lganda ish chiziqlari diagrammaning diagonali bo'ylab joylashadi, jarayonning harakatlantiruvchi kuchi $\Delta u = u^*-u$ yoki $\Delta x = x - x^*$ eng katta qiymatiga ega bo'lsa, kerak bo'lgan nazariy pog'onalar soni esa eng kichik qiymatga teng bo'ladi (13.12-rasm, a). Demak, $R=\infty$ bo'lganda kolonna uchun ish balandligi eng kam bo'lishi kerak. Biroq flegma soni R faqat D=0 bo'lgandagina cheksiz qiymatga ega bo'ladi.

Bunda distillyat olinmaydi, bug'larning to'la kondensatsiyalanishidan hosil bo'lgan hamma suyuqlik kolonnaga flegma sifatida qaytariladi. Bu rejimda kolonna o'zicha ishlaydi va tayyor mahsulot bermaydi. Shu sababli $R=\infty$ bo'lgandagi rejim normal ishlab chiqarish sharoitlarida qo'llanilmaydi. Flegma sonining ko'payishi bilan qaynatkichdagi bug'lanishi *lozim* bo'lgan *suyuqlik miqdori ortadi*. $R=\infty$ bo'lganda maksimal katta miqdordagi suyuqlik bug'lanishi kerak. Bu holat o'z navbatida eng katta miqdordagi isituvchi bug' sarfini talab qiladi.



13.12-rasm. Flegma soni bilan rektifikatsion kolonna balandligining o'zaro bog'lanishi:
a) $R=\infty$ bo'lganda; b) R_{min} bo'lganda.

R_{min} bo'lgan rejimda ish chizig'i muvozanat chizig'i bilan kesishadi (13.12-rasm, b); bu nuqtada harakatlantiruvchi kuch nolga teng bo'ladi. Bunda nazariy pog'onalar soni eng katta qiymatga ega bo'ladi. Demak, R_{min} bo'lgan rejim uchun rektifikatsion kolonna cheksiz katta balandlikka ega bo'lishi zarur. Bir xil sharoitlarda isituvchi bug'ning sarfi flegma soniga proporsional bo'lganligi uchun R_{min} rejimda isituvchi bug'ning sarfi eng kam qiymatga teng bo'ladi. Shunday qilib, flegma soni ortishi bilan kolonnaning balandligi kamayadi, isituvchi bug' sarfi esa ortadi. Shu bilan birga, flegma soni ortganda kolonnaga qaytayotgan suyuqlik miqdori ham ortadi, bu hol o'z navbatida kolonna diametrining kattalashuviga olib keladi.

13.8. REKTIFIKATSION KOLONNANING ISSIQLIK BALANSI

Uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion kolonna (13.8-rasm) uchun quyidagi issiqlik balansini tuzish mumkin.

Issiqlikning kirishi: kub-bug'latgichda isituvchi bug' bilan Q_K; dastlabki aralashma bilan $Q_F=G_Fi_F$.

Issiqlikning sarfi: bug'larning kondensatsiyalanishi natijasida deflegmatordan chiqayotgan suv bilan Q_C; distillyat bilan $Q_D= G_Di_D$; kubdagi qoldiq bilan $Q_W=G_Wi_W$; atrof-muhitga yo'qotishlar bilan Q_Y.

Bu yerda i_F, i_D, i_W – dastlabki aralashma, distillyat va kub qoldiqning entalpiyalari.

Shunday qilib, issiqlik balansi tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$Q_K + Q_F = Q_C + Q_D + Q_W + Q_Y . \qquad (13.16)$$

Q larning o'rniga ularning qiymatlarini quyib va $Q_C=G_Vr_D=G_D(R+1)r_D$ (bu yerda r_D – deflegmatordagi bug'ning kondensatsiyalanish solishtirma issiqligi) hisobga olinib, issiqlik balansi tenglamasini Q_K ga nisbatan yechamiz:

$$Q_K = G_D(R+1)r_D + G_Di_D + G_Wi_W - G_Fi_F + Q_Y . \qquad (13.17)$$

Kub-bug'latkichni isitish uchun sarf bo'ladigan isituvchi bug'ning miqdorini quyidagi tenglama orqali aniqlash mumkin:

$$G_{is} = \frac{Q_K}{r_{is}x_{is}} , \qquad (13.18)$$

bu yerda, r_{ib} – isituvchi bug'ning kondensatsiyalanish (yoki bug' hosil qilish) solishtirma issiqligi; x_{ib} – isituvchi bug'ning quruqlik darajasi.

Deflegmatordagi bug'ni kondensatsiyalash uchun zarur bo'lgan suvning sarfi quyidagicha topiladi:

$$G_c = \frac{Q_C}{C_c(t_0 - t_b)} = \frac{G_D(R+1)r_D}{C_c(t_0 - t_b)} , \qquad (13.19)$$

bu yerda, S_S – suvning solishtirma issiqlik sig'imi; t_b va t_0 – suvning boshlang'ich va oxirgi haroratlari.

13.9. REKTIFIKATSIYA JARAYONIGA TA'SIR ETUVCHI OMILLAR

Suyuq aralashmalarni rektifikatsiyalash yo'li bilan ajratish jarayonining samaradorligi quyidagi asosiy omillarga bog'liq bo'ladi:

1. Suyuqlik va bug' fazalarining o'zaro ta'siri uchun kolonnaning yuqori qismini flegma bilan ta'minlash usullari.
2. Kolonnaning pastki qismiga issiqlikni berish usullari.
3. Rektifikatsion kolonnaga kiritilayotgan xomashyoning harorati.
4. Bosimning rektifikatsiya jarayoniga ta'siri.
5. Rektifikatsion kolonnaga suv bug'ining kiritilishi.

Rektifikatsion kolonnaning normal ishlashini ta'minlash uchun uning yuqorigi qismidan, bug'larni qisman kondensatsiyalash va flegma oqimini tashkil etish maqsadida, ma'lum miqdordagi issiqlik uzatiladi. Sanoat amaliyotida kolonnaning yuqorigi qismidan issiqlik uzatishning uch xil asosi foydalaniladi: yuzali parsial kondensator, suyuqlikning sovuq holatda sochib berilishi, suyuqlikning sirkulatsiya yo'li bilan sochib berilishi.

Parsial kondensator. Ushbu usul qo'llanilganda, kolonnaning yuqorigi tarelkasidan chiqayotgan bug'lar parsial kondensatorga kiradi va u yerda qisman kondensatsiyaga uchraydi. Kondensatorda hosil bo'lgan flegma oqimi to'g'ridan-to'g'ri kolonnaning yuqorigi tarelkasiga oqib tushadi, rektifikat bug'lari esa uskunadan tashqariga uzatiladi. Kolonnaning yuqorigi qismini suyuqlik bilan ta'minlash usulida rektifikat bug'lari va flegma oqimi o'zaro muvozanat holatida bo'ladi, ya'ni parsial kondensator bitta nazariy tarelkaga ekvivalent bo'ladi. Rektifikatsion kolonnalarning ish unumdorligi kichik bo'lgan sharoitlarda, ularning ustki qismidan issiqlikni uzatish uchun parsial kondensator ishlatiladi.

Suyuqlikning sovuq holatda sochib berilishi. Issiqlik uzatishning ushbu usuli neft va gazni qayta ishlash korxonalarida eng ko'p qo'llaniladi. Bug'lar oqimi kolonnaning yuqorigi tarelkasidan kondensatorga yuboriladi, u yerda bug'lar to'la kondensatsiyalanadi va soviydi. Hosil bo'lgan sovuq suyuqlik ikki qismga ajraladi: rektifikat oqimi, yuqorigi tarelkaga qaytarilayotgan sovuq suyuqlik (flegma) oqimi. Flegma oqimi pastki tarelkadan ko'tarilayotgan bug'lar bilan kontaktga uchraydi. Natijada bug'lar soviydi va qisman kondensatsiyaga uchrab, suyuqlikning pastga qarab yo'nalgan oqimini tashkil qiladi. Ushbu oqimning miqdori rektifikatsiyalash jarayonini ta'minlaydi. Kolonnaning yuqorigi qismiga kirayotgan suyuqlik to'la bug'lanadi va rektifikat bug'lari bilan birgalikda kondensatorga kiradi, u yerda esa bug'lar o'z issiqligini sovituvchi agentga beradi. Shunday qilib, ma'lum miqdordagi sovuq suyuqlik kolonnaning yuqorigi tarelkasi va kondensator o'rtasida doimo sirkulatsiya qilib, issiqlikni tashuvchi agent vazifasini bajaradi.

Issiqlikni uzatishning ushbu usilidan foydalanilganda, ishlatishga qulaylik yaratish maqsadida kondensator-sovitgichni rektifikatsion kolonnaning xohlagan balandligiga moslab o'rnatish imkoniyati yuzaga chiqadi. Biroq issiqlikni uzatish uchun nasos o'rnatilishi kerak bo'ladi hamda kolonnaning yuqorigi qismiga suyuqlikni uzatish uchun qo'shimcha energiya sarflanadi.

Suyuqlikni sirkulatsiya yo'li bilan sochib berish. Neftni qayta ishlash korxonalarida bug'lanmaydigan suyuqlikni sirkulatsiya usuli bilan sochib berish usuli keng ishlatiladi. Bunday holatda flegmaning bir qismi yuqorigi tarelkadan sovutgichga yuboriladi va u yerda ma'lum haroratgacha sovitilib, yuqorigi tarelkaga qaytariladi. Bu yerda sovuq flegma pastki tarelkadan chiqayotgan bug'lar bilan kontaktga uchraydi. Natijada bug'lar sovib, qisman kondensatsiyalanadi, hosil bo'lgan flegma oqimi rektifikatsiyalash jarayonini amalga oshiradi. Yuqorigi tarelkadan rektifikat bug'lari uzatiladi. Ayrim sharoitlarda, bug'larni sirkulatsiya qilinayotgan flegma bilan kontaktini yaxshilash uchun bitta emas, balki ikki yoki uchta tarelkadan foydalaniladi.

Issiqlikni uzatishning ushbu usulidan ko'pincha zaharli xomashyolarni qayta ishlashda (ayniqsa, suv bug'i ishtirok etganda) foydalaniladi, chunki bunday sharoitlarda kondensator va sovutgichlar korroziyaga uchraydi.

Rektifikatsion kolonnaning yuqorigi qismidan issiqlikni uzatish uchun bayon qilingan usullardan tashqari boshqa usullar (flegmani o'ta sovitish bilan parsial kondensatsiyalash, suyuqlikni sirkulatsiya bilan sochib berish konturidan distillyatning ikkinchi oqimini ajratib olish va hokazo) dan ham foydalanish mumkin. Har bir aniq sharoit uchun issiqlikni uzatishning eng maqbul usuli tanlab olinadi.

Rektifikatsiyalash jarayonini amalga oshirish uchun kolonnaning pastki qismiga issiqlik kiritiladi. Bunda pastki tarelkadan oqib tushayotgan suyuqlikning bir qismi bug'lanadi, natijada rektifikatsiyalash jarayoni uchun zarur bo'lgan bug'larning yuqoriga yo'nalgan oqimi paydo bo'ladi. Kolonnaning pastki qismiga issiqlikni kiritishning quyidagi asosiy usullari mavjud: issiqlik almashinish quvurlarining zmeevigi, bug' bo'shlig'i bo'lgan isitgich, sirkulatsiya qilinayotgan issiq oqim.

Rektifikatsion kolonnaning normal ishlashi, ya'ni oldindan berilgan tarkibli rektifikat va qoldiqni olish, xomashyoni kolonnaga qanday holatda berishga bog'liqdir. Xomashyo odatda kolonnaga ikki xil – suyuq va bug' holatida beriladi. Rektifikatsion kolonnaning ishini tahlil qilish va jarayon uchun eng maqbul rejimni aniqlashda quyidagi omillar hisobga olinishi maqsadga muvofiqdir: issiqlik va sovuqlikning sarflari; tegishli issiqlik va sovuqlik tashuvchi agentlarning borligi; qaynatgich, xomashyoni isitgich va kondensatorlarning zarur bo'lgan yuzalari; kolonnaning o'lchamlari va boshqalar.

Rektifikatsion kolannadagi bosimni tanlash birinchi navbatda zarur

bo'lgan harorat rejimi bilan bog'liqdir: agar kolonnadagi harorat ko'paytirilishi kerak bo'lsa, kolonnadagi bosimning qiymati atmosfera bosimiga nisbatan oshiriladi; kolonnadagi haroratni pasaytirish ko'zda tutilgan paytda, bosim vakuum hosil qilish orqali kamaytiriladi.

Qaynash haroratlari past bo'lgan va kichik molekulali uglevodorodlar (propan, butan, izobutan, pentan va boshqalar) ni ajratishda rektifikatsiyalash jarayoni yuqori haroratda (oqibat natijada yuqori bosimda) olib boriladi.

Kolonnaning yuqorigi qismida haroratning ko'tarilishi (o'z navbatida bosimning oshishi) kondensator yuzasining kamayishiga olib keladi, chunki bunday sharoitda kondensatsiyaga uchragan rektifikat bug'lari va sovituvchi agent haroratlarining o'rtacha farqi ortadi. Shu bilan birgalikda, kolonnada bosim ortgan paytda, uning pastki qismidan olinayotgan qoldiqning harorati ham ko'tariladi. Bunday holatda, issiqlik tashuvchi va pastki mahsulot (qoldiq) haroratlari o'rtacha farqining kamayishi tufayli isitgichning yuzasi ortib ketadi.

Vakuum hosil qilish yo'li bilan rektifikatsion kolonnadagi bosim qiymatini kamaytirish orqali kolonnadagi haroratni pasaytirish imkoniyati yuzaga chiqadi. Bunday holat, ayniqsa, o'ta yuqori qaynash haroratlariga ega bo'lgan yoki issiqlikka bardosh berolmaydigan komponentlarni ajratishda qo'l keladi. Masalan, atmosfera bosimida qaynash harorati 500^0C dan yuqori bo'lgan moy distillyatlarini vakuum ostida 400^0C dan past bo'lgan haroratda rektifikatsiyalash mumkin bo'ladi.

Yuqorida bayon qilinganlardan ma'lumki, bosimning qiymati rektifikatsion kolonnaning bir qator ko'rsatgichlariga sezilarli darajada ta'sir qiladi, bunda ayrim ko'rsatgichlar yaxshilansa, qolganlari esa yomonlashadi. Shuning uchun, har bir aniq sharoitda bosimni tanlashdan oldin ko'zlangan jarayon har tomonlama chuqur tahlil qilinishi lozim.

Ko'pchilik holatlarda, jarayonning haroratini pasaytirish hamda neft mahsulotlari (mazut va boshqa og'ir neft qoldiqlarini haydashda) parchalanishining oldini olish maqsadlarida rektifikatsion kolonnaga suv bug'i kiritiladi. Uskunada vakuum hosil qilish orqali ham suyuqlikning qaynash haroratini pasaytirish mumkin. Neftni qayta ishlash korxonalarida aralashmaning qaynash haroratini pasaytirish uchun ikkala usul ham qo'llaniladi.

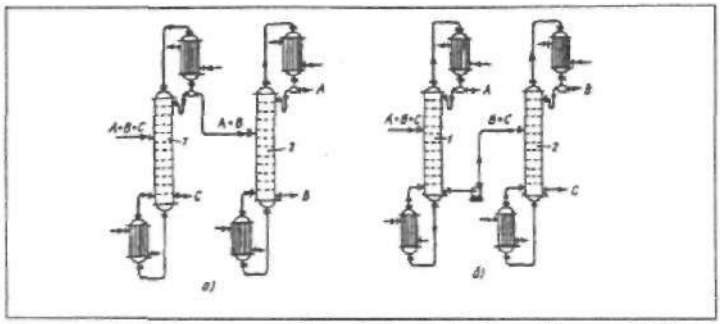
13.10. KO'P KOMPONENTLI ARALASHMALARNI REKTIFIKATSIYALASH

Sanoatda ko'pincha binar aralashmalarni emas, balki ko'p komponentli aralashmalarni ajratishga to'g'ri keladi. Bunday aralashmalarni rektifikatsiyalash ancha murakkab va kam o'rganilgan jarayon hisoblanadi. Agar binar aralashmalar ikkita erkinlik darajasiga ega bo'lsa, ko'p komponentli aralashmalarning erkinlik darajasi komponentlarning soniga teng bo'ladi. Shu sababli ko'p komponentli aralashmalarni rektifikatsiyalash jarayonini tahlil qilish va hisoblash ancha murakkabdir.

Ko'p komponentli aralashmalarni ajratish jarayoni uchun zarur bo'lgan uskunalarni o'zaro bog'lash ham ancha murakkablashadi. Bunday aralashmalarni bitta kolonnada ajratish mumkin emas. Umumiy holda kolonnalarning soni komponentlarning sonidan bitta kam bo'ladi, demak, komponentlar soni n ta bo'lgan aralashmani ajratish uchun n-1 ta kolonna kerak bo'ladi. Komponentlarning soni ko'payishi bilan oddiy kolonnalarni bir-biriga bog'lashning turli variantlari yuzaga chiqadi: kolonnalarni ketma-ket bog'lash; kolonnalarni ketma-ket va parallel bog'lash; bir yoki bir necha komponentlarning resirkulatsiyasi mavjud bo'lgan holatda kolonnalarni bog'lash; oddiy kolonnalarni bitta agregatga biriktirish (murakkab kolonnalar).

Misol tariqasida uch (A, B va C) komponentli aralashmani birin-ketin bog'langan ikkita kolonnali rektifikatsion qurilmada ajratishni ko'rib chiqamiz. Ajartish jarayoni ikki xil variant bo'yicha olib boriladi; a) A va B komponentlar C komponentga nisbatan uchuvchan; b) A komponent B va C komponentlarga nisbatan uchuvchan (13.13-rasm). Birinchi variant bo'yicha birinchi kolonnadan yomon uchuvchan komponent C qoldiq sifatida ajratib olinadi. Qolgan ikkita komponent A va B kondensatsiyalanishdan so'ng ikkinchi kolonnaga yuboriladi, u yerdan A komponent distillyat sifatida ajratib olinadi, chunki A komponent B komponentga nisbatan biroz uchuvchan. B komponent esa qoldiq bo'ladi. A+B komponentlarini ikkinchi kolonnaga bug' holida berish iqtisodiy jihatdan tejamli hisoblanadi; bunda birinchi kolonnaga tegishli bo'lgan deflegmatorda faqat flegma uchun yetarli bo'lgan bug' kondensatsiyalanadi.

Ikkinchi variantga ko'ra birinchi kolonnadan eng uchuvchan A komponent distillyat sifatida ajratib olinadi, qolgan ikkita B+C komponentlarning aralashmasi ikkinchi kolonnaga nasos yordamida beriladi.



13.13-rasm. Uch komponentli aralashmani ajratadigan rektifikatsion qurilmaning sxemasi:
a–A va B komponentlar C komponentga nisbatan ko'proq uchuvchan;
b–A komponent B va C komponentlarga nisbatan ko'proq uchuvchan;
1,2–kolonnalar.

Ikkinchi kolonnadan nisbatan uchuvchan bo'lgan B komponent distillyat sifatida olinadi. C komponent esa qoldiq sifatida ajratiladi.

13.11. KOMPONENTLARNING QAYNASH HARORATLARI BIR-BIRIGA YAQIN BO'LGAN VA AZEOTROP ARALASHMALARNI REKTIFIKATSIYALASH

Suyuq aralashmalarni rektifikatsiyalash paytida komponentlarning osonroq ajralishi nisbiy uchuvchanlik koeffitsiyentining qiymati α bilan belgilanadi. Ideal eritmalar uchun ushbu koeffitsiyentning son qiymati ajralishi lozim bo'lgan komponentlar to'yingan bug'lari bosimlarining nisbati orqali aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{P_1}{P_2} . \qquad (13.20)$$

Qaynash haroratlari bir-biriga juda yaqin bo'lgan komponentlar to'yingan bug'lari bosimlarining qiymatlari ham bir-biriga yaqinlashadi, bunday holatda α ning miqdori kamayadi. Agar $\alpha<<1,05$ bo'lganda, bunday aralashmalarni oddiy rektifikatsiya yo'li bilan ajratish amaliy jihatdan mumkin emas, chunki katta miqdordagi nazariy tarelkalar soni va flegma soni talab qilinadi.

Agar komponentlar azeotrop aralashma tashkil etsa, ya'ni aralashma ma'lum bir haroratda qaynasa va $\alpha=1$ ga teng bo'lganda, oddiy rektifikatsiya usulini qo'llash orqali aralashmani alohida komponentlarga ajratish mumkin emas. Bunday sharoitda xohlagan

tarkibdagi dastlabki aralashmani rektifikatsiyalashda komponentlardan bittasi azeotropni tashkil etadi.

Shunday qilib, tarelkalar soni va flegma soni juda katta qiymatlarga ega bo'lganda, komponentlarning qaynash haroratlari bir-biriga juda yaqin bo'lgan aralashmalarni oddiy rektifikatsiya usuli bilan ajratish mumkin bo'lsa, azeotrop aralashmalarni esa bunday usul bilan ajratish imkoniyati yo'q.

Umumiy holatlarda, ideal eritmalarning qonuniyatlariga bo'ysunmaydigan aralashmalar uchun nisbiy uchuvchanlik koeffitsiyenti quyidagi ifoda yordamida topiladi:

$$\alpha = \frac{P_1\gamma_1}{P_2\gamma_2}, \qquad (13.21)$$

bu yerda, γ_1 va γ_2 – ajrayotgan komponentlarning faollik koeffitsiyentilari.

Aralashmaga ajratuvchi agent qo'shilganda, turli uchuvchanlikka ega bo'lganliklari tufayli ajralayotgan komponentlar ideal eritmalarning qonuniyatlaridan turlicha uzoqlashadi, oqibat natijada ushbu komponentlar faollik koeffitsiyentlarining nisbati γ_1/γ_2 ning qiymati 1 dan ancha kattaroq bo'lishi mumkin.

Komponentlarning qaynash haroratlari bir-biriga yaqin bo'lgan aralashmalar – aromatik, parafin va naften uglevodorodlarni (masalan, parafin va naften uglevodorodlaridan benzolni ajratib olish) hamda parafin va to'yinmagan uglevodorodlarni (buten va butadien aralashmalaridan izo- va normal butanlarni ajratib olish) rektifikatsiyalash jarayoni ajratuvchi agent ishtirokida amalga oshiriladi.

Ajratuvchi agent uchuvchanligining ajralayotgan komponentlar uchuvchanliklariga nisbatlariga ko'ra ajratish jarayonida azeotrop yoki ekstraktiv rektifikatsiyalash usuli qo'llaniladi.

Azeotrop va ekstraktiv rektifikatsiyalashda ishlatiladigan ajratuvchi agent quyidagi asosiy talablarga javob berishi kerak:

1) ajralayotgan komponentlar nisbiy uchuvchanlik koeffitsiyentlarini imkon boricha oshirishni ta'minlash;

2) nisbatan oson regeneratsiya qilish mumkinligi;

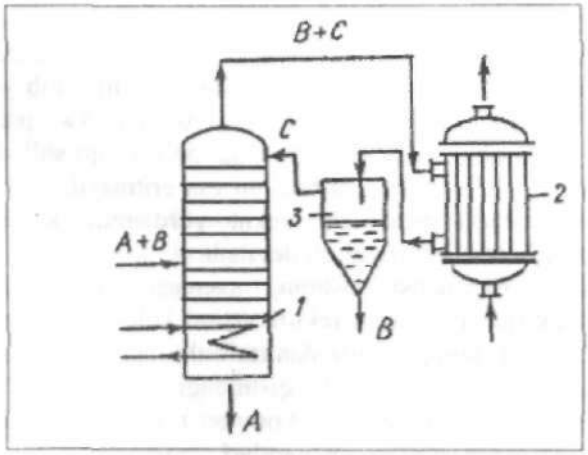
3) ajaralayotgan komponentlarni yaxshi eritish, kolonnadagi mavjud harorat rejimida suyuq fazaning qatlamlanishini yo'q qilish, chunki bunday holatda ajratish jarayoni yomonlashadi;

4) issiqlik ta'siriga chidamlilik, aralashma komponentlari bilan kimyoviy reaksiyaga kirmaslik, jihozlarni korroziyaga uchratmaslik, zaharligi yo'q, narxi arzon.

Sanoatda qo'llaniladigan ajratuvchi agentlar yuqoridagi talablarga ma'lum bir darajada javob beradi. Parafin va aromatik uglevodorodlarni azeotrop rektifikatsiyalash yordamida ajratishda ajratuvchi agent sifatida metanol, etanol, metiletilketon va boshqalar ishlatiladi. Ushbu uglevodorodlarni ekstraktiv rektifikatsiyalashda esa ajratuvchi agent holatida fenol, furfurol kabi moddalar qo'llaniladi.

Azeotrop rektifikatsiyalash. Ajratilishi zarur bo'lgan ikki komponentli azeotrop aralashmaga uchinchi komponent qo'shiladi. Bunda uchinchi komponent aralashma komponentlarining birortasi bilan yangi azeotrop aralashma hosil qiladi. Ushbu azeotrop aralashma dastlabki aralashmaga nisbatan yaxshiroq uchuvchan bo'ladi.

13.14-rasmda azetrop rektifikatsiyalash qurilmasining bitta varianti tasvirlangan. Kolonna (1) ga suyuq azeotrop aralashma (A+B) beriladi.



13.14-rasm. Azeotrop rektifikatsiyalash qurilmasi:
1–kolonna; 2–deflegmator; 3–cho'ktirish uskunasi.

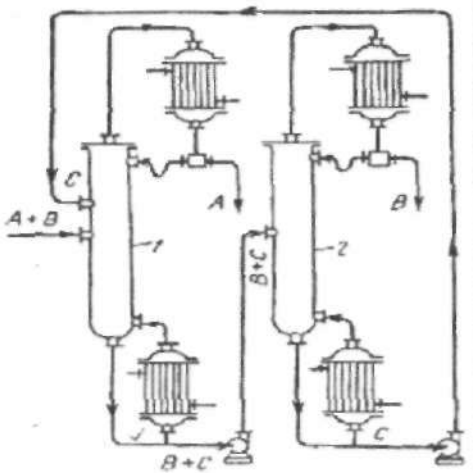
Kolonnaning yuqorigi qismiga uchinchi komponent C yuboriladi. Kolonnada yangi azeotrop aralashma (B+C) hosil bo'ladi, ushbu aralashma komponentlari suyuq holatda amaliy jihatdan bir-biridan o'zaro erimaydi. Shu sababdan distillyat deflegmator (2) da sovitilgandan so'ng cho'ktirish uskunasi (3) da B va C komponentlariga ajratiladi. B komponenti uzatiladi. C komponenti esa kolonnaga qaytariladi. A komponenti kolonnaning pastki qismidan qoldiq mahsulot sifatida ajratiladi.

Azetorop rektifikatsiyalash jarayoni davriy va uzluksiz rejimlarda olib borilishi mumkin. Ko'pchilik sharoitlarda azeotrop rektifikatsiyalash uchun ekstraktiv rektifikatsiyalashga nisbatan ko'proq issiqlik sarfi talab qilinadi. Bundan tashqari azeotrop rektifikatsiyalash jarayoni uchun tegishli ajratuvchi agentni tanlash ancha qiyin vazifa hisoblanadi.

Ekstraktiv rektifikatsiyalash. Komponentlarning qaynash haroratlari bir-biriga juda yaqin bo'lgan suyuq aralashmalarni ajratish juda qiyin vazifa hisoblanadi. Bunday aralashmalarning fazaviy muvozanat egri chiziqlari y-x diagrammasining diagonal chizig'iga juda yaqin keladi, shu sababdan flegmaning ko'proq olinishini hisobga oluvchi koeffitsiyentning qiymati katta bo'lgan sharoitda ham rektifikatsion kolonnadagi zarur bo'lgan tarelkalarning soni ancha ortib ketadi. Bunday aralashmalarni ajratish jarayoni asosiy komponentlarning uchuvchanligini ancha orttirib yuboradigan uchinchi komponent (ajratuvchi agent) dan foydalanishga asoslangan. Uchinchi komponent aralashmaning ikkala komponentlariga nisbatan kam uchuvchan va aralashmada yomon uchuvchan komponentni yaxshi eritib yuboradigan bo'lishi kerak. Masalan, n-butan (t_{qay}=0,5^{0}C) va psevdobutilen (t_{qay}=0,3^{0}C) aralashmasiga aseton (t_{qay}=56^{0}C) qo'shiladi. Aseton psevdobutilenni yaxshi eritadi, n-butanni esa eritmaydi. Shunday qilib, suyuq aralashmalarni ajratuvchi agent yordamida komponentlarga ajratish ekstraktiv rektifikatsiyalash deyiladi.

Ekstraktiv rektifikatsiyalashning sxemasi 13.15-rasmda tasvirlangan. Bunday qurilma ikkita rektifikatsion kolonnadan iborat bo'lib, birinchisiga A va B komponentlardan tashkil topgan aralashma beriladi. Birinchi kolonnaning yuqorigi qismidagi tarelkalardan bittasiga ajratuvchi agent C yuboriladi. B komponenti ajratuvchi agent C da yaxshi eriydi, biroq A va C komponentlari o'zaro erimaydi (yoki qisman eriydi). B komponenti nisbatan yuqori haroratda qaynaydi. C komponenti suyuq va bug' fazalari tarkibidagi B komponentni ekstraksiyalaydi. Birinchi kolonnadan B+C aralashmasi qoldiq mahsulot sifatida ajraladi, distillyat esa amaliy jihatdan toza bo'lgan A komponentidan iborat bo'ladi.

Ekstraktiv rektifikatsiyalashdan so'ng B+C aralashmasi ikkinchi kolonnaga yuborilib, u yerda bir-biridan ajratiladi. Ushbu kolonnadan B komponenti distillyat sifatida ajratib olinadi. Qoldiq mahsulot holatida ajralgan C komponenti qaytadan ishlatish uchun birinchi kolonnaga qaytariladi. Ekstraktiv rektifikatsiyalash faqat uzlusiz rejimda olib boriladi.



13.15-rasm. Ekstraktiv rektifikatsiyalash qurilmasining sxemasi: 1,2–kolonnalar; A,B–aralashmaning asosiy komponentlari; C–ajratuvchi agent.

Tayanch so'z va iboralar

Distillyatsiya, rektifikatsiya, yengil uchuvchan komponent, og'ir uchuvchan komponent, komponentlarning uchuvchanligi, suyuq faza, bug' fazasi, distillyat, flegma, rektifikat, qoldiq mahsulot, komponentlarning qaynash haroratlari, binar aralashmalar, parsial bosim, fazalar qoidasi, erkinlik darajasi, Konovalovning birinchi va ikkinchi qonunlari, fraksiyali haydash, deflegmatsiya bilan haydash, suv bug'i bilan haydash, rektifikatsiya prinsipi, rektifikatsion qurilmalar, kondensator, defleg-mator, sovitgich, isitikich, qaynatgich, kolonnaning yuqorigi qismi, kolonnaning pastki qismi, ish chiziqlari, flegma soni, rektifikatsion kolonnaning issiqlik va moddiy balanslari, rektifikatsiyalash jarayoniga ta'sir etuvchi omillar, ko'p komponentli aralashmalarni rektifikat-siyalash, azeotropik rektifikatsiyalash, ekstraktiv rektifikatsiyalash.

Mustaqil ishlash uchun savollar

13.1. Suyuqliklarni haydash jarayonining neft va gazni qayta ishlash texnologiyasidagi roli. Suyuqliklarni haydash necha turga bo'linadi?

13.2. D.P. Konovalovning sinflashi bo'yicha suyuq aralashmalar necha xil bo'ladi? Konovalovning birinchi va ikkinchi qonunlari qanday ta'riflanadi?

13.3. Qanday sharoitlarda oddiy haydash usuli ishlatiladi? Bu usul necha turga bo'linadi?

13.4. Distillatsiya va rektifikatsiya o'rtasida qanday farq bor? Binar aralashmalarni rektifikatsiya qilishni grafik orqali tushuntirish mumkinmi?

13.5. Davriy ishlaydigan rektifikatsion qurilmaning sxemasi qanday ko'rinishga ega?

13.6. Uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion qurilmaning afzallik tomonlari nimalardan iborat?

13.7. Rektifikatsion kolonna ish chiziqlari tenglamalarini qanday qilib tuzish mumkin?

13.8. Rektifikatsion kolonnadagi tarelkalarning haqiqiy sonini grafik usul bilan aniqlasa bo'ladimi?

13.9. Flegma soni. Uni qanday chegaralarda o'zgartirish mumkin? Flegma sonining o'zgarishi rektifikatsion qurilmaning ishlashiga qanday ta'sir ko'rsatadi?

13.10. Rektifikatsion kolonnaning issiqlik balansini umumiy holatda qanday ifodalash mumkin?

13.11. Rektifikatsiyalash jarayoniga ta'sir qiluvchi asosiy omillar qatoriga qaysi kattaliklarni kiritsa bo'ladi?

13.12. Ko'p komponentli aralashmalarni rektifikatsiyalashda zarur bo'lgan kolonnalarning soni qanday topiladi?

13.13. Azeotrop va ekstraktiv rektifikatsiyalash o'rtasida qanday umumiy va xususiy tomonlari bor?

XIV bob. ABSORBSIYA

14.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Gaz hamda bug'-gaz aralashmalaridagi bir yoki bir necha komponentlarning suyuqlikda tanlab yutilish jarayoni absorbsiya deb ataladi. Yutilayotgan gaz absorbtiv, yutuvchi suyuqlik absorbent deyiladi. Absorbtiv bilan absorbentning o'zaro ta'siriga ko'ra absorbsiya jarayoni ikki xil bo'ladi: fizik absorbsiya va kimyoviy absorbsiya (xemosorbsiya). Fizik absorbsiyada yutilayotgan gaz bilan absorbent o'zaro bir-biri bilan kimyoviy birikmaydi. Agar yutilayotgan gaz absorbent bilan o'zaro birikib, kimyoviy birikma hosil qilsa, xemosorbsiya deyiladi. Absorbsiya jarayonida gazning yutilmay qolgan qismi inert gaz deb ataladi.

Fizik absorbsiya ko'pincha qaytar jarayondir, ya'ni suyuqlikka yutilgan gazni ajratib olish mumkin bo'ladi, bunday jarayon desorbsiya deyiladi. Absorbsiya bilan desorbsiya jarayonlarini uzluksiz olib borish natijasida yutilgan gazni toza holda ajratib olish va yutuvchi absorbentni bir necha marta qayta ishlatish imkoni paydo bo'ladi. Odatda absorbtiv va absorbent arzon va ikkilamchi mahsulot bo'lgani uchun, ular absorbsiya jarayonidan keyin ko'pincha qayta ishlatilmaydi.

Sanoatda absorbsiya jarayoni turli maqsadlarda qo'llaniladi: 1) gaz aralashmalaridan qimmatbaho komponentlarni ajratib olishda; 2) gaz aralashmalarini zaharli moddalardan tozalash uchun; 3) gazlarni quritish; 4) tayyor mahsulotlar olishda va hokazo.

Har bir aniq sharoit uchun tegishli absorbent tanlab olinadi; bunda yutilishi lozim bo'lgan komponentning absorbentdagi eruvchanligi hisobga olinadi. Tajriba yo'li bilan aniqlanganki, absorbsiya jarayonida har doim issiqlikning ajralib chiqishi yuz beradi. Gazlarning suyuq absorbentlardagi eruvchanligi quyidagi omillardan bog'liq bo'ladi: 1) gaz va suyuq fazalarning fizikaviy va kimyoviy xossalari; 2) harorat; 3) gazning aralashmadagi bosimi.

Absorbentlarni tanlashda quyidagi omillarga ahamiyat beriladi: ajratilishi lozim bo'lgan gazning tarkibi; jarayonning bosimi va harorati; uskunaning ish unumdorligi; absorbentning tanlab ta'sir qiluvchanligi va

uning yutish qobiliyati, korroziyaga uchrashish faolligi, narxi, zaharlik darajasi va hokazo.

Neft va gaz sanoatida absorbsiya jarayoni uglevodorodli gazlarni ajratish, quritish va tozalashda ishlatiladi. Tabiiy va yo'ldosh gazlardan absorbsiya usuli bilan etan, propan, butan va benzin komponentlari ajratib olinadi. Absorbsiya yordamida tabiiy gazlarni nordon komponentlar (oltingugurt vodorodi, oltingugurt uglerodi, uglerod dioksidi, merkaptanlar va hokazo) dan tozalanadi. Absorbsiya yordamida piroliz va katalitik kreking gazlari ajratiladi va gazlar zararli qo'shimchalardan tozalanadi.

Uglevodorodli gazlarni ajratishda absorbent sifatida benzin yoki kerosin fraksiyalari hamda gaz kondensati ishlatiladi; bunday gazlarni quritishda esa dietilenglikol va trietilenglikoldan foydalaniladi. Gazlarni nordon komponentlardan tozalash uchun N-metil-2-pirrolidon, glikollar, propilenkarbonat, tributilfosfat, metanol ishlatiladi.

Absorbsiya jarayonini o'tkazishga mo'ljallangan uskunalarni absorberlar deb yuritiladi.

14.2. ABSORBSIYA PAYTIDAGI MUVOZANAT

Absorbsiya jarayonida suyuqlik tarkibidagi gazning miqdori suyuqlik va gazning xususiyatiga, bosim, harorat va gaz fazasining tarkibiga bog'liq. Suyuqlik bilan biror gaz aralashmasining o'zaro ta'siri natijasida taqsimlanuvchi komponenet A tashuvchi komponent V yordamida suyuqlikda erigan bo'lsa, fazalar qoidasiga muvofiq komponentlarning soni va erkinlik darajasi uchga teng bo'ladi. Demak, gaz-suyuqlik sistemasida ikkala fazaning harorati, bosimi va konsentratsiyasi o'zgarishi mumkin. Shuning uchun o'zgarmas harorat va umumiy bosimda muvozanat holatidagi gazning parsial bosimi (yoki uning konsentratsiyasi) bilan suyuq faza tarkibining o'zaro bog'lanishi bir xil bo'ladi. Bu bog'lanish Genri qonuni bilan ifodalanib, erigan gazning parsial bosimi eritmadagi uning mol qismiga mutanosibdir:

$$P_A^* = E \cdot x_A . \qquad (14.1)$$

Suyuqlikdagi gazning eruvchanligi (yutilgan komponent A) ma'lum haroratda uning suyuqlik yuzasidagi parsial bosimiga mutanosibdir:

$$x^* = \frac{1}{E} \cdot P_A, \qquad (14.2)$$

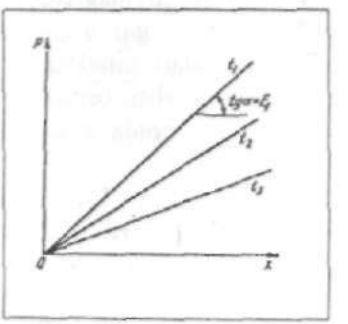
bu yerda, P_A^* – muvozanat holatidagi eritmada konsentratsiyasi x_A bo'lgan yutilayotgan gazning parsial bosimi; x^* – eritmadagi gazning konsentratsiyasi (mol hisobida), bu gaz bilan suyuqlik fazalari muvozanatlashganda yutilayotgan komponentning parsial bosimi R_A ga teng; E – mutanosiblik yoki Genri koeffitsiyenti.

Genri koeffitsiyentining miqdori berilgan gaz uchun yutilayotgan suyuqlik va gazning tarkibiga, haroratiga bog'liq bo'lib, sistemaning umumiy bosimiga bog'liq emas. E ning haroratga bog'liqligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\ell nE = -\frac{q}{R \cdot T} + C \ . \qquad (14.3)$$

bu yerda, q – eriydigan gazning differensial issiqligi, R – gaz doimiyligi; C – yutilayotgan suyuqlik va gazning tabiatiga bog'liq bo'lgan o'zgarmas kattalik.

Ideal suyuqliklar uchun har xil haroratda konsentratsiyaning bosim bilan o'zaro bog'lanishi R-x diagrammada to'g'ri chiziq ko'rinishida. Genri koeffitsiyentiga teng bo'lgan og'ma chiziqlar orqali tasvirlanadi. 14.1-rasmga va (14.3) tenglamaga muvofiq, harorat ortishi bilan Genri koeffitsiyentining miqdori (bir xil sharoitda) ortadi, (14.2) tenglamaga muvofiq esa gazning suyuliqdagi eruvchanligi kamayadi.



14.1-rasm. Gazning suyuqlikda erishiga haroratning ta'siri.

Gaz aralashmasidan ajratib olinayotgan komponentning mol ulushi u_A va sistemadagi umumiy bosim R bo'lganda, parsial bosim R_A Dalton qonuni bo'yicha quyidagi bog'lanish orqali ifodalanadi:

$$R_A = R \cdot U_A \ . \qquad (14.4)$$

R_A ning qiymatini (14.1) tenglamaga qo'ysak:

$$y_A^* = \frac{E}{P} x_A . \qquad (14.5)$$

Genri qonunini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$y^* = m \cdot x , \qquad (14.6)$$

bu yerda, m = E/R - taqsimlanuvchi koeffitsiyent yoki muvozanat holatdagi fazaning doimiyligini belgilaydi.

(14.6) tenglamadan ko'rinib turibdiki, gaz fazasidagi berilgan komponent konsentratsiyasi va gaz fazasi bilan muvozanatda bo'lgan suyuqlik konsentratsiyasi o'rtasidagi bog'liqlik to'g'ri chiziq (muvozanat chizig'i) bilan ifoda qilinadi. Bu to'g'ri chiziq koordinata boshidan o'tib, ma'lum qiyalik burchagi α ga ega, bu burchakning tangensi m ga teng. Sistemadagi haroratning pasayishi va bosimning ortishi bilan m ning qiymati kamayadi. Shu sababdan gazning suyuqlikdagi eruvchanligi bosimning ortishi va haroratning pasayishi bilan ko'payadi.

14.3. ABSORBERNING MODDIY BALANSI

Fazalar sarfini uskunaning balandligi bo'yicha o'zgarmas deb va yutilayotgan gazning miqdorini nisbiy mol konsentratsiyada qabul qilamiz. Moddiy balans tenglamasini tuzish uchun absorbsiya jarayonidagi asosiy kattaliklarni quyidagicha belgilaymiz: G – inert gazning sarfi, kmol/s; Y_b va Y_0 – gaz aralashmasidagi absorbtivning dastlabki va oxirgi konsentratsiyalari, kmol/kmol inert gazga nisbatan; L – absorbentning sarfi; X_b va X_0 – absorbentning boshlang'ich va oxirgi konsentarsiyalari, kmol/kmol. Bu holda moddiy balansning tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$G(Y_b - Y_0) = L(X_0 - X_b) \ . \qquad (14.7)$$

Bu tenglamadan absorbentning sarfi :

$$L = G \frac{Y_b - Y_0}{X_0 - X_b} \ . \qquad (14.8)$$

Uning solishtirma sarfi esa kmol/kmol inert gazga nisbatan:

$$l = \frac{L}{G} = \frac{Y_b - Y_0}{X_0 - X_b} \ . \qquad (14.9)$$

Bu tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$Y_b - Y_0 = l(X_0 - X_b). \qquad (14.10)$$

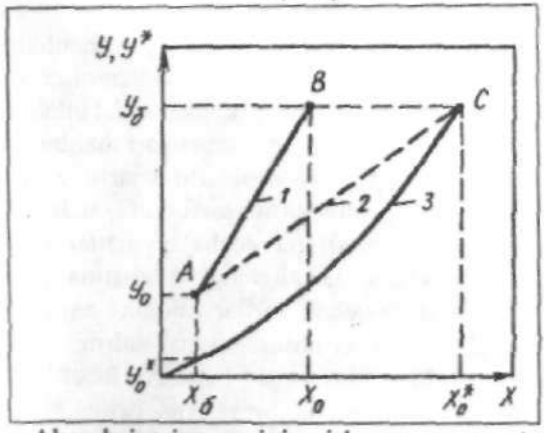
Agar gaz fazasidagi tegishli komponent to'la yutilgan paytda $Y_0 = 0$,

Agar gaz fazasidagi tegishli komponent to'la yutilgan paytda $Y_0=0$, yutilgan komponentning miqdori esa GY_b ni tashkil etadi. Haqiqiy yutilgan modda miqdorini to'la yutilish paytidagi modda miqdoriga nisbati ajratib olish darajasi deb ataladi:

$$\varphi = \frac{G(Y_b - Y_0)}{GY_b} = \frac{Y_b - Y_0}{Y_b} \quad . \qquad (14.11)$$

Ish chizig'ini chizish uchun fazalarning absorberga kirishdagi (Y_b, X_b) va undan chiqishdagi tarkiblarini (Y_0, X_0) bilish kerak. Biroq odatda gaz va suyuqlikning dastlabki tarkiblari (Y_b, X_b) va ajratib olish darajasi φ berilgan bo'ladi. So'ngra Y_0 ning qiymati aniqlanadi. Shunday qilib A nuqtasining o'rni belgilanadi (14.2-rasm). Ish chizig'i AS ning holati, ya'ni S nuqta muvozanat chizig'ida joylashgan paytda, absorbentning sarfi minimal qiymatga ega bo'ladi:

$$\frac{L_{min}}{G} = \frac{Y_b - Y_0}{X_0^* - X_b} \quad . \qquad (14.12)$$



14.2-rasm. Absorbsiya jarayonining ish va muvozanat chiziqlari: 1–absorbentning sarfi L bo'lganidagi ish chizig'i; 2–absorbentning sarfi L_{min} bo'lgandagi ish chizig'i; 3–muvozanat chizig'i $Y^* = f(x)$.

Absorbentning sarfi minimal bo'lganda ish chizig'ining muvozanat chiziq bilan kesishgan nuqtasi S da jarayonning harakatlantiruvchi kuchi nolga teng bo'ladi.

Sanoat miqyosida ishlatilayotgan absorberlarda fazalararo muvozanat ro'y bermaydi va har doim $X_0 < X_0^*$ (bu yerda, X_0^*– uskunaga kirayotgan gaz bilan muvozanatda bo'lgan suyuqlikdagi yutilayotgan komponentning tarkibi). Demak, absorbentning qiymati L

uning minimal qiymati L_{min} dan katta bo'lishi kerak ($L > L_{min}$). Yutuvchi suyuqlikning sarfi ko'payishi bilan absorberning kerakli balandligi kamayadi, biroq desorbsiya jarayoni va suyuqlikni uzatish uchun zarur bo'lgan sarflar ortadi.

Absorbentning sarfiga harorat va bosim ham ta'sir ko'rsatadi. Absorbentning minimal sarfini quyidagi tenglama orqali aniqlash mumkin:

$$L_{min} = G\frac{Y_g - Y_0}{\frac{P}{E}Y_g - X_g}, \qquad (14.13)$$

bu yerda, P – gaz aralashmasining umumiy bosimi; E – Genri doimiyligi.

Bir xil bo'lgan sharoitlarda gaz aralashmasi umumiy bosimning ko'payishi bilan absorbentning sarfi kamayadi. Haroratning ortishi bilan Genri koeffitsiyentining qiymati ham, yutuvchi suyuqlikning sarfi ham ko'payadi.

Texnologik shart-sharoitlariga ko'ra absorbentdagi yutiluvchi moddaning tarkibi X_0 berilmagan bo'lsa, absorbentning o'lchamlari va absorbentning sarfi o'rtasida shunday nisbatlarni tanlab olish kerakki, bunda L ning qiymati va uskunaning o'lchamlari maqbul bo'lishi kerak. Buning uchun texnikaviy-iqtisodiy hisoblarni bajarish zurur bo'ladi.

Odatda absorbentning solishtirma sarfi L/G_T uchun (bu yerda, G_T – inert gaz-tashuvchining sarfi) bir necha qiymatlar berilgan bo'ladi; ushbu qiymatlar bo'yicha uskunaning o'lchamlari, amortizatsiya, ta'mirlash va uni ishlatish uchun sarflar miqdori aniqlanadi. Umumiy sarflarning minimal qiymatlari absorbent solishtirma sarfining maqbul qiymatiga to'g'ri keladi $(L/G_T)_{opt}$. Bunday hisoblashlar sanoatda chiqarilayotgan absorberlarning har bir seriyasi uchun bajariladi.

Amaliyotda yutuvchi suyuqlikning sarfini quyidagicha qabul qilinada:

$$L = (1{,}3 \div 1{,}5)\, L_{min}.$$

14.4. ABSORBSIYA TEZLIGI

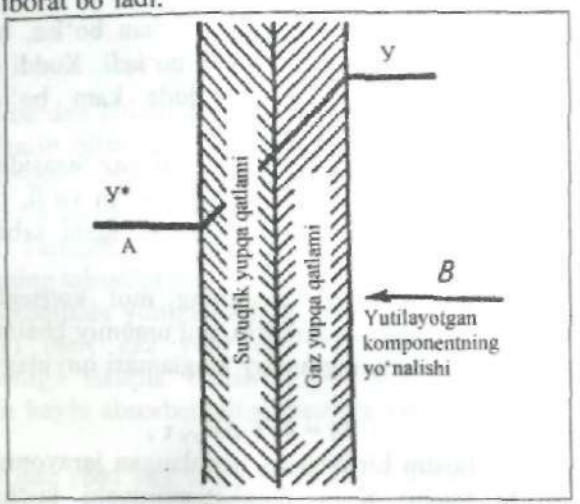
Absorbsiya jarayonining tezligi quyidagi modda o'tkazish tenglamalari orqali ifoda qilinadi:

$$M = K_u F \Delta U_{o'r} \tau; \qquad (14.14)$$

$$M = K_x F \Delta X_{o'r} \tau; \qquad (14.15)$$

bu yerda, M – gaz fazasidan suyuqlik fazasiga o'tgan moddaning miqdori; F – fazalarning kontakt yuzasi; τ – jarayonning davomiyligi; $\Delta U_{o'r}$, $\Delta X_{o'r}$ – jarayonning harakatlantiruvchi kuchi, konsentratsiyalar yoki bosimlar farqi orqali ifodalanadi; K_u, K_x – modda o'tkazish yoki absorbsiya koeffitsiyentlari.

Absorbsiya jarayonining sxemasi 14.3-rasmda ko'rsatilgan. Suyuq faza A oqimning asosiy massasi (yoki markazi) va yupqa chegara qatlamidan iborat bo'ladi.



14.3-rasm. Absorbsiya jarayonining sxemasi.

V fazasi esa suyuq chegara qatlamiga tegib turgan gazning yupqa chegara qatlamiga ega. Ushbu chegara qatlamlarda yutilayotgan komponent faqat diffuziya ta'sirida tarqaladi. Shunday qilib, modda o'tkazishga to'sqinlik qiladigan hamma qarshiliklar yupqa chegara qatlamlarida yig'ilgan bo'ladi.

Suyuq chegara qatlamidagi modda o'tkazishga bo'lgan qarshilikni $1/\beta s$, gaz chegara qatlamidagi qarshilikni esa $1/\beta r$ bilan belgilab, quyidagi tenglamalarga erishamiz:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta r} + \frac{m}{\beta c}}; \qquad (14.16)$$

$$K_x = \frac{1}{\frac{1}{\beta c} + \frac{1}{m\beta r}}; \qquad (14.17)$$

bu yerda, β_r – gaz fazasidagi modda berish koeffitsiyenti; β_S – suyuq fazadagi modda berish koeffitsiyenti; m – muvozanat chizig'i qiyalik burchagining tangensi (yoki mutanosiblik koeffitsiyenti).

Modda berish koeffitsiyentlarining qiymatlari suyuqlik va gaz fazalari o'rtasida kontakt hosil qilish usuliga, gaz va suyuqlikning fizik xossalariga va ularning harakat tezliklariga bog'liq. Modda berish koeffitsiyentlarining miqdorlari kriterial va empirik tenglamalar yordamida topiladi.

Agar gaz suyuqlikda juda yaxshi eruvchan bo'lsa, mutanosiblik koeffitsiyenti m ning qiymati juda kichik bo'ladi. Xuddi shuningdek, suyuq fazadagi diffuzion qarshilik ham juda kam bo'ladi. Bunda $1/\beta_r' >> 1/\beta_S$ bo'lgani uchun $K_u = \beta_r$ bo'ladi.

Suyuqlikda yomon eruvchan gazlar uchun gaz fazasidagi diffuzion qarshilikni hisobga olmasa ham bo'ladi (chunki m va β_r ning qiymati juda katta). Shuning uchun $1/\beta_S >> 1/\beta_r m$ bo'lgani sababli $K_X = \beta_S$ bo'ladi.

(14.14) tenglamadagi gaz fazasining mol konsentratsiyalarini gazning parsial bosimi bilan almashtirib, uni umumiy bosim ulushlarida ifodalasak, modda o'tkazishning asosiy tenglamasi quyidagi ko'rinishni egallaydi:

$$M = K_r F \Delta R_{o'r} \tau , \qquad (14.18)$$

bu yerda, $\Delta R_{o'r}$ – bosim birliklarida ifodalangan jarayonning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi; K_r – harakatlantiruvchi kuchga nisbatan olingan yutiluvchi gazning parsial bosimi bilan ifodalangan modda o'tkazish koeffitsiyenti.

Absorbsiya koeffitsiyentining qiymati gaz bilan suyuqlik o'rtasidagi kontakt qilish usuliga, ikkala fazaning fizik xossalari va ularning harakat tezligiga bog'liq bo'ladi. K_u va K_X ning son qiymatlari odatda tajriba natijalarini o'xshashlik nazariyasi asosida qayta ishlab olingan kriterial tenglamalar yordamida aniqlanadi. Ikkita misol keltiramiz. Agar suyuqlik birorta yuza bo'ylab yupqa qatlam ustida uchrashsa, bunday sharoitda gaz yupqa qatlamidagi modda berish koeffitsiyenti β_r ni quyidagi kriterial tenglama bilan topish mumkin:

$$Nu_r' = A\,Re_r^m (Pr_r')^n , \qquad (14.19)$$

bu yerda, Nu_r' va Pr_r' – gaz uchun Nusselt va Prandtl diffuzion mezonlari; Re_r – gaz uchun Reynolds mezoni.

$Re_r = 100 \div 10000$ va $Pr_r' = 0{,}5 \div 2$ bo'lganda:

$$Nu_r' = 0{,}027\, Re^{0{,}8} (Pr_r')^{0{,}33} . \qquad (14.20)$$

Nasadkali absorberlarda suyuq fazadagi modda berish koeffitsiyenti β_s quyidagi kriterial tenglama yordamida aniqlansa bo'ladi:

$$Nu_C^l = 0{,}00595\ \mathrm{Re}_s^{0,67}\,(\mathrm{Pr}_C^l)^{0,33}\,\mathrm{Ga}_c^{0,33}, \qquad (14.21)$$

bu yerda, Nu_C^l – suyuqlik uchun Nusselt diffuzion mezoni; Re_C – suyuqlik uchun Reynolds soni; Pr_C^l – suyuqlik uchun Prandtl diffuzion mezoni; Ga_c – suyuqlik uchun Galiley mezoni.

14.5. DESORBSIYA

Absorberdan chiqib ketayotgan suyuq yutuvchi tarkibidagi erigan gazlarni ajratib olish jarayoni desorbsiya deb ataladi. Desorbsiyaning asosiy maqsadi ishlatilgan absorbentni regeneratsiya qilish hamda yutilgan gazni haydash yoki rektifikatsiya usuli bilan ajratib olishdan iboratdir. Sanoatda desorbsiyaning turli usullari qo'llaniladi. Aralashmaning tabiatiga ko'ra desorbsiyaning u yoki boshqa usuli tanlab olinadi. Suyuqlikda yutilgan komponent quyidagi usullarda desorbsiya qilinadi: 1) inert gaz yoki suv bug'i yordamida ajratib olinadi; 2) absorbentga issiqlik berish bilan ajratib olinadi; 3) absorbsiya jarayonidan keyin absorbentning bosimini kamaytirish natijasida ajratib olinadi.

Inert gaz yoki suv bug'i ta'sirida desorbsiya qilish. Bu usulda yutilgan gazni desorbsiya qilish uchun inert gaz yoki suv bug'i ishlatiladi. Bunda inert gaz yoki suv bug'i suyuqlik bilan bevosita bir-biriga ta'sir qiladi. Taqsimlanayotgan komponentning parsial ish bosimi suyuqlik ustidan desorbsiya qilinayotgan agent bosimiga qaraganda yuqori bo'lgani uchun bu komponent suyuqlikdan gaz oqimiga yoki suv bug'iga o'tadi. Yutilgan gazni suyuqlikdan ajratib olish uchun desorbsiya jarayoni inert gaz va suv bug'i ta'sirida qarama-qarshi yo'nalishda nasadkali kolonnalarda olib boriladi. Inert gaz sifatida havo ishlatiladi, yutilgan gaz esa u bilan aralashib ketadi. Bunday desorbsiya usuli gaz aralashmasidan ajratib olingan komponent boshqa maqsadlarda ishlatilmagan hollarda qo'llaniladi.

Absorberga issiqlik berish yo'li bilan yutilgan gazni ajratib olish. Desorberga issiqlik berilganda, masalan, u suv bug'i bilan isitilganda, suyuqlikda desorbsiya qilinayotgan komponent bilan absorbentning ham bir qismi bug'lanadi. Hosil bo'lgan aralashmalardan kerakli komponentni ajratib olish uchun rektifikatsiya usuli qo'llaniladi.

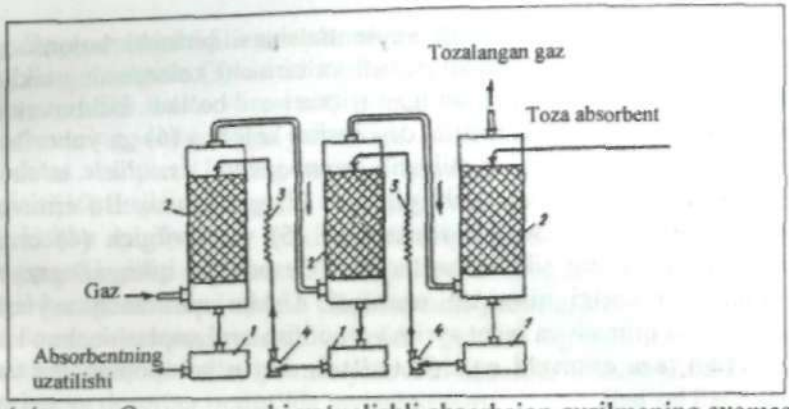
Absorberning bosimini kamaytirib yutilgan gazni ajratib olish. Bu desorbsiya usuli juda oddiy bo'lib, absorbsiya jarayoni atmosfera bosimidan yuqori bosimlarda olib borilganda kolonnadagi bosimni atmosfera bosimigacha kamaytirish natijasida yutilgan gaz desorbsiya qilinadi. Agar absorbsiya jarayoni atmosfera bosimida olib borilsa, u holda desorbsiya qilinuvchi komponent vakuum-nasos yordamida tortib olinadi. Eritma tarkibidagi desorbsiya qilinadigan komponentni butunlay ajratib olish uchun ko'pincha desorbsiya jarayonlari issiqlik berish bilan birgalikda past bosim ostida olib boriladi.

14.6. ABSORBSION QURILMALARNING SXEMALARI

Absorbsion qurilmalar ishlash rejimiga ko'ra davriy va uzluksiz bo'ladi. Kichik hajmli ishlab chiqarishlarda faqat davriy ishlaydigan absorbsion qurilmalar ishlatiladi. Zamonaviy sanoat korxonalarida ko'pincha uzluksiz ishlaydigan qurilmalardan foydalaniladi. Gaz va suyuq fazalarning yo'nalishiga ko'ra, qarama-qarshi va to'g'ri yo'nalishli absorbsion qurilmalar mavjud. Absorbsion qurilmalar ish prinsipiga asosan bir va ko'p pog'onali, resirkulatsiyali va regeneratsiyali bo'ladi.

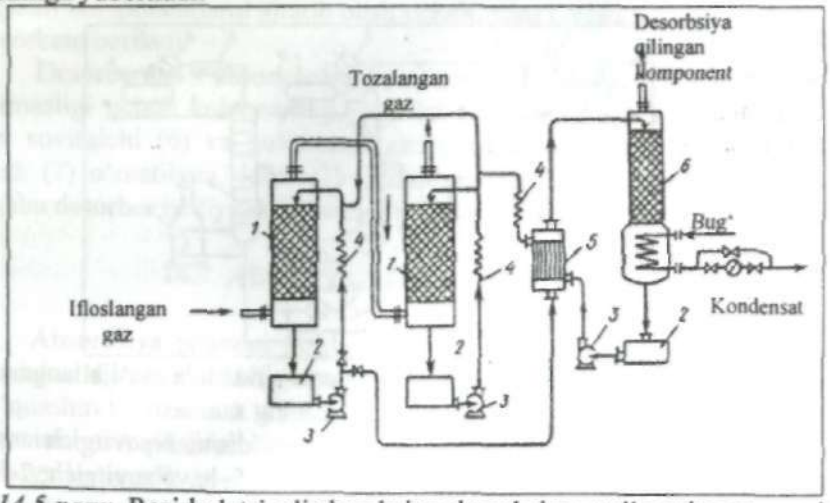
14.4-rasmda uchta absorber ketma-ket ulangan qarama-qarshi yo'nalishli qurilmaning sxemasi ko'rsatilgan. Qurilma tarkibiga absorberlar (2) dan tashqari eritma yig'gichlar (1), eritmani haydash uchun markazdan qochma nasoslar (4) va eritmani sovitish uchun issiqlik almashgichlar (3) kiradi. Yutuvchi suyuqlik gazning yo'nalishi bo'yicha oxirgi absorberga beriladi, yuqoridan pastga oqib, qabul qiluvchi yig'gichga tushadi va nasos yordamida sovitgich orqali oldingi absorberga yuboriladi. Shunday qilib, qarama-qarshi yo'nalishdagi gaz va suyuqlikning o'zaro ta'siri yuz beradi.

Suyuqlikning to'la darajadagi to'yinishini amalga oshirish uchun hamda eritmadan yutilgan komponentni toza holda ajratib olish maqsadida, resirkulatsiyali absorbsion-desorbsion qurilma ishlatiladi (14.5-rasm). Bunday qurilma gaz yo'nalishi bo'yicha ketma-ket joylashgan ikkita absorber 1, eritmalar uchun yig'gichlar (2), nasoslar (3), sovitgichlar (4), issiqlik almashgich (5) va desorbsiya kolonnasi (6) dan tashkil topgan. Ifloslangan gaz birinchi kolonnaga beriladi, suyuqlik esa absorberning tepa qismidan yuboriladi, bu yerda gaz bilan suyuqlik uzluksiz kontaktga uchraydi.



14.4-rasm. Qarama-qarshi yo'nalishli absorbsion qurilmaning sxemasi. 1–eritma yig'gich; 2–absorberlar; 3–sovitgichlar; 4–nasoslar.

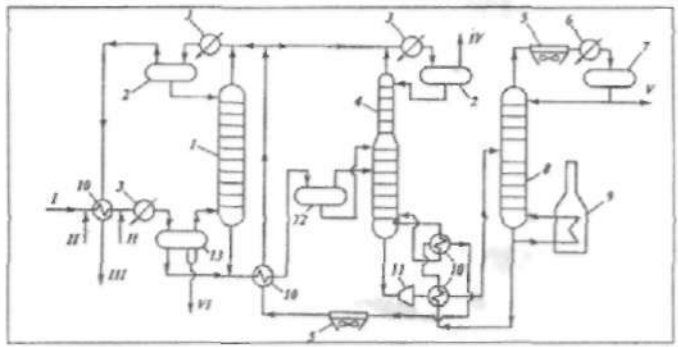
Ushbu qurilmada suyuqlik chegaralangan sikl bo'yicha harakat qiladi. Birinchi kolonnada qisman tozalangan gaz ikkinchi kolonnaga yo'naltiriladi. Ikkinchi kolonna ham suyuqlik bilan chegaralangan sikl bo'yicha ta'minlanib turiladi. Ikkinchi kolonnaga berilayotgan eritmaning konsentratsiyasi ma'lum qiymatga yetganda birinchi kolonnaning sikliga yuboriladi.



14.5-rasm. Resirkulatsiyali absorbsion-desorbsion qurilmaning sxemasi: 1–absorberlar; 2–yig'gichlar; 3–nasoslar; 4–sovitgichlar; 5–issiqlik almashgich; 6–desorber.

Shunday qilib, eritmaning konsentratsiyasi birinchi kolonnadan ikkinchi kolonnaga o'tganda ko'payadi va birinchi kolonnaning siklida konsentratsiyasi ancha yuqori bo'lgan eritma hosil bo'ladi. Ushbu eritma issiqlik almashgich (5) da isitilib, desorbsion kolonna (6) ga yuboriladi. Desorberda suyuqlikda yutilgan komponent issiqlik ta'sirida bug'latiladi. Toza issiq erituvchi yig'gich (2) ga tushadi. Bu erituvchi nasos (3) yordamida issiqlik almashgich (5) va sovitgich (4) orqali ikkinchi kolonnaning siklida qaytariladi. Desorbsiya qilingan gaz esa uskunaning yuqorigi qismidan uzatiladi. Ushbu qurilmada suyuqlik resirkulatsiya qilinadi va faqat ayrim yo'qotilishlarni qoplash uchun kam miqdordagi toza erituvchi qo'shib turiladi, erigan komponent esa toza holda hosil bo'ladi.

14.6-rasmda tabiiy neftga yo'ldosh gazlarni ajratishga mo'ljallangan absorbsion qurilmaning sxemasi keltirilgan. 30–40°C haroratli gaz xomashyosi I isitkichlar (10) va sovitgichlar (3) tizimi orqali faza ajratgichi (13) ga kiradi. Gaz tarkibidagi suv bug'larini ajratib olish uchun isitgichlarga dietilenglikolning 70–80 % eritmasi II yuboriladi. Faza ajratgichidan so'ng gazlar absorber (1) ga kiradi, kondensat – deetanizatsiyaga, tarkibida suvni ushlagan dietilenglikol eritmasi esa – regeneratsiyaga yuboriladi.



14.6-rasm. Tabiiy va neftga yo'ldosh gazlarni ajratishga mo'ljallangan absorbsion – desorbsion qurilmaning sxemasi:
1–absorbor; 2–dastlabki to'yingan absorbent idishi; 3–sovitgich (propanli bug'lanish); 4–fraksiyalovchi absorber; 5–havo sovitgich; 7–suyuqlik bilan ta'minlovchi idish; 8–desorber; 9–quvurli pech; 10–issiqlik almashgich; 11–gidravlik turbina; 12–seperator; 13–faza ajratgichi. Oqimlar: I–ho'l gaz; II–glikolning dastlabki eritmasi; III–quruq gaz; IV–yonilg'i gazi; V–noturg'un benzin; VI–regeneratsiya.

Regeneratsiya qilingan absorbent absorberdan chiqayotgan quruq gaz bilan sovitgich (3) da uchrashadi, u yerda absorbent asosan yengil uglevodorodlar (etan va metan) bilan to'yinadi va dastlabki to'yingan absorbentning idishi (2) ga yuboriladi. Idish (2) dan dastlabki to'yingan absorbent absorber (1) ning yuqorigi qismiga beriladi, quruq gaz III esa isitgich (10) orqali qurilmadan tashqariga chiqariladi.

Ushbu qurilmaning tarkibida fraksiyalovchi absorber (4) bo'lib, uning pastki qismi desorber sifatida (absorbentning asosiy oqimidan eng yengil komponentlarni ajratib olish uchun), yuqorigi qismi esa absorber sifatida (uskunaning pastki qismida gazdan og'ir komponentlarni ajratish uchun) ishlatiladi. Fraksiyalovchi absorber texnologik sxemada absorber va desorber oralig'ida joylashtiriladi.

To'yingan absorbentning faza ajratgich (13) dan chiqayotgan kondensat bilan aralashmasi issiqlik almashgich (10) va separator (12) orqali ikkita oqim bilan fraksiyalovchi absorber (4) ning ta'minlovchi seksiyasiga yuboriladi. Fraksiyalovchi separatorning patski qismiga berilgan issiqlik ta'sirida komponentlar gazdan qisman ajratiladi. Qisman regeneratsiya qilingan absorbent oqimi gidravlik turbina (11) va issiqlik almashgich (10) orqali to'la regeneratsiya qilish uchun desorber (8) ga yuboriladi. Fraksiyalovchi absorberning yuqorigi qismiga, gazdan tegishli komponentlarni ajratib olish uchun, yangi regeneratsiya qilingan absorbent beriladi.

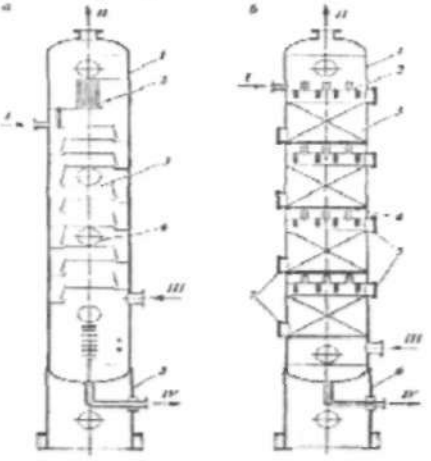
Desorberdan absorbentning noturg'un benzin bilan chiqib ketmasligi uchun kolonnaning yuqorigi tomonida havo sovitgichi (5), suv sovitgichi (6) va kolonnani noturg'un benzin bilan ta'minlovchi idish (7) o'rnatilgan. Idish (7) dan noturg'un benzin V olib turiladi. Ushbu desorber oddiy rektifikatsiya kolonna kabi ishlaydi.

14.7. ABSORBERLARNING TUZILISHI

Absorbsiya jarayoni fazalarni ajratuvchi yuzada ro'y beradi. Shu sababdan absorberlarda iloji boricha gaz va suyuqlik o'rtasidagi kontakt (to'qnashuv) yuzasini ko'paytirish zarur. Fazalarning to'qnashuv yuzasini hosil qilish usuliga ko'ra, absorberlar shartli ravishda quyidagi turlarga bo'linadi: 1) plyonkali; 2) nasadkali; 3) tarelkali; 4) suyuqlikni sochib beruvchi.

Neft va gazni qayta ishlash korxonalarida tarelkali va nasadkali absorberlar eng ko'p tarqalgan. 14.7-rasmda tarelkali va nasadkali absorberlarning sxematik ko'rinishlari tasvirlangan. Tarelkali absorber

(14.7, a-rasm) vertikal joylashgan uskunadan iborat bo'lib, qobiq (1) ning yuqorigi qismida absorbentning gaz oqimi bilan chiqib ketmasligi uchun tomchi ajratgich (2) o'rnatilgan. Tarelkalar (3) ning ustida gaz oqimi bilan absorbentning to'qnashuvi yuz beradi. Absorberni ta'mirlash



14.7-rasm. Absorberlar:
a–tarelkali: 1–qobiq; 2–tomchi ajratgich; 3–tarelka; 4–qopqoqli tuynuk; 5–tayanch gardishi; b–nasadkali: 1–qobiq; 2–taqsimlovchi tarelka; 3–nasadka; 4–tayanch panjarasi; 5–qopqoqli yuklash tuynuklari; 6–tayanch; 7–qopqoqli tushirish tuynuklari. Oqimlar: I–to'yinmagan absorbent; II–quruq gaz; III–ho'l gaz; IV–to'yingan absorbent.

va uning ichki qismlarini montaj qilish uchun 4–5 ta tarelkalarning oralig'iga qopqoqli tuynuklar (4) joylashtirilgan. Qobiqning pastki qismi tayanch gardishi (5) ga payvand qilingan.

Nasadkali absorber (14.7,b-rasm) ning yuqorigi qismida regeneratsiya qilingan absorbent uchun taqsimlovchi tarelka (2) o'rnatilgan. Nasadkali qatlam tayanch panjarasi (4) ning ustiga joylashtirilgan. Absorberni nasadka bilan yuklash va uni tushirish tuynuklar (5) va (7) orqali amalga oshiriladi.

Neftga yo'ldosh bo'lgan gazlarni ajratishda absorberlardagi bosim 1,6–2,0 MPa, tabiiy gazning komponentlarini ajratishda esa 4,0–7,5 MPa ni tashkil etadi. Absorberdagi harorat ishlatiladigan sovituvchi agentning haroratiga bog'liq bo'ladi, masalan, propanni ajratib olishda minus 40^0C, etanni ajratib olishda esa minus 80–100^0C atrofida bo'ladi. Sanoatda ishlatiladigan absorberlarning diametri ish unumdorligiga bog'liq bo'lib, 3 metrgacha bo'lishi mumkin. Uskunadagi tarelkalarning

soni 30–40 tani tashkil etadi. Gazni qazib olish konlarida xomashyoni tozalash va quritish uchun ishlatiladigan bitta absorberning ish unumdorligi bir kechayu-kunduzda 10–35 mln.m^3 ni tashkil etadi.

Tayanch so'z va iboralar

Absorbsiya, absorbent, sorbent, absorbtiv, fizik absorbsiya, xemosorbsiya, absorbsiya paytidagi muvozanat, taqsimlanuvchi komponent, tashuvchi komponent, gazning parsial bosimi, gazning eruvchanligi, Genri qonuni, gaz doimiyligi, inert gazning sarfi, absorbtivning dastlabki va oxirgi konsentratsiyalari, absorbsiyaning moddiy balansi, ajratib olish darajasi, absorbentning solishtirma sarfi, muvozanat chizig'i, ish chiziqlari, fazalarning kontakt yuzasi, gaz fazasidan suyuqlik fazasiga o'tgan moddaning miqdori, jarayonning harakatlantiruvchi kuchi, absorbsiya koeffitsiyentlari, chegara qatlamdagi qarshilik, gaz fazasidagi diffuzion qarshilik, suyuq fazadagi *diffuzion qarshilik,* desorbsiya, absorbsion-desorbsion qurilmalar, tarelkali absorber, nasadkali absorber.

Mustaqil ishlash uchun savollar

14.1. Neft va gazni qayta ishlash sanoatida absorbsiya jarayonidan *qanday maqsadlar uchun foydalaniladi*?

14.2. Absorbsiya jarayonining mohiyatini qanday ifoda qilish mumkin va ushbu jarayon necha turga bo'linadi?

14.3. Genri qonuni. Genri koeffitsiyenti qanday kattaliklarga bog'liq va qaysi tenglama yordamida aniqlanadi?

14.4. Absorbsiya jarayonining moddiy balansi qanday qilib tuziladi? Absorbentning solishtirma va minimal sarflari qanday topiladi?

14.5. Absorbsiya jarayonining tezligi qaysi tenglama orqali ifodalanadi? Absorbsiya koeffitsiyentlari qanday o'lchov birliklariga ega?

14.6. Nasadkali absorberlarda suyuq fazadagi modda berish koeffitsiyentini qaysi kriterial tenglama yordamida aniqlash mumkin?

14.7. Desorbsiya jarayoni qanday maqsadlar uchun qo'llaniladi? Suyuqlikda yutilgan komponent qanday usullar bilan desorbsiya qilinadi?

14.8. Absorbsion qurilmalar necha turga bo'linadi? Qarama-qarshi yo'nalishli va resirkulatsiyali absorbsion-desorbsion qurilmalar o'rtasida qanday umumiy va xususiy tomonlar bor?

14.9. Tabiiy va neftga yo'ldosh gazlarni ajratishga mo'ljallangan absorbsion qurilmalarning sxemasini qanday tasvirlash mumkin?

14.10. Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasida qanday absorberlar eng ko'p tarqalgan? Ulraning sxemalari qanday ko'rinishga ega?

XV bob. REKTIFIKATSION VA ABSORBSION KOLONNALARNING ASOSIY RUSUMLARI VA ULARNI HISOBLASH

15.1. KOLONNALI USKUNALARNI SINFLASH

Rektifikatsiya va absorbsiya jarayonlarida bug' (gaz) va suyuqlik oqimlarining kontaktini amalga oshirish uchun turli tuzilishga ega bo'lgan uskunalar ishlatiladi, ularning ichida kolonna rusumidagi vertikal uskunalar eng ko'p tarqalgan. Ushbu rusumdagi uskunalar ishchi bosim, texnologik vazifasi va kontakt moslamalarining rusumiga qarab sinflanadi.

Ishchi bosimning miqdoriga ko'ra kolonnali uskunalar atmosfera bosimida, vakuum ostida va bosim ta'sirida ishlaydigan uskunalarga bo'linadi.

Texnologik vazifasiga binoan kolonnali uskunalar quyidagi turlarga bo'linadi: neft va mazutni atmosfera bosimida va atmosfera bosimi – vakuum ta'sirida ajratishga mo'ljallangan qurilmalarning kolonnalari; benzinlarni ikkilamchi haydash qurilmalarining kolonnalari; katalitik kreking qurilmalarining kolonnalari; gazlarni ajratish qurilmalarining kolonnalari; moylarni deparafinizatsiya qilishda erituvchilarni regeneratsiyalaydigan qurilmalarning kolonnalari va boshqalar.

Ichki kontakt moslamalarining rusumiga ko'ra kolonnali uskunalar to'rtta turga bo'linadi: tarelkali, nasadkali, plyonkali va suyuqlikni sochib beruvchi uskunalar. Kontakt moslamalarini tanlash quyidagi omillarga bog'liq bo'ladi: ajraladigan aralashmalarning xossalari; uskunadagi ishchi bosim; bug' (gaz) va suyuqlikning sarflari va hokazo.

Neft va gazni qayta ishlash sanoatida asosan tarelkali va nasadkali kolonnalar ishlatiladi.

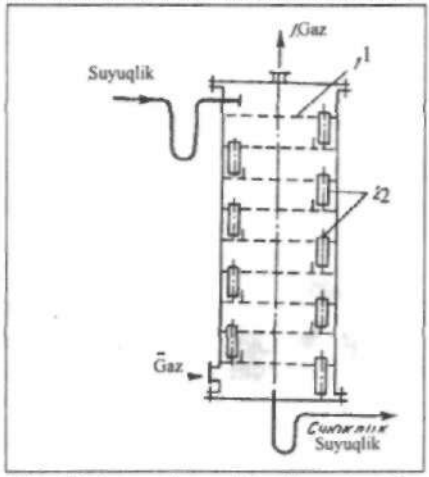
15.2. TARELKALI KOLONNALAR

Tarelkali kolonnaning ichki qismiga uning balandligi bo'ylab bir xil oraliqda bir necha gorizontal to'siqlar, ya'ni tarelkalar o'rnatiladi. Tarelkalar orqali gaz va suyuqlik bir-biri bilan o'zaro to'qnashib, ularning harakati boshqariladi. Gazlarning suyuqlikdan o'tishi va

natijada tomchi hamda ko'piklarning hosil bo'lishi barbotaj deyiladi.

Sanoatda konstruktiv tuzilishi turlicha bo'lgan tarelkalar ishlatiladi. Suyuqlikning bir tarelkadan ikkinchi tarelkaga quyilishiga qarab tarelkali kolonnalar quyilish moslamasi bor va quyilish moslamasi yo'q bo'ladi.

Quyilish moslamasi bor tarelkali kolonnalarda suyuqlik bir tarelkadan ikkinchi tarelkaga quyiluvchi quvur yoki maxsus moslama orqali o'tadi. Bunda quvurning pastki qismi pastki tarelkadagi stakanga tushirilgan bo'lib, gidravlik zatvor vazifasini bajaradi, ya'ni bir tarelkadan ikkinchi tarelkaga faqat suyuqlikni o'tkazib gazni o'tkazmaydi. 15.1-rasmda quyilish moslamasi bor tarelkali absorberning sxemasi

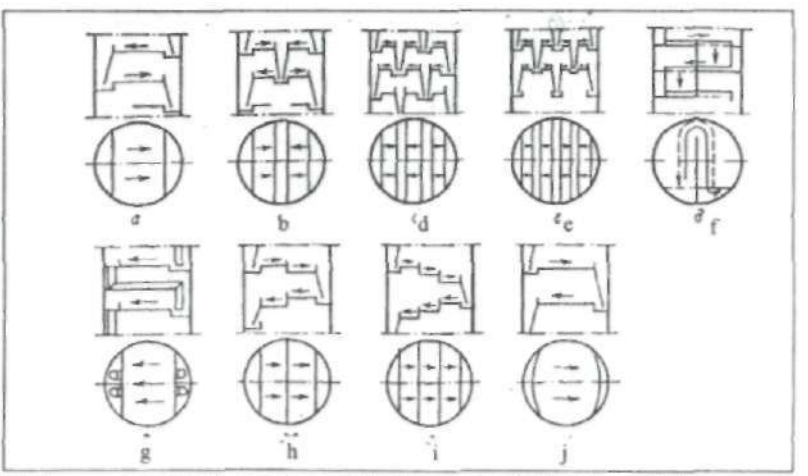


15.1-rasm. Quyilish moslamasi bo'lgan tarelkali kolonna:
1–g'alvirsimon tarelka; 2–quyilish quvuri.

ko'rsatilgan. Bunda suyuqlik kolonnaning yuqorigi qismidagi tarelkaga berilib, bu suyuqlik tarelkadan tarelkalarga maxsus moslama orqali o'tib, kolonnaning pastki qismidan chiqib ketadi. Gaz esa kolonnaning pastki qismidagi tarelkalarning teshikchalaridan pufakchalar holida taqsimlanib, tarelkalardagi suyuqlik qatlamida ko'pik hosil qilib yuqoriga harakat qiladi. Tarelkada hosil bo'lgan gaz ko'piklari modda va issiqlik almashinish jarayonining asosiy qismini tashkil qiladi. Tozalangan gaz esa kolonnaning yuqorigi qismidan chiqadi. Quyilish quvurlari shunday joylashtiriladiki, bunda qo'shni tarelkadagi suyuqlik qarama-qarshi yo'nalishda harakat qiladi.

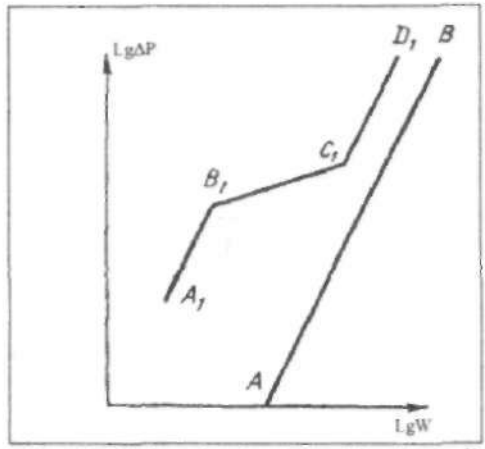
Quyilish moslamasi bor kolonnalarda elaksimon, qalpoqchali, S – simon elementli, klapanli, kapsulali, plastinali, tez harakat qiladigan oqimli va boshqa turdagi tarelkalar o'rnatiladi. Bunday tarelkalarda suyuqlik oqimi harakatini tashkil etishda quyidagi usullar ishlatiladi: bir oqimli, ikki oqimli, uch oqimli, to'rt oqimli, halqasimon harakat, tutash tarelkalarda bir tomonga yo'nalgan harakat, pog'onalar bo'ylab harakat, o'roqsimon quyilish to'sig'i orqali harakat (15.2-rasm). Turli xildagi quyilish moslamasi bo'lgan tarelkalarning samarali ishlashi gidrodinamik harakat rejimiga bog'liq. Gazlarning tezligi va suyuqlikning tarelkalarda taqsimlanishiga qarab tarelkali absorberlar uch xil: pufakli, ko'pikli, ingichka oqimli gidrodinamik rejimda ishlaydi. Bu rejimlar barbotaj qatlamining tarkibiga qarab bir-biridan farq qilishi bilan birga, kontakt yuzasining kattaligi, gidravlik qarshilik miqdori va balandligini aniqlaydi (15.3-rasm). Ushbu rasmda quyilish moslamasi bor tarelkaning gidravlik qarshiligi bilan kolonnadagi gaz oqimi tezligining o'zaro bog'lanishi ko'rsatilgan.

Gazning tezligi kichik bo'lganda, u suyuqlik qatlamidan alohida pufakchalar holida o'tadi. Bu tarelkalardagi gaz bilan suyuqlikning kontakt yuzasi kichik bo'ladi. Bunday holat pufakli rejimni tashkil etadi.



15.2-rasm. Quyilish moslamasi bo'lgan tarelkalarning ustida suyuqlik oqimining sxemalari:

a–bir oqimli; b–ikki oqimli; d–uch oqimli; e–to'rt oqimli; f–halqa bo'ylab harakat; g–tutash tarelkalarda bir tomonga yo'nalgan harakat; h,i–pog'onasimon harakat; j–o'roqsimon quyilish to'sig'i orqali harakat.



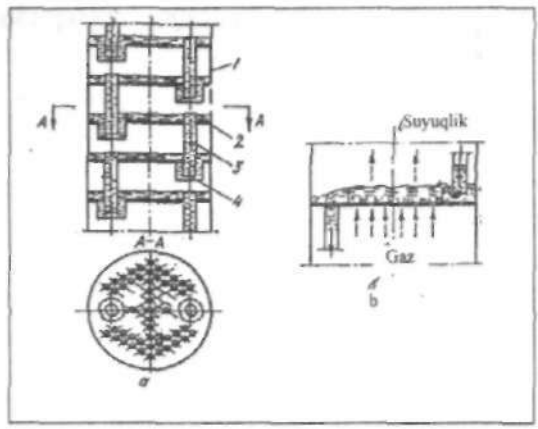
15.3-rasm. Tarelkali absorberlarning gidrodinamik rejimlari: AB–quruq tarelkaning ishlash rejimi; A_1V_1–pufakli rejim; V_1S_1–ko'pikli rejim; C_1D_1–ingichka oqimli(injeksion) rejim.

Gazning sarfi ortganda alohida pufakchalar bir-biri bilan birlashib, bir chiziqli oqim hosil qiladi. Keyinchalik, gaz tezligining ortishi bilan, oqimda barbotaj qatlamining qarshiligi natijasida oqimning bir chiziqliligi buzilib, katta pufakchalar hosil bo'ladi. Bu vaqtda tarelkada suyuqlik – gaz dispers sistemasi yoki ko'piklar yuzaga keladi. Bu sistema beqaror bo'lib, gazning berilishi to'xtatilishi bilan ko'piklar hosil bo'lmaydi. Bu ko'pikli rejimda gaz bilan suyuqlikning kontakti gaz pufakchalarining yoki gaz oqimlarining yuzasida, shuningdek, suyuqlik tomchilarining sirtida yuz beradi. Ko'pikli rejimda ishlaydigan tarelkali absorberlarda gaz bilan suyuqlikning kontakt yuzasi miqdori katta bo'ladi.

Gaz tezligi yana ham ko'paytirilsa, gaz oqimlarining o'lchami kattalashib, ular barbotaj qatlamidan chiqib ketadi, lekin sistema barqaror bo'lib, bunda juda ko'p miqdorda tomchilar hosil bo'ladi. Ushbu holat ingichka oqimli rejimni tashkil etadi. Bu gidrodinamik rejimda fazalarning kontakt yuzasi birdan kamayib ketadi.

Tarelkadagi bir rejim ikkinchisiga asta-sekin o'tadi. Ammo barbotaj jarayonining tarelkalardagi gidrodinamik rejimlarining chegarasini umumiy hisoblash usullari ishlab chiqilmagan. Shuning uchun tarelkali uskunalarni loyihalashda kolonnaning pastki va yuqorigi qismidagi tarelkalarga to'g'ri keladigan gaz tezligi aniqlanadi, so'ngra gazning ish tezligi tanlanadi.

15.4-rasmda elaksimon tarelkali kolonnaning ishlash sxemasi ko'rsatilgan. Bu turdagi uskunalarda vertikal silindrsimon qobiq bo'lib, uning ichiga gorizontal tarelkalar o'rnatiladi. Tarelkalarning butun yuza qismi 2–8 mm li teshikchalardan iborat bo'ladi. Suyuqlikning bir tarelkadan ikkinchisiga o'tishi va tarelkadagi suyuqlik qatlamining balandligi quyi qismi stakanga o'rnatilgan quyilish quvurlari orqali rostlanadi. Gaz tarelka teshiklaridan *o'tib, suyuqlik qatlamida* pufakchalar holida taqsimlanadi. Gaz tezligi juda kam bo'lsa, bunda yuqorigi tarelkadagi suyuqlik teshiklar orqali quyi tarelkaga oqib tushib ketadi, natijada gaz bilan suyuqlikning modda almashinish samaradorligi juda ham kamayib ketadi. Shuning uchun berilayotgan gaz tezligining qiymati va uning bosimi tarelkadagi suyuqlik qatlamining bosimidan yuqori bo'lib, tarelkadan suyuqlikning oqib tushishiga yo'l quymasligi kerak. Odatda g'alvirsimon tarelka yuzasidagi suyuqlik qatlamining balandligi 25–30 mm bo'ladi.

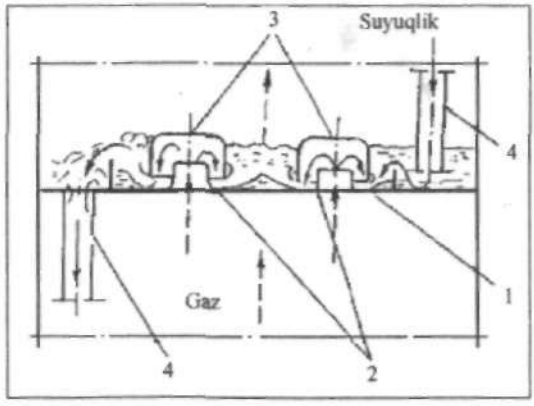


15.4-rasm. Elaksimon tarelkali kolonna:
a–kolonnaning tuzilishi; b–tarelkaning ishlash prinsipi; 1–qobiq;
2–tarelka; 3–quyilish quvuri, 4–stakan.

Elaksimon tarelkaning *tuzilishi sodda, montaj qilish, ta'mirlash va* kuzatib turish oson, gidravlik qarshiligi juda kam. Elaksimon tarelkalar gazning tezligi katta intervalda o'zgarganda ham barqaror ishlaydi. Bundan tashqari, bu tarelkalar gaz va suyuqlikning berilgan ma'lum qiymatlarida eng samarali ishlash qobiliyatiga ega.

Elaksimon tarelkalarning teshiklari ifloslanadi va cho'kindilar ta'sirida tez berkilib qoladi. Agar gazning tezligi yoki bosimi birdan kamayib ketsa yoki to'xtatib quyilsa, tarelkalardagi suyuqlikning hammasi quyi tarelkalarga oqib tushadi va jarayonni davom ettirish uchun kolonna qaytadan to'ldiriladi.

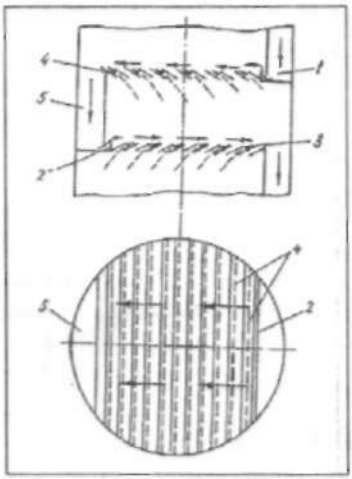
Elaksimon tarelkali kolonnalarga nisbatan qalpoqchali tarelkali kolonnalar gaz aralashmalari iflos bo'lganda ham uzoq muddatda barqaror ishlaydi. Gaz tarelkalarga patrubkalar orqali kirib, bir necha alohida oqim holida qalpoqchalarning teshigi bo'ylab taqsimlanadi (15.5-rasm). Qalpoqchalarning teshiklari tishli bo'ladi va ular uchburchakli to'g'ri burchak shaklida tayyorlanadi. Keyin esa gaz quyish moslamasi orqali bir tarelkadan ikkinchi tarelkaga quyilayotgan suyuqlik qatlamidan o'tadi. Suyuq qatlamlardagi harakat davomida ba'zi mayda oqimchalarning bir qismi bo'linib ketadi, gaz esa suyuqlikda pufakchalar holida taqsimlanadi. Qalpoqchali tarelkalardagi gaz ko'piklari va pufakchalarning hosil bo'lishi samaradorligi gaz harakatining tezligiga va qalpoqchalarning suyuqlikka tushirilgan balandligining o'lchamiga bog'liq.



15.5-rasm. Qalpoqchali tarelkanin ishlash prinsipi:
1–tarelka; 2–gaz patrubkasi; 3–qalpoqchalar; 4–quyilish quvurlari.

Qalpoqchali tarelkalar gaz va suyuqlikning sarfi katta bo'lganda ham barqaror ishlaydi. Kamchiliklari: tuzilishi murakkab, gidravlik qarshiligi katta, tozalash qiyin, narxi qimmat, berilayotgan gaz miqdori kam bo'lganda yomon ishlaydi.

Plastinali tarelkalarda fazalar bir tomonlama yo'nalishda harakat qiladi (15.6-rasm). Har bir pog'ona to'g'ri yo'nalishda ishlagani uchun gaz va suyuqlikning sarfini birdan oshirish mumkin. Plastinali tarelkali kolonnada suyuqlik yuqorigi tarelkadan gidravlik zatvorga tushib, quyish to'siqlari orqali og'ma shaklda joylashgan qator plastinalardan tashkil topgan tarelkaga tushadi. Tarelkaga tushgan suyuqlik og'ma plastinalardan tashkil topgan plastinalarning birinchi teshigiga kirishi zahoti teshikdan katta tezlikda kelayotgan gaz bilan to'qnashadi (punktir chiziq).



15.6-rasm. Plastinali tarelka:
1–gidravlik zatvor; 2–to'siq; 3–tarelka; 4–plastina; 5–to'kish cho'ntagi.

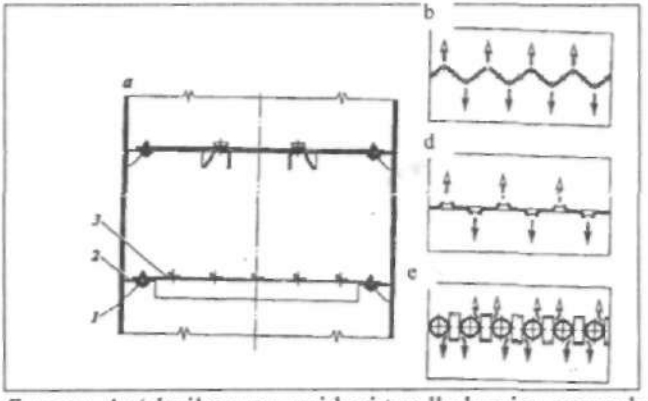
Plastinalarning og'ish burchagi kichik bo'lgani ($10–15^0$) uchun kirayotgan gaz tarelka tekisligiga nisbatan bir oz parallel bo'ladi. Natijada suyuqlik siqiladi va gaz oqimida suyuqlik mayda tomchilarga yoyilib, tarelka bo'yicha keyinga teshiklarga otiladi va suyuqlik bilan gazning to'qnashishi yana takrorlanadi. Bunda suyuqlik katta tezlikda tarelka bo'ylab harakat qilib, quyish to'siqlaridan o'tib, to'kish cho'ntagiga tushadi.

Plastinali tarelkalarda boshqa konstruksiyali tarelkalarga nisbatan suyuqlik dispers, ya'ni tarqaluvchi fazada bo'lib, gaz esa yaxlit holda bo'ladi. Gaz bilan suyuqlik tomchi va ko'piklar sirtida to'qnashadi. Tarelkadagi gaz-suyuqlik (dispers) fazalardagi gidrodinamik rejim tomchi va ko'pik holida bo'ladi. Plastinali tarelkalarning gidravlik qarshiligi kam, uni tayyorlash uchun kam metall sarflanadi, loyqalangan

suyuqliklarda ham yaxshi ishlashi mumkin. Bu tarelkalarda kolonna balandligi bo'ylab gaz bilan suyuqlikning aralashishi natijasida modda almashinishining harakatlantiruvchi kuchi ko'p bo'ladi.

Plastinali tarelkalarning kamchiliklari: tarelkaga issiqlik berish va hosil bo'lgan issiqlikni olib ketish qiyin, suyuqlikning sarfi kam bo'lgani sababli, uning ish samaradorligi kam.

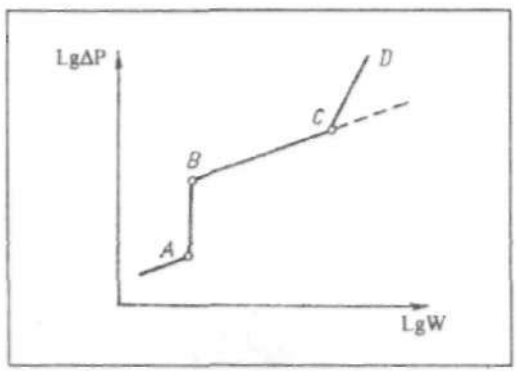
Quyilish moslamasi bo'lmagan tarelkalarda gaz va suyuqlik bitta teshikdan o'tadi (15.7-rasm). Tarelkada gaz bilan suyuqlikning bir vaqtda o'zaro ta'sirida barbotaj natijasida suyuqlikning bir qismi pastdagi tarelkaga o'z-o'zicha oqib tushadi. Shuning uchun bu holdagi kolonnalar ag'darilma tarelkali kolonnalar deyiladi. Bular panjarali, to'lqinsimon elakli, tirqishlarining chetlari egilgan panjarali, qat-qat burma lenta bilan ta'minlangan quvurli-panjarali bo'ladi.



15.7-rasm. Ag'darilma rusumidagi tarelkalarning sxemalari: a–panjarali tarelka; b–to'lqinsimon elakli tarelka; d–tirqishlarining chetlari egilgan panjarali tarelka; e–qat-qat burma lenta bilan ta'minlangan quvurli-panjarali tarelka; 1–kolonna qobig'i; 2–tayanch halqasi; 3–tarelka seksiyasi.

15.8-rasmda suyuqlikning sarfi L=const bo'lganda ag'darilma tarelkaning gidravlik qarshiligi bilan kolonnadagi gaz oqimi tezligining o'zaro bog'lanishi ko'rsatilgan. Gazning tezligi kam bo'lganda tarelkalarda suyuqlik ushlanib qolmaydi, chunki bunda fazalar orasidagi ishqalanish kuchi kichik bo'ladi (AV chiziq). Gazning tezligi ortishi bilan tarelka sirtida suyuqlik yig'ila boshlaydi, gaz esa suyuqlikni ko'pirtirib orasidan o'tib ketadi (VS chiziq). Gaz tezligining bu oralig'ida tarelka normal ishlaydi. Bu vaqtda gaz bilan suyuqlik

navbatma-navbat bitta teshikdan o'tadi. Agar gazning tezligi yanada oshirilsa, gaz bilan suyuqlik orasidagi ishqalanish ortishi natijasida suyuqlikning tarelkada yig'ilishi birdan ko'payadi, gidravlik qarshilik ham birdan oshib, natijada suyuqlik tarelkada tiqilib qoladi (SD chiziq). Suyuqlik sarfi kam, tarelkaning bo'sh kesimi va teshiklarning diametri katta bo'lganda S nuqtada keskin o'zgarish bo'lmaydi (punktir chiziq). Ag'darilma tarelkalarda gazning normal rejimdagi va tiqilib qolish holatidagi tezligi tarelka teshigining ekvivalent diametriga va bo'sh kesimning yuzasiga, gaz va suyuqlikning sarfiga, zichligiga va qovushoqligiga bog'liq.

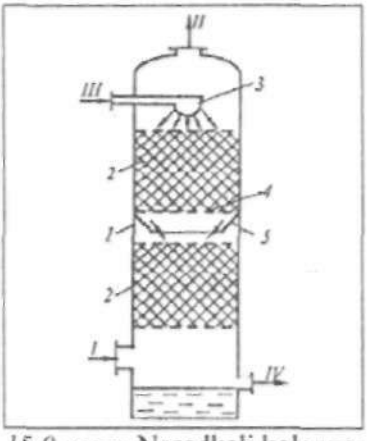


15.8-rasm. Ag'darilma tarelkaning gidravlik qarshiligi bilan kolonnadagi gaz oqimi tezligining o'zaro bog'lanishi(L=const).

Ag'darilma tarelkalardagi barcha teshiklar yoki tirqishlar yuza kesimning yig'indisi kolonna yuza kesimining 10–30 % ini egallaydi. Bu rusumdagi tarelkalar suyuqlik va bug' sarflarining o'zgarishlariga o'ta ta'sirchan hisoblanadi. Ushbu omillarning ish holatida o'zgarish chegarasi maxsus quyilish moslamasi bo'lgan tarelkalarga nisbatan ancha kichik. Bug'ning sarfi kam bo'lgan holatda, uning bosimi tarelkaning ustida suyuqlik qatlamini hosil qilishga yetarli bo'lmaydi. Bug'ning sarfi ancha katta bo'lganda esa suyuqlik tarelkaning teshiklari orqali harakati uchun qarshilik kuchayadi, oqibat natijada tarelkalar oralig'ida bo'shliq ko'pik bilan to'ladi, suyuqlikning bitta tarelkadan ikkinchi tarelkaga qarab harakati qiyinlashadi. Bug'ning oqimi uchun gidravlik qarshilik ko'payadi. Bunday sharoitda kolonnaning normal ishlashi buziladi.

15.3. NASADKALI KOLONNALAR

Har xil shaklli va turli o'lchamga ega bo'lgan qattiq jismlar, ya'ni nasadkalar bilan to'ldirilgan vertikal kolonnalarning tuzilishi sodda va yuqori samaradorlikka ega bo'lgani uchun ular sanoatda keng ishlatiladi. Nasadkali kolonnalarda nasadkalar gaz va suyuqlik o'tadigan tayanch panjaralariga o'rnatiladi. Uskunaning ichki bo'shlig'i nasadka bilan to'ldirilgan bo'ladi (15.9-rasmga qarang) yoki har birining balandligi 1,5–3 m bo'lgan qatlamlar holatida joylashtiriladi. Gaz panjaraning tagiga beriladi, so'ngra nasadka qatlamidan o'tadi. Suyuqlik esa kolonnaning yuqorigi qismidan maxsus taqsimlagichlar orqali sochib beriladi, u nasadka qatlamidan o'tayotganda pastdan berilayotgan gaz oqimi bilan uchrashadi. Kolonna samarali ishlash uchun suyuqlik bir tekisda, uskunaning butun ko'ndalang kesimi bo'ylab bir xil sochib berilishi kerak. Bu uskunada kontakt yuza nasadkalar yordamida hosil qilinadi.

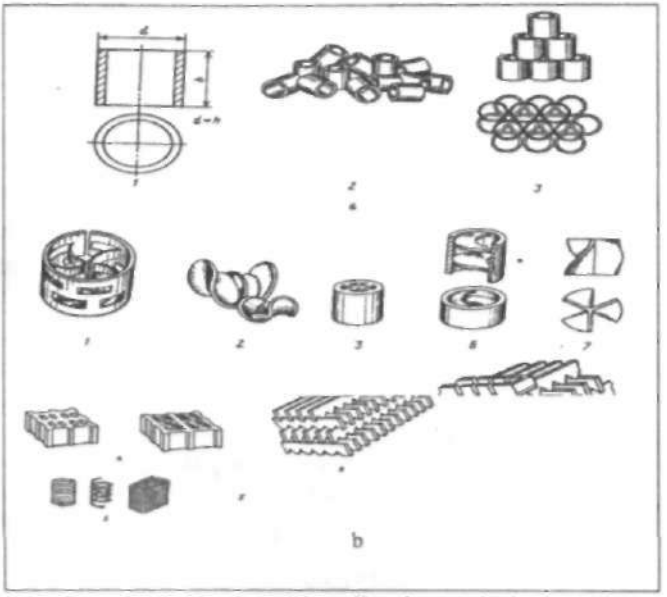


15.9-rasm. Nasadkali kolonna:
1–qobiq; 2–nasadka qatlami; 3–suyuqlik taqsimlagichi; 4–tayanch panjarasi; 5–suyuqlikni qayta taqsimlagich; I–gaz aralashmasi; II–tozalangan gaz; III–toza sorbent; IV–ishlatilgan sorbent.

Odatda nasadkali kolonnalarning diametri 4 m dan ortmaydi. Katta diametrli kolonnalarda gaz va suyuqlikni uskunaning ko'ndalang kesimi bo'yicha bir me'yorda taqsimlash juda qiyin, shu sababdan katta diametrli kolonnalarning samaradorligi ancha kam bo'ladi. Biroq sanoatda diametri 12 m gacha bo'lgan kolonnalar ham ishlatiladi.

Nasadkalar sifatida Rashig halqalari, keramik buyumlar, koks, maydalangan kvars, polimer halqalar, metalldan tayyorlangan to'rlar, sharlar, propellerlar, egarsimon elementlar va boshqalar ishlatiladi (15.10-rasm). Bular ichida halqasimon nasadkalar ko'p tarqalgan.

Kolonnalarning yuqori samaradorlik bilan ishlashi uchun nasadkalarning solishtirma yuzasi (m^2/m^3) katta bo'lishi kerak. Solishtirma yuza katta bo'lishi uchun kichik o'lchamli nasadkalardan foydalanish zarur bo'ladi.

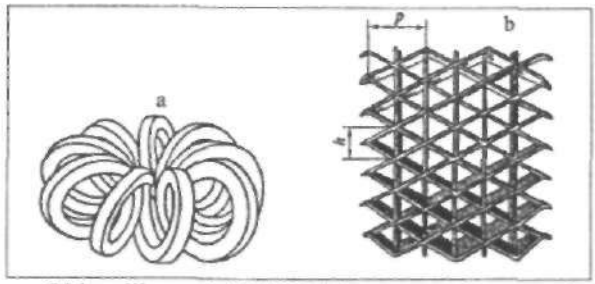


15.10-rasm. Nasadkaning turlari:
a–Rashig halqalardan tashkil topgan nasadka: 1–alohida olingan halqa; 2–to'kib qo'yilgan halqalar; 3–terib qo'yilgan nasadka; b–fasonli nasadka: 1–Pall halqasi; 2–egarsimon nasadka; 3–krestsimon to'siqli halqa; 4–keramik bloklar; 5–simdan o'ralgan nasadkalar; 6–ichki spiralli halqa; 7–propellerli nasadka; 8–yog'ochdan tayyorlangan xordali nasadka.

Biroq bunday sharoitda gidravlik qarshilikning ko'payishi munosabati bilan gaz oqimini nasadkali qatlamdan o'tkazish uchun zarur bo'lgan energiya sarfi ortib ketadi. Shu sababdan gidravlik qarshiligi kichik va yuqori samaradorlikka ega bo'lgan nasadkalarni yaratish dolzarb muammo hisoblanadi. Bunday nasadkalar qatoriga simdan

tayyorlangan spirallar, metalldan tayyorlangan elaksimon nasadkalar, Teller rozetkasi va «Spreypak» nasadkasini (15.11-rasm) kiritish mumkin.

Sanoatda ishlatiladigan ayrim turdagi nasadkalarning tasnifiy kattaliklari 15.1-jadvalda keltirilgan.



15.11-rasm. Gidravlik qarshiligi kichik va yuqori samaradorlikka ega bo'lgan nasadkalar:
a–Teller razetkasi; b– «Spreypak» nasadkasi (h va p–nasadkaning tasnifiy o'lchamlari).

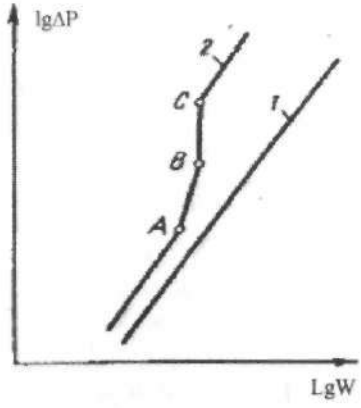
Tartibsiz joylashtirilgan nasadkalarning tasnifiy kattaliklari

15.1-jadval

Nasadkalarning turlari	O'lchamlari (tashqi diametr, balandlik, devor qalinligi), mm	1 m^3 dagi element-larning soni	Solishtir-ma yuza, m^2/m^3	Erkin hajmi, m^3/m^3	1 m^3 nasad-kaning massasi, kg
Keramikadan tayyorlangan Rashig halqalari	15x15x2	192000	330	0,76	590
	25x25x3	48000	200	0,74	530
	35x35x4	14300	140	0,78	590
	50x50x5	6000	90	0,78	530
Po'latdan tayyorlangan Rashig halqalari	10x10x0,5	910000	500	0,88	960
	15x15x0,5	192000	350	0,92	660
	25x25x0,8	48000	220	0,92	640
	50x50x1,0	6000	110	0,95	430
Keramikadan tayyorlangan Pall halqalari	25x25x3	48000	220	0,74	610
	35x35x4	14300	165	0,76	540
	50x50x5	6000	120	0,78	520
Po'latdan tayyorlangan Pall halqalari	5x15x0,4	192000	380	0,9	525
	25x25x0,6	48000	170	0,9	455
	50x50x1,0	6000	108	0,9	415
Keramikadan	20x2,0	190000	310	0,69	800

tayyorlangan Berl egarlari	25x2,5	7900	250	0,70	720
	35x4,5	22000	155	0,75	610
	50x6,0	8800	115	0,77	640
Keramikadan tayyorlangan Intalloks egarlari	20x2,0	210000	300	0,73	640
	25x2,5	84000	250	0,75	610
	35x4,5	22700	165	0,74	670
	50x6,0	8800	110	0,75	610

Nasadkali kolonnalarda gaz va suyuqlik nasadka qatlami orqali qarama-qarshi harakatda bo'ladi. Berilayotgan suyuqlikning miqdori (namlash zichligi) va gaz harakatining tezligiga ko'ra uskuna turli xil rejimda ishlashi mumkin. Kolonnadagi bu rejimlar ho'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligi bilan gaz keltirilgan tezligining o'zaro bog'lanish grafigi orqali ifodalanadi (15.12-rasm). Ushbu grafikdan ko'rinib turibdiki, nasadkali kolonnalar to'rt xil gidrodinamik rejim bilan ishlashi mumkin.



15.12-rasm. Nasadka gidravlik qarshiligi bilan kolonnadagi gaz oqimi tezligining o'zaro bog'lanishi (L=const):
1–quruq nasadka; 2–ho'llangan nasadka.

Birinchi rejim – yupqa qatlamli (plyonkali) rejim bo'lib, gazning kichik tezliklarida va suyuqlik oz miqdorda berilganda hosil bo'ladi. Bunday rejimda suyuqlik nasadkalarning yuzalari bo'ylab tomchi va yupqa qatlam tarzida harakat qiladi. Nasadkalarda ushlab qolingan suyuqlikning miqdori amaliy jihatdan gazning tezligiga bog'liq bo'lmaydi. Yupqa qatlamli rejim o'tish nuqtasi A da tamom bo'ladi.

Ikkinchi rejimda – qarama-qarshi yo'nalgan gaz va suyuqlik o'rtasida ishqalanish kuchlari ko'payib, fazalarning kontakt yuzasida suyuqlikning gaz oqimi ta'sirida to'xtab qolishi yuz beradi. Natijada suyuqlik oqimining tezligi kamayadi, plyonkaning qalinligi va nasadkada ushlab qolingan suyuqlikning miqdori ko'payadi. Bu holat shartli ravishda tomchilarning osilib turish rejimi deb ataladi. Ushbu rejimda gaz tezligining ortishi bilan modda o'tkazish jarayonining tezligi ko'payadi. Bu rejim ikkinchi o'tish nuqtasi V da tamom bo'ladi.

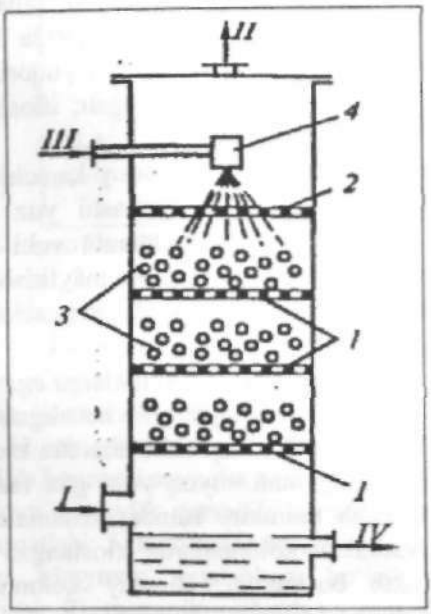
Berilayotgan suyuqlik miqdori va gaz tezligi ancha ko'payganda **emulgatsion rejim** hosil bo'ladi. Bu rejim eng samarali rejim hisoblanadi. Bunda jadal aralashish yuz beradi, chunki suyuqlik bo'sh hajmdagi nasadkalarning hamma yuzasini to'ldiradi. Ammo kolonna bu rejimda ishlaganda gidravlik qarshilik boshqa rejimlarga nisbatan yuqori bo'ladi. Shuning uchun yuqori bosim ostida ishlaydigan kolonnalarda gidravlik qarshilikning ta'siri bo'lmagani uchun, absorbsiya jarayoni emulgatsion rejimda olib boriladi. Emulgatsion rejim grafikda vertikal kesma VS bilan belgilanadi. Ushbu rejimda fazalarning inversiyasi, ya'ni o'rni almashib qolishi yuz beradi, bunda suyuqlik yaxlit faza, gaz esa dispers faza holatiga o'tadi. Emulgatsion rejimda pufakchalar va tomchilarning umumiy yuzasi katta bo'lganligi sababli modda o'tkazish jarayoni katta tezlik bilan boradi.

Suyuqlik miqdori va gazning tezligi yana ham ortib ketsa, u holda suyuqlik nasadkaning ustki sathidan oshib, uskunadan tashqariga chiqib ketadi. Bu holat **to'rtinchi rejimni** tashkil etadi (grafikda S nuqtasining yuqorigi qismi). To'rtinchi rejim amalda qo'llanilmaydi.

Birorta aniq sharoit uchun nasadkali kolonnalardan foydalanishdan oldin texnikaviy-iqtisodiy hisoblashlar orqali ularning ishlashi uchun eng samarali bo'lgan gidrodinamik rejim tanlanadi.

Suyuqlik va gaz fazalari o'rtasidagi kontakt yuzasini ko'paytirish maqsadida nasadkalarning mavhum qaynash holatidan foydalanish mumkin. Ushbu prinsipga asoslangan nasadkali kalonnaning sxemasi 15.13-rasmda keltirilgan. Tayanch panjarasi (1) ning ustiga turli shaklga ega bo'lgan jismlar (ko'pincha sharlar) joylashtiriladi. Bunday jismlarning tuyuladigan zichligi suyuqlik zichligidan kam bo'lishi kerak. Nasadkalar (diametri 10–30 mm atrofida bo'lgan yaxlit va ichi bo'sh sharlar) polietilen, polipropilen va boshqa polimerlardan hamda metall yoki rezinadan tayyorlanadi. Gazning tezligi ma'lum kritik tezlikdan ortgandan so'ng tarelkalarda suyuqlik qatlami hosil bo'ladi, sharlar (3) esa mavhum qaynash holatini egallaydi. Gaz tezligining ko'payishi bilan

nasadka qatlamining balandligi va qatlamning g'ovaklilik darajasi ortadi. Nasadkaning jadal harakati ta'sirida tarelkaning ustidagi suyuqlik yaxshi aralashadi. Bunday holatda suyuqlikning ko'ndalang kesim bo'yicha notekis harakati kamayadi va uskunaning samaradorligi ortadi.



15.13-rasm. Mavhum qaynash holatida bo'lgan sharsimon nasadkali kolonna:

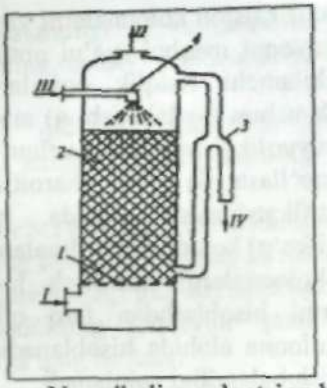
1–tayanch panjaralari; 2–chegaralovchi panjara; 3–sharsimon nasadka; 4–suyuqlik taqsimlagichi; I–ifloslangan gaz; II–tozalangan gaz; III–toza absorbent; IV–ishlatilgan absorbent.

Sharlarning eng yuqorigi seksiyadan chiqib ketmasligi uchun chegaralovchi panjara (2) o'rnatilgan. Shu sababdan bunday kolonnalarda, qo'zg'almas qatlamli nasadkali uskunalarga nisbatan, gazning tezligini anchagina oshirish imkoniyati mavjud. Mavhum qaynash qatlamli kolonnada gazning ishchi tezligi 4–5 m/s ga teng bo'ladi, suyuqlik bilan ta'minlash zichligi esa 0,05 $m^3/(m^2 \cdot s)$ gacha boradi. Bunday kolonnalarda suyuqlikning bitta tarelkadan ikkinchisiga oqib tushishi ham, gaz oqimining pastdan yuqoriga qarab harakati ham bir xil teshiklar orqali yuz beradi.

Mavhum qaynash qatlamli kolonna bir qator afzalliklarga ega: modda almashinish uchun kontakt yuzasi (bu sharlar ustidagi plyonkalar yuzasi va tomchilar yuzasining yig'indisi) ko'p bo'lganligi va gaz oqimining tezligi katta bo'lganligi oqibatida suyuqlik plyonkasi va chegara qatlam qalinliklarining kichikligi sababli modda berish koeffitsiyentlari katta qiymatlarga ega; yuqorida keltirilgan holatga binoan uskunaning foydali ish koeffitsiyenti yuqori; kolonnaning ishi gaz oqimi bo'yicha 4–6 marotaba tezlashgan; ifloslangan suyuqlik va gazlar bilan ishlash imkoniyati mavjud.

Ushbu rusumdagi uskunalarning asosiy kamchiligi – kolonnaning uzunasiga konsentratsiyalarning baravarlashi yuz beradi va oqibat natijada modda o'tkazishning harakatlantiruvchi kuchi kamayadi. Kolonnadagi uzunasiga aralashtirishni kamaytirish uchun uskunani seksiyalarga ajratish zarur. 15.13-rasmda uch seksiyali kolonnaning sxemasi ko'rsatilgan.

Nasadkali kolonnalar bir qator afzalliklarga ega: tuzilishi sodda va uskuna ichki yuzasini yemirilishiga olib keladigan suyuqliklar bilan ishlash imkoniyati mavjud. Bunday uskunalardan modda o'tkazishdagi diffuzion qarshilikning qiymati suyuq yoki gaz fazada katta bo'lgan paytda ham foydalanish mumkin. Bunday uskunalar kamchiliklardan ham xoli emas. Nasadkali kolonnalarda ifloslangan yoki loyqalangan suyuqliklarni ishlatib bo'lmaydi. Bunday kolonnalarda gazlarning yutilishida ajralib chiqadigan issiqlikni yo'qotish qiyin, bundan tashqari suyuqliklarning sochilish miqdori kam bo'lganda nasadkalar yomon ho'llanadi. Bu uskunalarda hosil bo'ladigan issiqlikni kamaytirish, nasadkalarni yaxshi ho'llash uchun absorbentlarni nasos orqali resirkulatsiya qilish (ya'ni absorbentning ma'lum qismini qaytadan kolonnaga berish) usuli qo'llaniladi. Bunday holatda absorbsion uskunaning tuzilishi murakkablashadi va resirkulatsiya uchun quvur ishlatilishi natijasida uning qiymati ortib ketadi. 15.14-rasmda nasadkali emulgatsion kolonnaning sxemasi ko'rsatilgan. Ushbu nasadkali kolonna emulgatsion rejimda, ya'ni uskunada gidravlik zatvor yordamida suyuqlikning ma'lum bir o'zgarmas hajmi ushlab turiladi. Fazalarning o'zaro ta'sir etish mexanizmiga ko'ra, bunday uskuna tarelkali (yoki barbotajli) kolonnalar qatoriga qo'shilsa, konstruktiv tuzilishi bo'yicha esa nasadkali kolonnalar guruhiga kiritiladi.



15.14-rasm. Nasadkali emulgatsion kolonna:
1–tayanch panjarasi; 2–nasadka; 3–gidravlik zatvor; 4–suyuqlik taqsimlagichi; I–ifloslangan gaz; II–tozalangan gaz; III–toza absorbent; IV–ishlatilgan absorbent.

Nasadkalarning samarali ishlashi uchun quyidagi talablar bajarilishi kerak: 1) nasadkalar hajm birligida katta yuzaga ega bo'lishligi; 2) sochilib beruvchi suyuqlik bilan yaxshi aralashishi; 3) gaz oqimiga nisbatan kam gidravlik qarshilik ko'rsatishi; 4) sochiluvchan suyuqlikni bir xil tarqatishi; 5) kolonnada harakat qilayotgan suyuqlik va gazlarning ta'siriga kimyoviy mustahkam bo'lishi; 6) solishtirma og'irligi kam bo'lishi; 7) mexanik jihatdan mustahkam; 8) arzon bo'lishi lozim. Lekin amalda bunday talablarni qondiradigan nasadkalar uchramaydi, masalan, solishtirma yuzaning katta bo'lishi, uskuna gidravlik qarshiligining ortib ketishiga olib keladi. Shuning uchun sanoatda absorbsiya yoki rektifikatsiya jarayonining asosiy talablarini qanoatlantiradigan nasadkalar ishlatiladi.

15.4. KOLONNALI USKUNALARNI HISOBLASH

Neft va gazni qayta ishlash korxonalarida qo'llaniladigan rektifikatsion va absorbsion kolonnalarda turli rusumdagi tarelkalar (qalpoqchali, klapanli, elaksimon, tez harakat qiladigan oqimli, S-simon elementli, nasadkali va boshqalar) ishlatiladi.

Rektifikatsion kolonnalar (absorberlardan farqli) qo'shimcha issiqlik almashinish uskunalari (isitgich, qaynatgich, haydash kubi, deflegmator, kondensator, sovitgich) bilan ta'minlangan bo'ladi. Energetik xarajatlarni kamaytirish uchun quyidagi ishlar qilingan

bo'lishi kerak: 1) rektifikatsion kolonnalarni yaxshi issiqlik izolatsiyasi bilan qoplash; 2) jarayonni maqbul (ya'ni optimal) flegma soni bilan olib borish; 3) ikkilamchi issiqlik oqimlaridan ishlab chiqarish ehtiyojlarini qondirish uchun foydalanish; 4) mumkin bo'lgan sharoitda uskunaning kubida suyuqlikni bug'latish uchun o'tkir bug'ni ishlatish; 5) issiqlik nasosini qo'llash; 6) ayrim sharoitlarda, masalan azeotrop aralashmalarini rektifikatsiyalash paytida, har xil bosim bilan ishlaydigan ikki (yoki ko'p) kolonnali qurilmalardan foydalanish.

Rektifikatsion kolonnalarni hisoblash ham bir xil rusumdagi absorbsion uskunalarni hisoblashdan farq qilmaydi. Faqat dastlab yuqorigi va pastki kolonna alohida hisoblanadi, so'ngra rektifikatsion uskunaning umumiy ish balandligi aniqlanadi.

Misol tariqasida tarelkali va nasadkali absorberlarni hisoblashni ko'rib chiqamiz. Absorberlarni hisoblashda quyidagi kattaliklar berilgan bo'ladi: gazning sarfi G, gazdagi tegishli komponentning boshlang'ich Y_b va oxirgi Y_0 konsentratsiyalari, tegishli komponentning suyuqlikdagi boshlang'ich konsentratsiyasi X_b. Quyidagi qiymatlar esa aniqlanishi kerak: absorbentning sarfi L, absorberning diametri D_a va balandligi H, uskunaning gidravlik qarshiligi ΔP.

Absorberlarni hisoblash quyidagi tartibda olib boriladi.

1. Y–X diagrammasida muvozanat bog'liqligi $Y^* = f(X)$ chizilib, X_0^*ning qiymati aniqlanadi. Fazalarning muvozanat holatidagi tarkiblari maxsus adabiyotlarda berilgan bo'ladi.

2. Absorbentning sarfi L topiladi, buning uchun avvalo, uning minimal sarfi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$L_{min} = G\frac{Y_b - Y_0}{X_0^* - X_b}. \qquad (15.1)$$

So'ngra $L = \varphi L_{min}$ hisoblanadi, bu yerda, φ – absorbentning ortiqcha kerakligini bildiruvchi koeffitsiyent (odatda $\varphi=1,3\div1,5$). L ning topilgan qiymatiga asosan moddiy balans tenglamasi bo'yicha absorbentning oxirgi tarkibi X_0 ni aniqlash mumkin.

3. Y–X diagrammasida ish chizig'i chiziladi, bu chiziq koordinatalari Y_b, X_0 va Y_0, X_b bo'lgan nuqtalardan o'tgan to'g'ri chiziqni tashkil etadi.

4. Yutilgan komponentning miqdori quyidagi moddiy balans tenglamasiga asosan aniqlanadi:

$$M = G(Y_b - Y_0) = L(X_0 - X_b). \qquad (15.2)$$

5. Absorberning balandligi H va diametri D_a topiladi. Modda almashinish uskunalarining asosiy o'lchamlarini aniqlash tartibi 12-bobda keltirilgan.

6. Absorberlarning gidravlik qarshiligi topiladi. Uskunaning gidravlik qarshiliklarini aniqlash tartibi ularning turiga qarab har xil bo'ladi.

a) Tarelkali absorberlarning gidravlik qarshiligini hisoblash. Bu absorberlarda gazning harakatiga quruq tarelka, suyuqlik yuzasidagi sirt taranglik kuchi va tarelkadagi gaz-suyuqlik qatlami qarshilik qiladi. Shuning uchun tarelkalarning gidravlik qarshiligi (ΔP_t, Pa) uch qarshilikning yig'indisiga teng bo'ladi:

$$\Delta P_t = \Delta P_{qt} + \Delta P_{sq} + \Delta P_{gs} , \qquad (15.3)$$

bu yerda, ΔP_{qt} – quruq tarelkaning qarshiligi, Pa; ΔP_{sq} – suyuqlik yuzasida sirt taranglik kuchi ta'siridan hosil bo'ladigan qarshilik, Pa; ΔP_{gs} – gaz-suyuqlik qatlamidagi qarshilik, Pa.

Quruq tarelkaning qarshiligi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\Delta P_{qt} = \xi \frac{w_t^2 \rho_t}{2} , \qquad (15.4)$$

bu yerda, $w_t = w_0/f_t$ – tarelka teshiklaridagi gazning tezligi, m/s; w_0 – gazning mavhum tezligi, m/s; f_t –tarelka teshiklarining yuzasi, m^2, ρ_t – gazning zichligi, kg/m^3; ξ – tarelkaning qarshilik koeffitsiyenti, u katta intervalda (ξ=0,5÷4) o'zgarib, tarelkaning konstruksiyasiga bog'liq bo'ladi.

Tarelkaga kirayotgan suyuqlik qatlamidagi suyuqlikning sirt taranglik kuchi ta'siridan hosil bo'layotgan qarshilikni yengish uchun ketgan bosim quyidagicha:

$$\Delta P_{sq} = \frac{4\sigma}{d_E} , \qquad (15.5)$$

bu yerda, σ – sirt taranglik kuchi, N/m, d_E – tarelkadagi suyuqlik kiradigan tirqishlarning ekvivalent diametri, m.

Oqimli rejimda ishlaydigan tarelkalar uchun ΔR_{sq} hisobga olinmaydi. Tarelkaning gaz-suyuqlik qatlamidagi qarshiligi qatlamning statik bosimiga teng deb olinadi:

$$\Delta P_{gs} = h_0 \rho_c g = h_{gs} \rho_{gs} g , \qquad (15.6)$$

bu yerda, h_0 va h_{gs} – tarelkadagi suyuqlik va gaz-suyuqlik qatlamlarining balandliklari, m; ρ_c, ρ_{gs} – tarelkadagi suyuqlik va gaz-suyuqlik aralashmasining zichliklari, kg/m^3; g = 9,81 m/s^2 – erkin tushish tezlanishi.

b) Nasadkali absorberlarning gidravlik qarshiligini hisoblash. Buning uchun dastlab quruq nasadkaning gidravlik qarshiligi (ΔR_q, Pa) topiladi:

$$\Delta P_q = \lambda \frac{H}{d_э} \frac{\rho_г w^2}{2}, \qquad (15.7)$$

bu yerda, N – nasadka qatlamining balandligi, m; $d_E = 4\varepsilon/a$ – nasadka elementlari tashkil qilgan kanallarning ekvivalent diametri, m; ε – nasadkaning erkin hajmi yoki nasadkalar orasidagi bo'sh hajm; a – nasadkaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3; $w=w_0/\varepsilon$ – nasadka qatlamidagi gazning haqiqiy tezligi (w_0 – gazning mavhum tezligi yoki uskunaning to'la kesimiga nisbatan olingan gazning tezligi, m/s); λ – ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni yengish uchun ketgan bosimning yo'qotilishini hisobga oluvchi qarshilik koeffitsiyenti.

Qarshilik koeffitsiyenti λ ning qiymati Re mezonga bog'liq. U nasadkaning turli elementlari uchun gazning harakat rejimiga asosan empirik tenglamalar bilan aniqlanadi. Masalan, absorberlardagi tartibsiz joylashtirilgan halqali nasadkalarda gazning laminar rejimdagi harakati uchun (Re<40):

$$\lambda = \frac{140}{Re}. \qquad (15.8)$$

Turbulent rejimdagi gazning harakati uchun (Re>40):

$$\lambda = \frac{16}{Re^{0.2}}. \qquad (15.9)$$

Kolonnadagi tartibli joylashtirilgan halqali nasadkalar uchun:

$$\lambda = \frac{9,2}{Re^{0,375}}. \qquad (15.10)$$

bu yerda, $Re = wd_e\rho/\mu_г$ – gaz uchun Reynolds mezoni; $\rho_г$ – gazning zichligi, kg/m^3; $\mu_г$ – gazning dinamik qovushoqlik koeffitsiyenti, Pa·s.

Kolonna ishi davomida namlangan nasadkaning gidravlik qarshiligi (ΔP_H, Pa) taxminan quyidagi empirik tenglama yordamida aniqlanadi:

$$\Delta P_H = 10^{bu} \Delta P_Q, \qquad (15.11)$$

bu yerda, u – namlash zichligi, $m^3/m^2 \cdot s$; b – nasadkaning kattaligi va namlash zichligiga qarab tajriba orqali aniqlanadigan koeffitsiyent. Masalan, namlash zichligi $u = (0,5 \div 36,5) \cdot 10^{-3}$ $m^3/(m^2 \cdot s)$ bo'lganda o'lchami 25x25x3 mm bo'lgan nasadka uchun b=51,2 bo'ladi.

Tayanch so'z va iboralar

Uskunalarni sinflash, rektifikatsion kolonnalar, absorbsion kolonnalar, tarelkali kolonnalar, plyonkali kolonnalar, suyuqlikni sochib beruvchi kolonnalar, mavhum qaynash qatlamli kolonnalar, kontakt moslamalari, g'alvirsimon, qalpoqchali, plastinali, S-simon elementli, tez harakat qiladigan oqimli tarelkalar, quyilish moslamalari, barbotaj, pufakli, ko'pikli, ingichka oqimli va emulgatsion rejimlar, nasadkalarning turlari, nasadkalarning tasnifiy kattaliklari, kolonnali uskunalarni hisoblash, uskunaning o'lchamlari, yutilgan komponentning miqdori, absorbentning sarfi, bug' fazasining sarfi, tarelkali uskunalarning gidravlik qarshiligi, nasadkali uskunalarning gidravlik qarshiligi.

Mustaqil ishlash uchun savollar

15.1. Neft va gazni qayta ishlash korxonalarida qaysi rusumdagi rektifikatsion va absorbsion kolonnalardan foydalaniladi?

15.2. Tarelkali kolonnalar necha turga bo'linadi? Quyilish moslamasi bor yoki yo'q bo'lgan tarelkalar o'rtasida qanday prinsipial farq mavjud?

15.3. Quyilish moslamasi bo'lgan tarelkalar necha xil gidrodinamik rejimda ishlaydi? Barbotaj degan so'zning ma'nosi nimadan iborat?

15.4. Elaksimon va plastinali tarelkalar o'rtasida qanday umumiy va xususiy tomonlar bor? Bunday tarelkalarning samaradorligini qanday yo'llar bilan oshirish mumkin?

15.5. Nasadkali kolonnalarning gidrodinamik rejimlari. Qaysi rejimda uskuna yuqori samaradorlikka ega?

15.6. Nasadkalarning asosiy va eng yuqori samaradorlikka ega bo'lgan turlari. Nasadkalar qanday ko'rsatgichlar bilan tavsiflanadi?

15.7. Nasadkali kolonnaning ishlash prinsipi. Nima sababdan bunday uskunalar sanoatda eng ko'p ishlatiladi?

15.8. Mavhum qaynash qatlamli kolonna. Ushbu uskunaning mohiyati va uning afzallik jihatlari nimadan iborat?

15.9. Nasadkali emulgatsion kolonnaning tuzilishi. Ushbu uskunaning ijobiy va salbiy tomonlarini qanday izohlash mumkin?

15.10. Kolonnali uskunalarni hisoblashning umumiy tartibi. Tarelkali va nasadkali uskunalarni hisoblashda qanday umumiy va xususiy tomonlari bor?

15.11. Tarelkali absorberlarning gidravlik qarshiligini hisoblashda qaysi tenglamalardan foydalaniladi?

15.12. Nasadkali absorberlarda laminar va turbulent rejimlar uchun qarshilik koeffitsiyentini aniqlashda qaysi empirik tenglamalar ishlatiladi?

XVI bob. ADSORBSIYA

16.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Gaz, bug‘ yoki eritmalar aralashmalari tarkibidagi bir yoki bir necha komponentlarni qattiq jism (adsorbent) yuzasi va g‘ovaklari hajmi bilan yutib olish jarayoni adsorbsiya deb ataladi. Adsorbsiya paytida yutilayotgan modda adsorbtiv deb yuritiladi. Adsorbent tarkibiga yutilib bo‘lgan modda esa adsorbat deyiladi.

Neft va gazni qayta ishlash sanoatida adsorbsiya jarayonlari tabiiy va qo‘shimcha uglevodorodli gazlarni benzinsizlantirish, neftni qayta ishlashda hosil bo‘ladigan gazlardan vodorod va etilen olish, gaz va suyuqliklarni quritish, benzin fraksiyalaridan kichik molekulali aromatik uglevodorodlar (benzol, toluol, ksilol)ni ajratish, faollashtirilgan ko‘mir yordamida moylarni va oqova suvlarni tozalash va boshqa maqsadlar uchun qo‘llaniladi.

Bu usul yordamida xomashyo va mahsulotlarning sifatini ham yaxshilash mumkin. Sanoat gazlarini turli zaharli moddalardan adsorbentlar yordamida tozalash atrof-muhitni muhofaza qilishga xizmat qiladi.

Adsorbsiya jarayonlari odatda desorbsiya bilan chambarchas bog‘langan bo‘ladi. Adsorbent tarkibidagi yutilgan moddani ajratib chiqarish va uni adsorbsiya jarayonida qaytadan ishlatish desorbsiya deyiladi.

Qattiq jismning yuzasiga ta’sir qilayotgan kuchlarning tabiatiga ko‘ra adsorbsiya ikki xil bo‘ladi: fizik adsorbsiya va xemosorbsiya. Fizik adsorbsiya molekular kuchlarning o‘zaro ta’sir etishiga asoslangan. Xemosorbsiya esa kimyoviy kuchlarning o‘zaro ta’sirlanishi orqali yuz beradi.

Yutilish jarayonlari qatoriga ion almashinish ham kiradi. Ion almashinish qattiq jism va suyuqlik o‘rtasida yuz beradigan murakkab diffuzion jarayon hisoblanadi. Bu jarayonda qattiq jism (ionit) o‘zining tarkibidagi ionlarni eritmadagi tegishli ionlar bilan almashtiradi. Ionitlar ikki xil bo‘ladi: 1) kationitlar; 2) anionitlar. Eritma tarkibidan ajratib olinishi lozim bo‘lgan ion ionitda yutiladi va so‘ngra regeneratsiya yo‘li bilan ajratiladi.

16.2. ADSORBENTLARNING TURLARI VA ULARNING XOSSALARI

Sanaot miqyosida ishlatiladigan adsorbentlar quyidagi talablarga javob berishlari kerak: 1) tanlovchanlik-aralashma tarkibidagi tegishli komponentni yutib olish va boshqa komponentlarga esa ta'sir qilmaslik; 2) maksimal adsorbsion hajm yoki faollik-adsorbentning massa yoki hajm birligida yutilgan adsorbtivning miqdori; 3) adsorbentni regeneratsiya qilish paytida yutilgan moddaning to'la ajralib chiqishi; 4) adsorbent donalarining kerakli mustahkamlikka ega bo'lishligi, chunki donalarning buzilib ketishi jarayonning gidrodinamik holatini yomonlashtiradi; 5) yutilayotgan moddalarga nisbatan kimyoviy inertlikka ega bo'lishlik; 6) narxi arzon.

Adsorbentning tanlovchanligi va uning adsorbsion hajmi adsorbent va adsorbtivning tabiatiga va molekulalarning tuzilishiga bog'liq bo'ladi. Bunda adsorbentning solishtirma yuzasi (massa yoki hajm birligidagi adsorbentning yuzasi) va adsorbent g'ovaklarining o'lchamlari muhim ahamiyatiga ega. Bu ikkala kattalik bir-birlari bilan uzviy bog'langan. G'ovaklarning o'lchamlari qanchalik kichik bo'lsa, adsorbentning solishtirma yuzasi shunchalik katta bo'ladi. Bu holat adsorbent faolligini kuchaytiradi.

Adsorbentning faolligi adsorbsiya jarayonining shart-sharoitlari (harorat, bosim, adsorbtivning muhitdagi konsentratsiyasi) ga ham bog'liq bo'ladi. Haroratning kamayishi, bosimning ko'payishi (gaz va bug'lar uchun) va aralashmadagi kerakli komponent konsentratsiyasining ortishi bilan adsorbentning faolligi kuchayadi.

Adsorbentlar zarracha ichidagi kapillyar kanallarning kattaligiga qarab shartli ravishda makro ($r > 10^{-7}$ m), oraliq ($10^{-9} < r < 10^{-7}$ m) mikrog'ovakli ($r < 10^{-9}$m) bo'ladi. Adsorbsiya jarayonida tegishli komponent asosan mikrog'ovaklarning yuzasida yutiladi. Oraliq va makrog'ovaklar asosan yutilishi lozim bo'lgan komponentni mikrog'ovaklar yuzasiga uzatish uchun xizmat qiladi.

Sanoatda adsorbent sifatida faollashtirilgan ko'mir, qattiq g'ovaksimon moddalar, silikagel, sellyuloza, seolitlar, tuproq jinslari, ion almashinuvchi sun'iy smolalar (ionitlar) ishlatiladi.

Faollashtirilgan ko'mir odatda turli aralashmalar tarkibidan organik moddalarni yutish hamda suyuqlik va gazlar (bug'lar) ni ajratish uchun keng qo'llaniladi. Faollashtirilgan ko'mirlar har xil organik xomashyolar (yog'och, tosh ko'mir, qipiq hamda teri, qog'oz va go'sht ishlab

chiqarishlari qoldiqlari) ni quruq haydash va so'ngra bug' yoki kimyoviy reagentlar ta'sirida qayta ishlash natijasida olinadi. Faollashtirilgan ko'mirlarning asosiy ko'rsatgichlari ularning turlariga qarab quyidagicha chegaralarda o'zgaradi: solishtirma yuza $6 \cdot 10^5$–$17 \cdot 10^5$ m^2/kg, uyilgan zichlik 200–900 kg/m^3. Bunday ko'mirlar noaniq shaklli zarrachalar (o'lchami 1–7 mm), silindrsimon zarrachalar (diametri 2–3 mm, balandligi 4–6 mm) va kukun sifatida (zarrachaning o'lchami 0,15 mm dan kichik) ishlatiladi. Kukun holatidagi adsorbentlar eritmalarni ajratish uchun qo'llaniladi. Faollashtirilgan ko'mirning kamchiliklari bor: yonuvchanlik; mexanik mustahkamligi yetarli emas.

Silikagellar (kremniy kislotasining suvsizlantirgan geli) polyar birikmalarni adsorbsiya qilish uchun ishlatiladi. Bunday adsorbentlardan gaz va suyuqliklarni suvsizlantirish, organik moddalarni gaz fazasida ajratish uchun hamda xromotografiyada foydalaniladi. Silikagellarning solishtirma yuzasi $4 \cdot 10^5$–$7{,}7 \cdot 10^5$ m^2/kg, uyilgan zichligi esa 400–800 kg/m^3. Noaniq shaklli zarrachalarining o'lchami keng intervalda o'zgaradi (0,2–7 mm), granula holatidagi zarrachalarning o'lchami esa 2–7 mm atrofida bo'ladi. Silikagellarning afzallik tomonlari: yonmaydi; mexanik mustahkamligi yuqori. Kamchiliklari: solishtirma yuzasi kamroq; namlik bo'lgan paytda adsorbentning organik moddalarga nisbatan yutish qobiliyati pasayib ketadi.

Adsorbentlar sifatida seolitlar ham ko'p ishlatiladi. Bunday adsorbentlar tarkibida ishqor va ishqoriy-yer metallarning oksidlarini ushlagan alyumosilikatlardan iborat. Seolitlar yuqori tanlovchanlikka ega. Seolitlar suyuqliklarni tozalash uchun mayda donali kukun sifatida, gazlarni tozalash uchun esa o'lchamlari 1–5 mm bo'lgan sharsimon yoki granulalar holida ishlatiladi. Ba'zi seolitlarning g'ovaklari juda ingichka bo'lib, ularning kattaligi yutilayotgan modda molekulalarining kattaligiga teng bo'ladi. Bu xildagi seolitlar molekular elak sifatida, ya'ni o'lchamlari g'ovaklarining kattaligidan kichik bo'lgan molekulalarni yutish uchun ishlatiladi. Seolitlarning suvni yutish qobiliyati katta bo'lgani sababli, ular gazlarni quritishda hamda suyuqlik va gazlarni tozalash uchun ishlatiladi. Seolitning tarkibida yutilgan suv juda harakatchandir, bu suv qizdirish orqali yo'qotiladi va bu adsorbent soviganidan so'ng qaytadan suvni yutish qobiliyatini tiklaydi. Seolitlarning uyilish zichligi 600–800 kg/m^3 bo'ladi. Seolitlarning yutish qobiliyati g'ovaklarning solishtirma yuzasi bilan emas, balki g'ovaklarni adsorbat bilan hajmiy to'ldirish qiymati bilan belgilanadi (0,2–0,25 sm^3/g).

Sanoatda eritmalarni har xil pigmentlardan tozalash uchun adsorbent sifatida tuproq jinslari ham ishlatiladi. Tuproq jinslari tabiatda ko'p tarqalgan bo'lib, narxi arzon, uyilish zichligi 400–450 kg/m^3. Tuproq jinslarining solishtirma yuzasi boshqa sanoatda ishlatiladigan adsorbentlarga nisbatan ancha kichik (35–150 m^3/g).

14.1-jadvalda neft va gazni qayta ishlash sanoatida ishlatiladigan adsorbentlar haqida asosiy ma'lumotlar keltirilgan.

Adsorbentlar statik va dinamik faollikka ega. Adsorbent ma'lum vaqt ishlagandan so'ng adsorbtivni to'la yutmay qo'yadi, bunda adsorbtiv adsorbent qatlamidan yutilmasdan o'tib ketadi. Bunday jarayon yutiluvchi komponentning o'tib ketishi deyiladi. Shu paytda uskunadan chiqib ketayotgan gaz

Sanoatda qo'llaniladigan adsorbentlarning tasnifiy ko'rsatgichlari

16.1-jadval

Adsorbentlar	Zichlik, g/sm^3			G'ovaklarning hajmi, sm^3/g	G'ovaklarning radiusi, Å	Solishtirma yuza, m^2/g
	Haqiqiy	Mavhum	Uyilgan			
Silikagel mayda g'ovakli yirik g'ovakli	2,1–2,3 2,1–2,3	1,3–1,4 0,75–0,85	0,8 0,5	0,28 0,90	5–30 70–100	450–500 270–350
Alyumosilikatli katalizator	2,3	1,06–1,09	0,7	0,57	20–25	300–350
Faollashtirilgan ko'mir	1,75–2,1	0,5–1,0	0,2–0,6	–	70 dan kam	600–1700
Alyuminiyning faol oksidi	–	–	0,4–0,6	0,8–1,0	60–100	180–220
Seolitlar	–	1,08–1,16	0,62–0,78	0,20–0,24	3–9	–

aralashmasida adsorbtivning miqdori ko'payib, muvozanat holatigacha boradi. Adsorbsiya jarayonining boshlanishidan adsorbtivning adsorbent qatlamidan o'tib ketishigacha bo'lgan vaqtda adsorbent massasi birligida yutilgan modda miqdori adsorbentning dinamik faolligini belgilaydi.

Adsorbsiya jarayonining boshlanishidan to muvozanat holat yuz berguncha adsorbent massasi birligida yutilgan modda miqdori

adsorbentning statik faolligini belgilaydi. Dinamik faollik doim statik faollikdan kam bo'ladi. Shu sababli adsorbentning sarfi uning dinamik faolligi bo'yicha topiladi.

16.3. ADSORBSIYA PAYTIDAGI MUVOZANAT

Adsorbsiya paytidagi muvozanat adsorbentning massa yoki hajm birligida yutilgan modda miqdorining harorat hamda yutilishi lozim bo'lgan moddaning bug'-gaz aralashmasidagi (yoki eritmadagi) konsentratsiyasidan bog'liqligi bilan belgilanadi.

Adsorbsiyadagi muvozanat konsentratsiyalari o'rtasidagi bog'liqlik quyidagicha ifoda qilinadi:

$$\overrightarrow{X} = f(\overline{Y},T) . \qquad (16.1)$$

Agar harorat o'zgarmas bo'lsa:

$$\overrightarrow{X} = \varphi(\overline{Y}) , \qquad (16.2)$$

bu yerda, $\overrightarrow{X}$ – gaz yoki suyuqlik fazasidagi adsorbtivning konsentratsiyasi bilan muvozanatda bo'lgan yutilayotgan komponentning adsorbentdagi nisbiy massaviy ulushi, kg adsorbtiv/kg adsorbent; $\overline{Y}$ – gaz yoki suyuqlik fazasidagi adsorbtivning nisbiy massaviy ulushi, kg adsorbtiv/kg gaz yoki suyuqlik fazasining tashuvchisi.

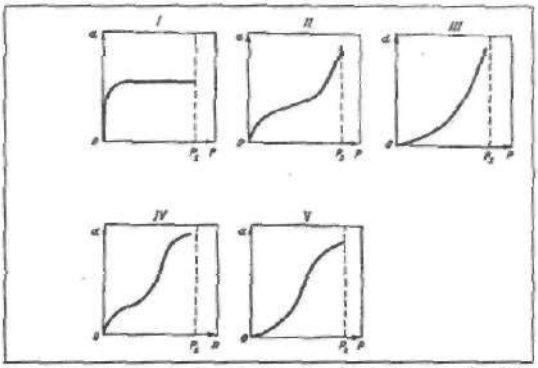
Adsorbtivning tarkibi $\overline{Y}$ ni uning bug'-gaz aralashmasidagi parsial bosimi (R, Pa) orqali ifodalash mumkin:

$$\overrightarrow{X} = f(P) . \qquad (16.3)$$

Umuman olganda, $\overrightarrow{X} = \varphi(\overline{Y})$ va $\overrightarrow{X} = f(P)$ bog'liqliklar adsorbsiya paytidagi muvozanat chiziqlarini yoki adsorbsiya izotermalarini ifoda qiladi. Adsorbsiya izotermalari g'ovaksimon qattiq jismlarning adsorbsion xossalarini belgilaydigan muhim kattaliklar hisoblanadi. Izotermaning aniq shakli adsorbent va yutilayotgan moddaning xossalariga va ular o'rtasidagi o'zaro ta'sir qilish kuchlariga bog'liq bo'ladi. $\overrightarrow{X}$ ning qiymati adsorbsiya kattaligi a (kg/m^3) bilan, $\overline{Y}$ ning qiymati esa bug'-gaz aralashmasidagi parsial bosim bilan almashtirilishi mumkin.

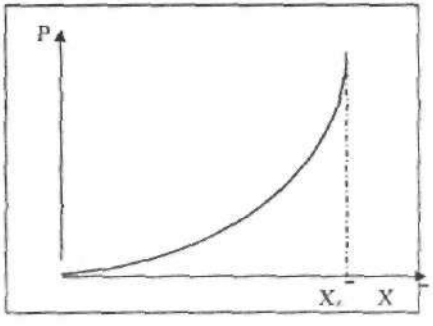
16.1-rasmda adsorbsiya izotermalarining turlari ko'rsatilgan. Mikrog'ovakli adsorbentlar uchun I tur to'g'ri keladi. II va IV turdagi izotermalarning boshlang'ich qismidagi bo'rtib chiqqan joylar

adsorbentlarda makrog'ovaklardan tashqari qisman mikrog'ovaklar ham borligini ko'rsatadi. III va V turdagi izotermalarning boshlang'ich qismidagi botiq joylar adsorbat va adsorbent molekulalari o'rtasidagi o'zaro ta'sir kuchlari adsorbat molekulalarining oralig'idagi o'zaro ta'sir kuchlaridan kam ekanligini ifoda qiladi. III va V turdagi izotermalar kam uchraydi.



16.1-rasm. Adsorbsiya izotermalarining turlari(I-Y):
a–adsorbsiya kattaligi(yutilgan moddaning miqdori), kg/m^3; R–adsorbat bug'ining parsial bosimi, Pa; R_s–adsorbat to'yingan bug'ining parsial bosimi, Pa.

Agar adsorbsiya izotermasini boshqa ko'rinishda – $\vec{X}$–P koordinatalarida ifoda qilinsa (16.2-rasm), egri chiziqning boshlang'ich qismida (bosim qiymatlari kichkina bo'lganda) P va X larning o'rtasida



16.2-rasm. Adsorbsiya izotermasi.

taxminan to'g'ri mutanosiblik bor, oxirgi qismida esa egri chiziq asimptotik holatda adsorbtivning qattiq fazadagi chegara konsent-

ratsiyasi X_∞ ga intiladi. Egri chiziqning o'rta qismi Freyndlixning empirik tenglamasi orqali ifodalanadi:

$$P=K\overline{X}^{n} \quad \text{yoki} \quad \overline{X}=KP^{\frac{1}{n}}, \tag{16.4}$$

bu yerda, K va n – tajriba yo'li bilan topiladigan doimiyliklar.

Freyndlix tenglamasidan amaliy hisoblashlarda foydalanish mumkin.

Fizik adsorbsiya jarayoni Freydlix tenglamasiga nisbatan Lengmyur tenglamasi orqali yaxshiroq ifoda qilinadi:

$$\overline{X}=\overline{X}_\infty \frac{P}{P+b}, \tag{16.5}$$

bu yerda, b – haroratga bog'liq va tajriba yo'li bilan topiladigan koeffitsiyent.

(16.5) tenglama orqali faqat I turdagi izotermaga to'g'ri kelgan tajriba natijalarini qoniqarli ifodalash mumkin. Biroq, ushbu tenglamaning cheklanishiga qaramasdan, undan ko'pincha adsorbsiya kinetikasini taxminiy hisoblashlar uchun foydalaniladi. Adsorbsiya mexanizmini tushuntirish uchun bir qator nazariyalar taklif qilingan: monomolekulali adsorbsiya; ko'pmolekulali adsorbsiya; mikrog'ovakli hajmiy to'ldirish va hokazo.

Adsorbsiya jarayonining moddiy balansi uning davriy yoki uzluksiz rejimda olib borilishiga qarab tuziladi. Odatda jarayon uzluksiz ravishda olib borilganda qarama-qarshi oqimlardan foydalaniladi. Bunday jarayon uchun moddiy balans tenglamasi quyidagicha ifoda qilinadi:

$$L(a_0-a_\delta)=G(C_\delta-C_0), \tag{16.6}$$

bu yerda, L – adsorbentning sarfi; G – tashuvchi gazning sarfi; a_δ va a_0 – yutilayotgan moddaning adsorbentdagi boshlang'ich va oxirgi tarkibi; S_0 – yutilayotgan moddaning adsorbsiya paytida chiqib ketayotgan gazlardagi o'rtacha tarkibi; C_δ – adsorbtivning tashuvchi gazdagi tarkibi.

Adsorbsiya jarayoni issiqlik ajralishi bilan boradi. Ajralib chiqqan issiqlik sistemadagi haroratning ko'tarilishiga olib keladi, bu holat adsorbentning faolligini susaytiradi. Shu sababdan sanoat miqyosida adsorbsiya jarayoni amalga oshirilganda ajralib chiqqan issiqlikni sarflaydigan uskunalardan foydalaniladi.

16.4. ADSORBSIYA PAYTIDAGI MODDA O'TKAZISH

Adsorbsiya jarayonidagi modda o'tkazish ikki bosqichdan iborat bo'ladi: tashqi diffuziya va ichki diffuziya. Tashqi diffuziyaning tezligi asosan jarayonning gidrodinamik holati bilan, ichki diffuziyaning tezligi esa adsorbentning tuzilishi va adsorbsion sistemaning fizik-kimyoviy xossalari bilan belgilanadi.

Tashqi modda o'tishining tezligi quyidagi bog'liqlik bilan aniqlanadi:

$$\frac{da}{d\tau} = \beta(C - C_{k0}) \ , \qquad (16.7)$$

bu yerda, a – yutilgan moddaning miqdori; τ – vaqt; C – yutilayotgan komponentning bug'-gaz aralashmasi hajmidagi konsentratsiyasi; S_{Yu} – yutilayotgan komponentning adsorbent yuzasidagi konsentratsiyasi; β – adsorbentning hajm birligiga nisbatan olingan modda berish koeffitsiyenti.

Ichki modda o'tishining tezligi esa molekular diffuziya tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$\frac{dc}{d\tau} = D_э\left(\frac{d^2c}{dx^2} + \frac{d^2c}{dy^2} + \frac{d^2c}{dz^2}\right), \qquad (16.8)$$

bu yerda, D_E – diffuziyaning effektiv koeffitsiyenti.

Ushbu tenglamani integrallash uchun boshlang'ich va chegara shartlarini hisobga olish kerak. Odatda jarayon davomida D_E ning qiymati o'zgarmas deb olinadi.

Adsorbent donasining ichidagi modda o'tishining tezligi tashqi diffuziya orqali modda o'tishining tezligiga nisbatan anchagina kam bo'ladi, shu sababdan ko'pincha yutilayotgan moddaning adsorbent donasi yuzasidagi konsentratsiyasini adsorbtivning aralashma hajmidagi konsentratsiyasiga teng deb olinadi.

Adsorbsiya paytida fazalarning kontakt yuzasini aniqlash amaliy jihatdan qiyin bo'lganligi uchun, modda o'tkazishning asosiy tenglamasidagi yuza F o'rniga adsorbent ish qatlamining hajmi V_0 dan foydalaniladi. Bunday sharoitda bir fazadan ikkinchi fazaga o'tgan moddaning miqdori M quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$M = K_{yy}V_0\Delta U_{o'p}\tau_m = K_{yy}S\ell_0\Delta U_{o'p}\tau_m \ , \qquad (16.9)$$

bu yerda, K_{yy} – modda o'tkazishning hajmiy koeffitsiyenti; $\Delta U_{o'p}$ – modda o'tkazishning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi; S – adsorbent qatlami ko'ndalang kesimining yuzasi; ℓ_0 – adsorbentning ish qatlami

(yoki adsorbentning modda o'tkazish zonasi); τ_m – adsorbent ish qatlami bo'yicha adsorbtivning tarqalishi (adsorbsiya fronti) ning o'tish vaqti.

Modda o'tkazishning hajmiy koeffitsiyenti quyidagi tenglama yordamida aniqlanishi mumkin:

$$K_{yv} = \frac{1}{\frac{1}{\beta_{yv}} + \frac{m}{\beta_{xv}}}, \qquad (16.10)$$

bu yerda, β_{yv} va β_{xv} – bug'-gaz (suyuqlik) va qattiq faza bo'yicha hajmiy modda berish koeffitsiyentlari; m – muvozanat chizig'i og'ish burchagining o'rtacha tangensi.

Adsorbsiya paytidagi modda o'tkazish jarayoniga tashqi yoki ichki diffuziyaning ta'siri hal qiluvchi ekanligini bilish uchun Bio diffuzion mezoni qiymatidan foydalaniladi. Agar $Bi' \geq 30$ bo'lsa, tashqi diffuziyaning tezligi juda katta bo'lib, adsorbsiya jarayonining tezligi asosan adsorbent donalari ichidagi diffuziya tezligi bilan belgilanadi. Mabodo $Bi' \leq 0{,}1$ bo'lsa, jarayonning umumiy tezligi gaz (suyuqlik) fazasidagi tashqi diffuziya tezligi orqali aniqlanishi mumkin.

Adsorbsiya juda murakkab jarayonlardan biri bo'lib, turli sharoitlar uchun β_{yv} va β_{xv} larni hisoblash uchun tenglamalar ishlab chiqilgan. Tadqiqotchilar tomonidan taklif etilgan bir qator tenglamalar quyidagi sharoitlarga mos keladi: ichki diffuziya tezligi juda katta; m/β_{xv} ni hisobga olmasa ham bo'ladi; $K_{uv} \approx \beta_{uv}$ deb olish mumkin; gaz (suyuqlik) oqimining gidrodinamik rejimi β_{uv} ning qiymatiga katta ta'sir qiladi. Bunday holat uchun quyidagi hisoblash tenglamalaridan foydalanish mumkin:

Re = 2–30 bo'lganda: $Nu' = 0{,}725\ Re_E^{0,47}\ (Pr')^{0,33}$; (16.11)

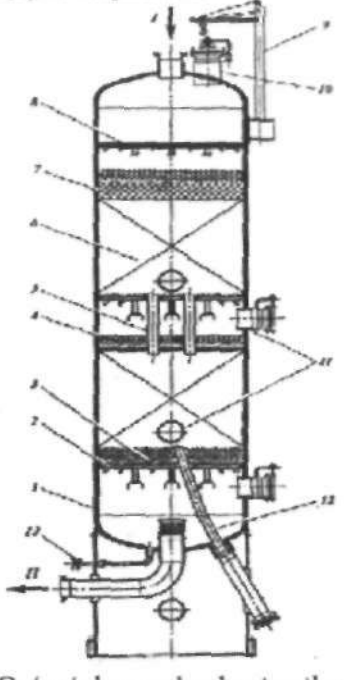
Re > 30 bo'lganda: $Nu' = 0{,}395\ Re_E^{0,64}\ (Pr')^{0,33}$; (16.12)

bu yerda, $Nu' = \frac{\beta_{yv} d_e^2}{D_v}$ – hajmiy modda berish koeffitsiyenti orqali ifoda qilingan Nusselt diffuzion mezoni; $Re_э = \frac{4w_0}{a\nu_y}$ – donali qatlam uchun Reynolds mezoni; $Pr' \frac{\nu_y}{D_v}$ – Prandtl diffuzion mezoni; $d_э = \frac{4\varepsilon}{a}$ – donali qatlam kanallarining ekvivalent diametri; D_v – gaz (suyuqlik) fazasidagi diffuziya koeffitsiyenti; w_0 – gaz (suyuqlik) fazasining mavhum tezligi; ν_u – oqimning kinematik qovushoqligi; ε – adsorbent qatlamidagi bo'sh hajmning ulushi; a – adsorbent qatlamining solishtirma yuzasi.

16.5. ADSORBERLARNING TUZILISHI

Ish rejimiga ko'ra adsorberlar davriy va uzluksiz bo'ladi. Adsorbent qatlamining tuzilishiga ko'ra davriy adsorberlar o'zgarmas va mavhum qaynash qatlami bo'ladi. Uzluksiz ishlaydigan adsorberlar esa harakatchan va mavhum qaynash qatlami bo'lishi mumkin.

Neft va gazni qayta ishlash sanoatida adsorberlarning quyidagi asosiy rusumlari ishlatiladi: 1) qo'zg'almas qatlamli; 2) harakatchan qatlamli; 3) mavhum qaynash qatlamli.



16.3-rasm. Qo'zg'almas adsorbent qatlamli adsorber: 1–qobiq; 2–tayanch panjarasi; 3–teshilklari bo'lgan metall listi va ikki qator to'r; 4–chinni sharlari; 5–adsorbentni yuklash(tushirish) uchun quvurlar; 6–seolit qatlami; 7–alyumogel qatlami; 8–panjara; 9–maxsus kran; 10–adsorbentni yuklash uchun shtuser; 11–qopqoqli; 12–adsorbentni tushurish uchu quvur. Oqimlar: I–dastlabki gaz; II–ishlatilgan.

16.3-rasmda tabiiy gazni oltingugurt vodorodi va merkaptanlardan tozalashga mo'ljallangan qo'zg'almas qatlamli adsorber ko'rsatilgan.

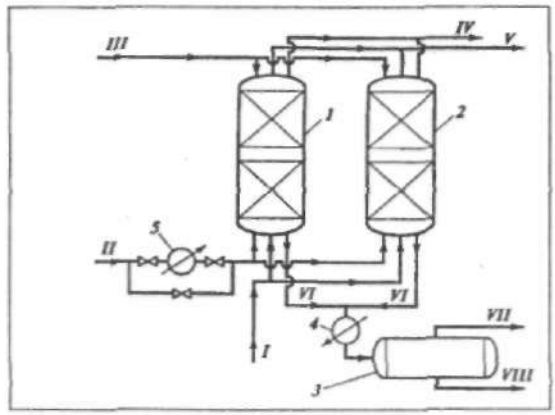
Diametri 3,6 m bo'lgan uskuna qobig'i (1) da NaX seolitidan iborat bo'lgan ikkita adsorbent qatlami (balandligi 3,6 m) joylashtirilgan. Har bir seolit qatlami (6) tayanch panjarasi (2), uning ustida joylashtirilgan teshikli list (3) va ikki qator metall to'rlari yordamida ushlab turiladi. Gazlarni quritish uchun yuqorigi seolit qatlamining ustiga qo'shimcha alyumogel qatlami (7) joylashtirilgan. Gaz oqimining dinamik ta'sirini kamaytirish va uni bir me'yorda taqsimlash uchun adsorbent qatlamining ustiga balandligi 300–600 mm dan iborat bo'lgan chinnidan qilingan sharlar joylashtirilgan. Adsorbentni yuklash paytida shtuser (10) va maxsus kran (9) dan foydalaniladi. Adsorbentni uskunaga yuklash paytida uni bir zonadan ikkinchi zonaga o'tishi hamda tushirish quvur (5) yordamida amalga oshiriladi. Adsorbentni uskunadan tushirish esa quvur (12) orqali bajariladi.

Davriy ishlaydigan uskunalarda adsorbentning yutish sig'imidan to'la foydalanilmaydi. Desorbsiya jarayoni ham ushbu adsorberlarning o'zida olib boriladi. Natijada uskunadan foydalanish darajasi kam bo'ladi. Bu kamchiliklardan uzluksiz ishlaydigan uskunalar holidir.

Odatda davriy adsorbsiya jarayoni to'rtta bosqich bilan olib boriladi: 1) adsorbsiyaning o'zi; 2) desorbsiya; 3) adsorbentni quritish; 4) adsorbentni sovitish.

16.4-rasmda ikkita adsorberli adsorbsion qurilmaning sxemasi keltirilgan. Gaz aralashmasi I birinchi adsorber 1 ga beriladi, bu yerda yutilishi lozim bo'lgan komponentlar adsorbsiya qilinadi, quruq gaz V esa uskunadan chiqib ketadi. Shu paytning o'zida, ikkinchi adsorber (2) da adsorbsiya bosqichi tamom bo'lib, unga yutilgan komponentlarni desorbsiya qilish uchun suv bug'i III beriladi. Ikkinchi adsorber (2) da hosil bo'lgan suv bug'i va adsorbat aralashmasi VI sovitgich (4) orqali suv ajratgich (3) ga yuboriladi. Suv ajratgichning yuqorigi qismidan adsorbat, uning pastki qismidan esa suv ajratib olinadi. So'ngra uskunadagi adsorbentni quritish uchun qizdirilgan havo, keyinchalik uni sovitish uchun sovuq havo yuboriladi. Shunday qilib, adsorbent keyingi adsorbsiya sikli uchun tayyorlanadi. Adsorberlarni bir rejim (adsorbsiya) dan keyinga rejim (desorbsiya, adsorbentni quritish, adsorbentni sovitish) ga o'tkazish avtomatik yo'l bilan regulator yordamida amalga oshiriladi.

Harakatchan adsorbent qatlamli adsorberlar uch komponentli (etilen, vodorod va metan) aralashmadan etilenni va gazlar aralashmasidan vodorodni ajratib olish uchun ishlatiladi. Bunda jarayon uzluksiz ravishda olib boriladi, uning har bir bosqichi ma'lum bir uskunada yoki uskunaning

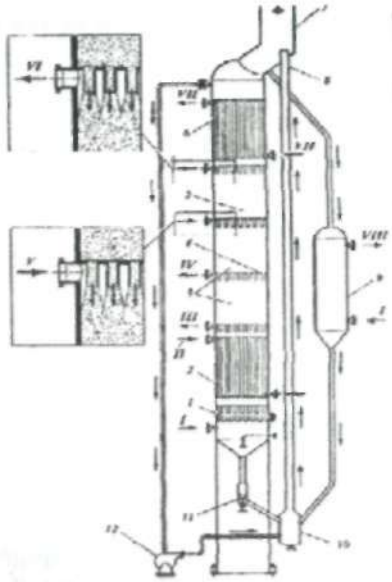


16.4-rasm. Ikkita adsorberli adsorbsion qurilma sxemasi:
1,2–adsorberlar; 3–suv ajratgich; 4–sovutgich; 5–isitgich. Oqimlar:
I–dastlabki gaz; II–quritish va sovitish uchun havo; III–desorbsiya
uchun suv bug'i; IV–desorberlardan chiqayotgan havo; V–quruq gaz;
VI–bug'lar, suv va adsobrat aralashmasi; VII–adsorbat; VIII–suv.

bir qismida olib boriladi. Adsorbent alohida olingan uskunalar oralig'ida pnevmotransport yordamida uzluksiz ravishda harakat qiladi. Adsorbent sifatida ko'pincha granula holatidagi faollashtirilgan ko'mir ishlatiladi. Gazlar aralashmasini harakatdagi adsorbent qatlami yordamida ajratib olishga mo'ljallangan adsorbsion qurilmaning sxemasi 16.5-rasmda ko'rsatilgan. Uskuna bir necha zonalardan iborat bo'lib, ularda adsorbsiya, desorbsiya, adsorbentni isitish va sovitish jarayonlari olib boriladi. Uskunaga bunker (7) dan granula holatidagi adsorbent beriladi, u og'irlik kuchi ta'sirida yuqoridan pastga qarab yaxlit qatlam sifatida harakat qiladi. Adsorbent uskunaning tegishli zonalari orqali harakat qilganida u yoki bu jarayon amalga oshiriladi.

Ishlatiladigan adsorbent uskunaning pastki qismidan ta'minlagich (1) orqali pnevmoko'targichning yig'gichi (10) ga tushadi, u yerga gazoduvka (12) yordamida gaz yuboriladi. So'ngra adsorbent gaz oqimining ta'sirida yuqorigi bunker (7) ga tushadi.

Uskunaning turli kesimlarida 4 ta taqsimlovchi tarelkalar bo'lib, ular adsorbent va gazning qarama-qarshi oqimlarini uskunaning to'la kesimi bo'yicha bir me'yorda taqsimlanib turishini ta'minlaydi. Ushbu taqsimlovchi tarelkalar adsorbentdan ajralib chiqqan gazlarni yig'ib, ularni uskunadan chiqarish uchun ham xizmat qiladi.



16.5-rasm. Gazlarni ajratish uchun harakatchan adsorbent qatlamli adsorbsion qurilma:
1–ta'minlagich; 2–isitgich; 3–rektifikatsiya zonasi; 4–taqsimlovchi tarelka; 5–adsorbsiya zonasi; 6–sovitgich; 7-bunker; 8–pnevmoko'targich; 9–reaktivator; 10–yig'gich; 11–boshqaruvchi zadvijka; 12–gazoduvka.
Oqimlar: I–suv bug'i; II–isituvchi agant; III-og'ir fraksiya; IV–oraliq fraksiya; V–dastlabki gaz; VI–yengil fraksiya; VII–sovituvchi suv; VII–reaktivatsiya mahsulotlari va suv bug'i.

Shartli ravishda yengil va og'ir fraksiyadan iborat bo'lgan dastlabki gaz V taqsimlovchi tarelkaning pastki qismiga berilib, uskunaning to'la kesimi bo'ylab bir xil me'yorda tarqaladi va harakat qilayotgan adsorbent qatlami bilan kontaktga uchraydi.

Gaz taqsimlovchi tarelkaning naychalari orqali yuqorigi adsorbsion zona (5) ga o'tadi, u yerda adsorbent bilan qarama-qarshi yo'nalishda bo'ladi va adsorbsiya jarayoni yuz beradi. Ushbu zonaning yuqorigi qismidan yengil fraksiya chiqib ketadi. Adsorbsion zonada gazning yuqoriga qarab harakat qilishida modda almashinish yuz beradi, oqibat natijada ajralishi lozim bo'lgan gazning molekulalari adsorbent yuzasidagi yengil fraksiyaning faol bo'lmagan molekulalarini siqib chiqaradi. Shunday qilib, ushbu zonaning yuqorigi qismida tarkibida

faolligi pastroq komponentlarni ko'p ushlagan (ya'ni yuqori konsentratsiyali) toza yengil fraksiya hosil bo'ladi.

Ajratib olinadigan komponentlar o'ta toza bo'lishligi uchun adsorbent yuzasidagi yengil fraksiyalarni yo'qotish zarur. Ushbu jarayon rektifikatsiya zonasi (3) da amalga oshiriladi. Bu zonadagi modda almashinish rektifikatsion kolonnaning pastki qismida yuz beradigan jarayonga o'xshaydi.

Rektifikatsion zonasi (3) ning pastki qismiga og'ir fraksiyaning isitkich (2) da desorbsiya qilingan komponentlari kiradi va qarama-qarshi yo'nalish bo'ylab harakat qilayotgan adsorbent oqimi bilan uchrashadi, natijada modda almashinish jarayoni yuz beradi. Ushbu jarayonda adsorbat tarkibida bo'lgan yengil fraksiya komponentlari og'ir fraksiyaning ancha faol bo'lgan molekulalari tomonidan siqib chiqariladi.

Shunday qilib, gaz fazasi pastdan yuqoriga qarab harakat qilganida borgan sari yengil fraksiya komponentlari bilan to'yib boradi, adsorbentning yuqoridan pastga qarab harakat qilganida esa adsorbat og'ir fraksiyaning komponentlari bilan to'yib boradi. Pastki taqsimlovchi tarelkadan isitkich (2) ga uzatilayotgan adsorbentning tarkibidagi adsorbat asosan og'ir fraksiyaning komponentlari bilan to'yingan bo'ladi. Isitkichda adsorbent isitiladi va og'ir fraksiya desorbsiya qilinadi.

Desorbsiya jarayonining yaxshi ketishi uchun uskunaning pastki qismiga suv bug'i beriladi. Isitgich (2) ning quvurlararo bo'shlig'iga berilgan suv bug'ining issiqligi adsorbentni isitish va desorbsiya uchun sarflanadi. Desorbsiya qilingan og'ir fraksiyaning bir qismi pastki taqsimlovchi tarelkadan tayyor mahsulot sifatida uzatiladi, uning qolgan qismi esa ichki sirkulatsiya qiluvchi oqim sifatida taqsimlovchi tarelkaning naychalari orqali rektifikatsion zonasiga yuboriladi va u yerda adsorbent bilan kontaktga uchraydi.

Yuqorigi va pastki mahsulotning tozaligini oshirish uchun rektifikatsion zonasining o'rta qismidan oraliq fraksiya ajratib olinadi.

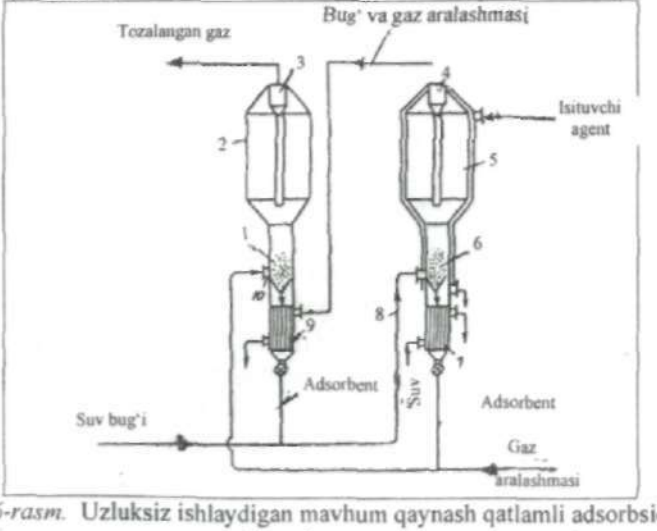
Isitilgan adsorbent pnevmoko'targich (8) yordamida bunker (7) ga yuboriladi, u yerda tashuvchi gazdan ajralgandan so'ng sovitgich (6) ga tushadi.

Dastlabki gazning tarkibida yuqori adsorbsion qobiliyatga ega bo'lgan hamda qiyinlik bilan desorbsiya qilinadigan komponentlarning bo'lishi adsorbent faolligining kamayishiga olib keladi. Adsorbent faolligini bir xil darajada ushlab turishlik uchun qurilma sxemasiga

reaktivator (9) qo'shiladi va ushbu uskuna orqali adsorbentning bir qismi sirkulatsiya qiladi. Reaktivatorda desorbsiya qilish uchun ancha qattiq sharoit (yuqori harorat, suv bug'ining ortiqcha sarfi va hokazo) yaratiladi.

Ayrim sharoitlarda sirkulatsiya qilinayotgan adsorbentning bir qismini desorbsiya qilish uchun qattiq sharoitni yaratish maqsadida alohida uskuna (reaktivator) dan foydalanish, adsorbentning barcha oqimi uchun isitgichda qattiq sharoitni yaratishga nisbatan, iqtisodiy jihatdan samarali hisoblanadi. Bunday sharoitda isitgichning o'lchamlarini hamda isituvchi agent va desorbsiya uchun suv bug'i sarflarini oshirish kerak bo'ladi. Gaz aralashmalarini ushbu uslub bilan ajratish gipersorbsiya deb ataladi.

Gaz va qattiq fazalar zichliklari o'rtasida katta farq borligi sababli oxirgi yillari adsorbsiya jarayonlarini adsorbentning mavhum qaynash holatida olib borish keng tarqalmoqda. Adsorbent sifatida mayda granulalar (odatda o'lchami 500 mkm dan kichik bo'lgan) ishlatiladi. Bunday jarayonlarda adsorbentni uzatish uchun pnevmotransport, gaz oqimlaridan qattiq zarrachalarni ajratish uchun esa siklonlar qo'llaniladi. 16.6-rasmda uzluksiz ishlaydigan mavhum qaynash qatlamli qurilmaning sxemasi berilgan. Bu qurilmaning tarkibiga adsorber I va desorber (6) kiradi.



16.6-rasm. Uzluksiz ishlaydigan mavhum qaynash qatlamli adsorbsion qurilmaning sxemasi:
1–adsorber; 2,5–separatsion bo'shliqlar; 3,4–siklonlar; 6–desorber; 7–issiqlik almashgich; 8–quvur; 9–isitgich; 10–shtuser.

Dastlabki gaz aralashmasi regeneratsiya qilingan adsorbent bilan birgalikda shtuser (10) orqali adsorberga kiradi. Adsorberning yuqorigi qismidan yutilmagan gaz chiqadi, uning tarkibidagi adsorbentning zarrachalari separatsion bo'shliq (2) va siklon (3) da ajratiladi. O'zida gaz fazasidan bir yoki bir necha komponentlarni yutib olgan adsorbent isitgich (9) ga tushadi. Isitgichda adsorbent desorberdan chiqayotgan bug'-gaz aralashmasi bilan isitiladi va so'ngra desorbsiya qiluvchi agent (odatda suv bug'i) yordamida quvur (8) orqali desorberga uzatiladi. Desorber isituvchi qobiq, separatsion bo'shliq (5) va siklon (4) bilan ta'minlangan. Regeneratsiya qilingan adsorbent issiqlik almashgich (7) da soviydi va adsorberga qaytariladi. Mavhum qaynash qatlamli uskunalar bir qator afzalliklarga ega: adsorbsiya va desorbsiya jarayonlari uzluksiz ravishda boradi; fazalar o'rtasidagi kontakt yuza katta; adsorbent zarrachalari uskunaning ichida jadal aralashadi; ish unumdorligi yuqori va hokazo. Mavhum qaynash qatlamli uskunalarning ishini samarali olib borish uchun bir qator murakkab texnikaviy vazifalarni hal qilishga to'g'ri keladi. Bular qatoriga quyidagilar kiradi: adsorbentning uzluksiz harakatini uyushtirish; adsorbent zarrachalarining yeyilib ketishini minimumga keltirish; adsorbentning chang holatidagi mayda zarrachalarini uskunadan chiqib ketishiga yo'l qo'ymaslik. Bunday kamchiliklarni yo'qotish uchun, birinchidan yuqori darajadagi mustahkam adsorbentlardan foydalanish, ikkinchidan esa adsorber va desorberni konstruktiv jihatdan mukammal qilib tayyorlash zarur.

16.6. DESORBSIYA

Yuqori faollikka ega bo'lgan adsorbentlar qimmatbaho materiallar qatoriga kiradi, shu sababli ulardan bir necha marotaba foydalanish lozim. Buning uchun adsorbsiya jarayonidan so'ng adsorbent regeneratsiya qilinadi, ya'ni unda yutilgan modda ajratib chiqariladi. Adsorbsiyaga teskari bo'lgan jarayon desorbsiya deb ataladi.

Adsorbent quyidagi usullar yordamida regeneratsiya qilinishi mumkin: 1) adsorbentning haroratini oshirish yoki uning ustidagi bosimni kamaytirish; 2) adsorbent qatlami orqali isitilgan gaz yoki qizdirilgan bug'ni haydash; 3) adsorbentda yutilgan komponentlarni adsorbsion xossasi yuqori bo'lgan boshqa modda yordamida siqib chiqarish.

Harorat qancha yuqori bo'lsa desorbsiya jarayoni shuncha tez va to'la boradi. Haroratni to'g'ri tanlash katta ahamiyatga molik. Tanlangan harorat yutilgan komponentlarni adsorbentdan to'la ajratib chiqarishni va adsorbentning o'ta qizib, parchalanib ketmasligini ta'minlashi zarur. Regeneratsiya paytida adsorbentning faolligi biroz kamayadi.

Yuqori haroratlarda oson parchalanib ketadigan moddalarni desorbsiya qilishda boshqa modda yordamida siqib chiqarish usulini qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi. Bunday usuldan harorat 40–80^{0}C bo'lganda foydalanish yaxshi samara beradi.

Har bir sharoit uchun tegishli harorat chegaralari qabul qilinadi. Masalan, gazlarni seolitlar yordamidan quritilgandan so'ng, desorbsiya jarayoni (namlikni adsorbentdan ajratib chiqarish) ni amalga oshirish uchun harorat 300–400^{0}C dan ortmasligi kerak.

Adsorbentni to'la regeneratsiya qilish uchun desorbsiyadan keyin adsorbentni quritish va so'ngra sovitish zarur. Shundan so'ng adsorbsiyaning yangi siklini boshlash mumkin.

Desorbsiya jarayoni adsorbsiyaga ko'ra ancha yuqori haroratlarda olib boriladi, shu sababdan desorbsiyaning vaqti adsorbsiyanikiga nisbatan kam bo'ladi.

16.7. ADSORBERLARNI HISOBLASH

Davriy ishlaydigan adsorberlar. Bunday uskunalar hisoblanilganda ularning diametri va balandligi topiladi. O'zgarmas qatlamli adsorberning diametri quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0{,}78\omega_0}}, \qquad (16.13)$$

bu yerda, V – adsorbent qatlamidan o'tayotgan gaz aralashmasi yoki eritmaning hajmiy sarfi; ω_0 – gaz aralashmasi yoki eritmaning uskunaning bo'sh kesimiga nisbatan olingan mavhum yoki keltirilgan tezligi.

Gaz aralashmasi (yoki eritma) ning mavhum tezligini to'g'ri tanlash muhim ahamiyatga ega. Agar adsorbsiya jarayonining jadalligi tashqi difuziyaning tezligi orqali belgilansa, ω_0 ning ortishi bilan adsorbsiya tezligi ko'payadi, biroq bir vaqtning o'zida oqimni adsorbent qatlami orqali o'tkazish uchun zarur bo'lgan energiya sarfi ortadi. Shu sababdan har bir aniq sharoit uchun ω_0 ning maqbul qiymati topiladi. Sanoat miqyosida ω_0 ning qiymati 0,3 m/s dan ortmaydi.

Adsorberning balandligini aniqlash adsorbent qatlamining balandligi *H* ni aniqlash bilan bog'liq. Qatlamning balandligi quyidagi

tenglama orqali topiladi:

$$H = U(\tau_a + \tau_0), \qquad (16.14)$$

bu yerda, U – qatlamdagi bir xil konsentratsiyali adsorbsiya fronti (yoki modda o'tkazish zonasi) harakatining tezligi; τ_a – qatlamning adsorbsion himoya qilish vaqti; τ_0 – qatlamni himoya qilish vaqtining yo'qolishi.

Modda o'tkazish zonasining o'zgarmas tezligi moddiy balans tenglamasiga asosan quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$U = \omega_0 \frac{C_b}{\varepsilon C_b + C_0^*}, \qquad (16.15)$$

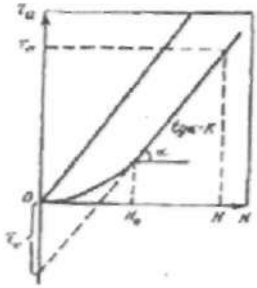
bu yerda, C_0^* – adsorbtivning oqimdagi dastlabki hajmiy konsentratsiyasi C_b bilan muvozanatda bo'lgan adsorbent qatlamining hajm birligidagi adsorbtivning konsentratsiyasi; ε – adsorbent qatlamidagi erkin hajmning ulushi.

Adsorbsiya jarayonining samaradorligi adsorbent qatlamiga gaz aralashmasi berilgandan tortib, to tegishli komponentning adsorbentda yutilmasdan qatlamning tashqi chetida paydo bo'lish momentigacha ketgan vaqt bilan ham belgilanadi. Vaqtning ushbu qiymati qatlamning yutilayotgan moddaga nisbatan adsorbsion himoya qilish vaqti deb yuritiladi. Qatlamning himoya qilish vaqti τ_a ni N.A. Shilov va uning xodimlari tomonidan taklif etilgan empirik tenglama orqali topish mumkin (16.7-rasm):

$$\tau_a = KH - \tau_0 . \qquad (16.16)$$

bu yerda, K=1/U – qatlamning himoya qilish koeffitsiyenti, $K\omega_0$ = const.

16.7-rasmdan yaqqol ko'rinib turibdiki, τ_a ning H dan bog'liqligi silliq egri chiziqni tashkil etib, adsorbsiya fronti parallel holatda siljigan paytda to'g'ri chiziq ko'rinishini egallaydi. Ushbu to'g'ri chiziq og'ish burchagining tangensi qatlamning himoya qilish koeffitsiyentiga teng bo'ladi, ya'ni $tg\alpha = K$.



16.7-rasm. Qatlamning adsorbsion himoya qilish vaqti τ_a ning adsorbent qatlami balandligi H dan bog'liqligi.

Amaliy hisoblashlarda qatlamni himoya qilish vaqtining yo'qolishi τ_0 ning qiymati tajriba natijalari asosida olingan quyidagi taxminiy bog'liqlik yordamida aniqlanadi:

$$\tau_0 \approx 0{,}5\ \frac{H_0}{U}\ , \qquad (16.17)$$

bu yerda, H_0 – modda o'tkazish zonasining balandligi.

Modda o'tkazish zonasining balandligi quyidagi tenglama orqali hisoblanadi:

$$H_0 = \frac{Un_{oy}}{K_{yu}}\ , \qquad (16.18)$$

bu yerda, n_{oy} – gaz (yoki suyuqlik) fazasi bo'yicha hisoblangan umumiy o'tkazish soni; K_{uu} – gaz (yoki suyuqlik) fazasi bo'yicha hisoblangan modda o'tkazishning hajmiy koeffitsiyenti.

Qatlamni himoya qilish vaqtining yo'qolishi τ_0 ni kamaytirish uchun gaz aralashmasini qatlamga bir me'yorda berilishini ta'minlash va uning adsorbent zarrachalarini aylanib o'tish shart-sharoitlarini yaxshilash kerak. Masalan, adsorbsiya jarayonini mavhum qaynash holatida olib borilganda sharoitni shunday tanlash mumkinki, bunda τ_0 minimal qiymatga ega bo'ladi.

Uzluksiz ishlaydigan adsorberlar. Bunday adsorberlarning diametri (16.13) tenglama yordamida aniqlanadi. Adsorbent qatlamining kerakli balandligi (yoki hajmi) boshqa modda almashinish jarayonlari (absorbsiya, rektifikatsiya va hokazo) ga o'xshash modda o'tkazishning umumiy tenglamasiga asosan topiladi. Buning uchun modda o'tkazishning umumiy tenglamasini quyidagi differensial shaklga keltirish mumkin:

$$G_u d_y = K_{yu}\,(y - y^*)\,dV\ . \qquad (16.19)$$

O'zgaruvchi kattaliklarni ajratib va ularni O dan V gacha (bu yerda, V – adsorbent qatlamining hajmi) va u_b dan u_0 gacha (bu yerda, u_b va u_0 – gaz aralashmasidagi ajratib olinayotgan komponentning boshlang'ich va oxirgi konsentratsiyalari) chegaralarda integrallab, quyidagi ifodaga erishamiz:

$$\frac{K_{yu}}{G_u} = \int_{y_b}^{y_0} \frac{dy}{y - y^*}\ . \qquad (16.20)$$

(16.20) ifodadan va (12.66) tenglamani hisobga olgan holda adsorbentning hajmini aniqlash mumkin:

$$V = \frac{G_u n_{oy}}{K_{yu}}\ , \qquad (16.21)$$

bu yerda, G_u – gaz aralashmasining hajmiy sarfi; n_{oy} – o'tkazish birligining soni, bu kattalikni aniqlash usuli 12-bobda keltirilgan; K_{yu}– modda o'tkazishning hajmiy koeffitsiyenti.

Qatlamning hajmi V va ko'ndalang kesimi S ga asosan uning balandligi (yoki uzunligi) topiladi:

$$H = \frac{V}{S} . \qquad (16.22)$$

Agar uskuna silindrsimon shaklga ega bo'lsa (16.22) tenglama quyidagi ko'rinishni egallaydi.

$$H = \frac{V}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4V}{\pi D^2} . \qquad (16.23)$$

Ko'p kamerali mavhum qaynash qatlamli adsorberlar uchun har bir tarelkadagi qatlamning balandligi h_0 qabul qilinib (taxminan h_0=50 mm), so'ngra uskunadagi tarelkalar soni aniqlanadi:

$$n = \frac{H}{h_0} . \qquad (16.24)$$

Adsorbentning sarfi moddiy balans tenglamasiga asosan topiladi. Qarama-qarshi oqimli (qattiq faza yuqoridan pastga, gaz aralashmasi esa pastdan yuqoriga qarab harakat qiladi) uzluksiz ishlaydigan uskunalar uchun moddiy balans tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$L(a - a_s) = G(c - c_0), \qquad (16.25)$$

bu yerda, L va G – adsorbent va tashuvchi gazning sarfi; a_s va a – uskunaga kirishda va uning xohlagan kesimida olingan adsorbent tarkibidagi adsorbtivning konsentratsiyasi; s_0 va s – adsorberdan chiqayotgan va uning xohlagan kesimi bo'yicha olingan oqimdagi adsorbtivning konsentratsiyalari.

Agar jarayon boshlanishi va oxiridagi adsorbtivning konsentratsiyalari aniq bo'lsa, ish chizig'ining og'ish burchagiga asosan adsorbentning minimal sarfi L_{min} ni aniqlash mumkin:

$$\frac{L_{min}}{G} = \frac{C_u - C_0}{a_u - a_s} , \qquad (16.26)$$

bu yerda, a_u– adsorbent tarkibidagi adsorbtivning muvozanat konsentratsiyasi.

Adsorbentning haqiqiy sarfi L_{min} dan 10-30 % ko'p bo'ladi. Hisoblashlarda adsorbentning haqiqiy sarfi $L \approx 1{,}2\ L_{min}$ deb olinadi.

Desorberlarni hisoblashda jarayonning davomiyligi (davriy jarayonlar uchun) va desorbsiya qiluvchi agentlar (suv bug'i, havo va hokazo) ning sarfi aniqlanadi. Ko'pincha bu qiymatlar tajriba natijalari

asosida tanlab olinadi yoki tegishli tenglamalar asosida hisoblab topiladi.

Tayanch so'z va iboralar

Adsorbsiya, adsorbent, sorbent, adsorbtiv, adsorbat, desorbsiya, fizik adsorbsiya, xemosorbsiya, gipersorbsiya, faollashtirilgan ko'mir, silikagel, seolitlar, solishtirma yuza, uyilgan zichlik, statik faollik, dinamik faollik, muvozanat konsentratsiyalari, adsorbsiya kattaligi, bug'-gaz aralashmasidagi parsial bosim, adsorbsiya izotermalari, Freyndlixning empirik tenglamasi, Lengmyur tenglamasi, monomolekulali adsorbsiya, ko'pmolekulali adsorbsiya, mikrog'ovakli hajmiy to'ldirish, tashqi diffuziya, ichki diffuziya, modda o'tkazishning hajmiy koeffitsiyenti, adsorbentning ish qatlami, adsorbsiya frontining o'tish vaqti, adsorbent qatlamining solishtirma yuzasi, adsorbent qatlamidagi bo'sh hajmning ulushi, qo'zg'almas adsorbent qatlamli adsorberlar, harakatchan qatlamli adsorberlar, mavhum qaynash qatlamli adsorberlar, reaktivator, qatlamdagi bir xil konsentratsiyali adsorbsiya fronti harakatining tezligi, qatlamning himoya qilish vaqti, N.A. Shilov tenglamasi, qatlamning himoya qilish vaqtining yo'qolishi, modda o'tkazish zonasining balandligi, gaz (yoki suyuqlik) fazasi bo'yicha hisoblangan umumiy o'tkazish soni, adsorbentning minimal sarfi.

Mustaqil ishlash uchun savollar

16.1. Neft va gazni qayta ishlash sanoati korxonalarida adsorbsiya jarayonlaridan qanday maqsadlarni amalga oshirish uchun foydalaniladi?

16.2. Adsorbsiya jarayonining mohiyati. Ushbu jarayon necha turga bo'linadi? Absorbsiya va adsorbsiya jarayonlari o'rtasida qanday farq bor?

16.3. Sanoatda ishlatiladigan adsorbentlar. Ularning asosiy xossalari. Adsorbentlarni tanlashda qanday ko'rsatgichlar inobatga olinadi?

16.4. Zarrachalar ichidagi kapillyar kanallarining o'lchamlariga ko'ra adsorbentlar necha turga bo'linadi?

16.5. Adsorbentlarning statik va dinamik faolliklarini qanday izohlash mumkin?

16.6. Adsorbsiya izotermalari necha rusumga bo'linadi? Freyndlix va Lengmyur tenglamalari qanday ifoda qilinadi?

16.7. Adsorbsiya jarayonidagi tashqi va ichki diffuziyalarning tezliklari qaysi ifodalar yordamida topiladi?

16.8. Adsorbsiya jarayonida bir fazadan ikkinchi fazaga o'tgan moddaning miqdori qaysi tenglama orqali aniqlanadi?

16.9. Modda o'tkazishning hajmiy koeffitsiyenti. Ushbu koeffitsiyentning qiymati qanday yo'llar bilan topiladi?

16.10. Desorbsiya. Uning ahamiyati. Adsorbent necha xil usullar yordamida regeneratsiya qilinadi?

16.11. Adsorberlarning asosiy turlari. Qo'zg'almas qatlamli adsorberning tuzilishi va ishlash prinsipi. Davriy adsorbsiya jarayoni necha bosqichdan iborat?

16.12. Ikkita adsorberli adsorbsion qurilmaning sxemasi. Ushbu qurilmaning afzallik va kamchilik tomonlarini qanday izohlash mumkin?

16.13. Harakatchan qatlamli adsorberning tuzilishi va ishlash prinsipi. Ushbu adsorber necha zonaga bo'linadi?

16.14. Adsorbsion qurilmalarda qanday maqsadni amalga oshirish uchun reaktivator qo'llaniladi?

16.15. Adsorberlarni hisoblashning maqsadi. Davriy ishlaydigan adsorberlarni hisoblash qaysi tartibda olib boriladi?

16.16. Uzluksiz ishlaydigan adsorberlarni hisoblashda qaysi tenglamalardan foydalaniladi?

XVII bob. SUYUQLIKLARNI EKSTRAKSIYALASH

17. 1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Eritmalar tarkibidagi bir yoki bir necha komponentlarni tanlab ta'sir qiluvchi erituvchilar yordamida ajratib olish jarayoni suyuqliklarni ekstraksiyalash deb yuritiladi. Suyuq aralashma bilan erituvchi o'zaro aralashtirilganda erituvchida faqat kerakli komponentlar yaxshi eriydi, qolgan komponentlar esa juda yomon yoki butunlay erimaydi.

Ekstraksiyalash jarayoni ham rektifikatsiyalash kabi suyuqlik aralashmalarini ajratish uchun qo'llaniladi. Bu usullarning qaysi birini tanlash aralashmalar tarkibidagi moddalarning xossalariga bog'liq. Rektifikatsiyalash jarayoni odatda issiqlik ta'sirida boradi. Ekstraksiyalashni amalga oshirish uchun issiqlik talab etilmaydi. Rektifikatsiyalash aralashma komponentlarining har xil uchuvchanliklariga asoslanadi. Agar aralashma komponentlarining qaynash haroratlari bir-biriga yaqin yoki ular yuqori haroratlarga beqaror bo'lsa, bunday hollarda ekstraksiyalash jarayoni qo'llaniladi.

Dastlabki eritma va erituvchi o'zaro ta'sir ettirilganda ikkita faza (ekstrakt va rafinat) hosil bo'ladi. Ajratib olingan moddaning erituvchidagi eritmasi ekstrakt, dastlabki eritmaning qoldig'i esa rafinat deb yuritiladi. Rafinat tarkibida biroz miqdorda erituvchi ham bo'ladi. Olingan ikkita suyuqlik fazasi (ekstrakt va rafinat) bir-biridan tindirish, sentrifugalash yoki boshqa mexanik usullar yordamida ajratiladi. So'ngra ekstrakt tarkibidan tegishli mahsulot ajratib olinadi, rafinatdan esa erituvchi regeneratsiya qilinadi.

Suyuqliklarni ekstraksiyalash boshqa usullar (rektifikatsiyalash, bug'latish va hokazo) ga nisbatan birmuncha afzalliklarga ega: jarayon past haroratda olib boriladi; eritmaning bug'lanishi uchun issiqlik talab qilinmaydi; tanlab ta'sir qilish xususiyatiga ega bo'lgan istalgan erituvchini ishlatish imkoni bor. Bu usul kamchilikdan holi emas; qo'shimcha komponent (erituvchi) ni ishlatish va uni regeneratsiya qilishni tashkil etish qurilma sxemasini murakkablashtiradi va ekstraksiyalash jarayonini qimmatlashtiradi.

Neftni qayta ishlash korxonalarida ekstraksiyalash jarayonlaridan surkov moylari va dizel yonilg'ilarini tozalashda, og'ir neft qoldiqlarini

deasfaltizatsiya qilishda, piroliz benzinlaridan, riforming mahsulotlaridan yoki kokslashning yengil gazoyllaridan aromatik uglevodorodlarni ajratib olishda, oqova suvlardan yuqori haroratda qaynovchi yoki nouchuvchan komponentlarni ajratib olishda va boshqa maqsadlarda foydalaniladi.

Sanoat miqyosida suyuq holatdagi turli neft mahsulotlarini ekstraksiyalash yordami bilan ajratishda fenol, furfurol, N-metil-2-pirrolidon, dietilenglikol, suv, suyuq propan, benzol, dimetilsulfoksid, morfolin hosilalari va boshqa erituvchilar ishlatiladi. Tog' jinslaridan ozokerit va serezinni ekstraksiya qilib olishda erituvchi sifatida benzin qo'llaniladi. Oxirgi yillari zaharlik darajasi yuqori bo'lgan fenol va furfurolning o'rniga N-metil-2-pirrolidan ishlatilmoqda.

Ayrim sharoitlarda ekstraksiyalash jarayoni rektifikatsiyalash bilan birgalikda olib boriladi. Suyuqlik aralashmasi rektifikatsiyalashdan oldin birlamchi ekstraksiyalash yo'li bilan qisman ajratilsa, rektifikatsiyalash uchun issiqlik xarajatlari ancha kamayadi.

Suyuqliklarni ekstraksiyalash uchun ishlatiladigan uskunalar ekstraktorlar deb ataladi.

17.2. EKSTRAGENTLARNI TANLASH

Suyuqlik aralashmasidan kerakli komponentni ajratib oladigan modda erituvchi yoki ekstragent deb ataladi. Erituvchilarga bir qator talablar qo'yiladi. Bular qatoriga quyidagilar kiradi: 1) kerakli komponentga nisbatan tanlab ta'sir qilish xususiyatiga ega bo'lishlik; 2) erituvchining kerakli komponentni o'zida eritib, yutib olish qobiliyati; 3) erituvchi tarkibidan yutilgan komponentni yengil ajratib olish, ya'ni reekstraksiyalash imkoniyati borligi; 4) fazalarning qatlamlarga oson ajralishi; 5) erituvchi bilan ishlash xavfsiz bo'lishligi uchun, u zaharli, uchuvchan, portlab ketish xossalariga ega bo'lmasligi kerak; 6) saqlash va ish davomida (ekstraksiyalash va reekstraksiyalash) parchalanib ketmaslik; 7) narxi arzon; 8) oson topiladigan, ya'ni kamyob bo'lmasligi kerak; 9) erituvchining zichligi ekstraksiyalanishi lozim bo'lgan suyuqlik zichligidan kam bo'lishi shart.

Suyuqliklarni ekstraksiyalashni o'rganishda tarqalish koeffitsiyenti va ajratish omili tushunchalaridan foydalaniladi. Ekstrakt tarkibidagi kerakli komponentning muvozanat holatdagi konsentratsiyasini ushbu komponentning rafinatdagi muvozanat konsentratsiyasiga nisbati tarqalish koeffitsiyenti deb ataladi:

$$m = \frac{y^*}{x}, \qquad (17.1)$$

bu yerda, y^* – tarqalayotgan komponentning ekstraktdagi muvozanat ulushi; x – tarqalayotgan komponentning rafinatdagi muvozanat ulushi.

Tarqalish koeffitsiyentining qiymatiga ko'ra erituvchining ekstraksion qobiliyatini aniqlash mumkin. m ning qiymati qancha katta bo'lsa, bunday erituvchining suyuqlik aralashmasidan kerakli komponentni ajratib olish qobiliyati shuncha yuqori bo'ladi. Ekstraksion sistemalarda m – ning qiymati 1 dan 10000 gacha o'zgaradi.

Erituvchining ajratish qobiliyatini baholash uchun quyidagi nisbatdan foydalaniladi:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\frac{y_1^*}{x_1}}{\frac{y_2^*}{x_2}} = \frac{y_1^* x_2}{y_2^* x_1} = \frac{y_1^*}{y_2^*} : \frac{x_1}{x_2} = \beta, \qquad (17.2)$$

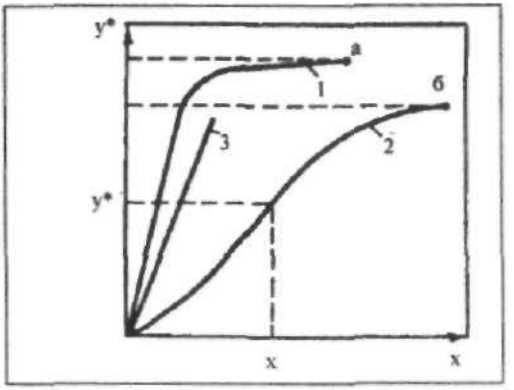
bu yerda, m_1 – aralashmadagi birinchi komponentning tarqalish koeffitsiyenti; m_2 – aralashmadagi ikkinchi komponentning tarqalish koeffitsiyenti.

Kattalik β ekstraksiyalashdagi ajratish koeffitsiyenti yoki omili deb ataladi. Ushbu koeffitsiyent ajralayotgan komponentlarning ekstraktdagi muvozanat konsentratsiyalari rafinatdagi muvozanat konsentratsiyalaridan necha marta kattaligini bildiradi. Bu koeffitsiyent rektifikatsiyalash jarayonidagi komponentlarning nisbiy uchuvchanligiga o'xshaydi. Haqiqiy sharoitlarda β ning qiymati 2 dan kam bo'lmasligi maqsadga muvofiq bo'ladi.

17.3. SUYUQLIK–SUYUQLIK SISTEMALARINING MUVOZANATI

Bunday sistemalarning muvozanati orqali ekstrakt va rafinatning chegara konsentratsiyalarini aniqlash mumkin. Muvozanat kattaliklari kerakli erituvchini tanlashda, jarayonning texnologik sxemasini tuzishda, uskunaning o'lchamlarini aniqlashda, dastlabki eritma va erituvchilar oqimlarining maqbul nisbatini topishda hamda jarayonning boshqa shart-sharoitlarini bilishda ishlatiladi.

Muvozanat konsentratsiyalarining qiymatlari tarqalish koeffitsiyenti m yoki ekstraksiyalash izotermasi $u^* = f(x)$ orqali topiladi. Jarayonning ushbu ikkala kattaliklari ham tajriba yo'li bilan aniqlanadi.



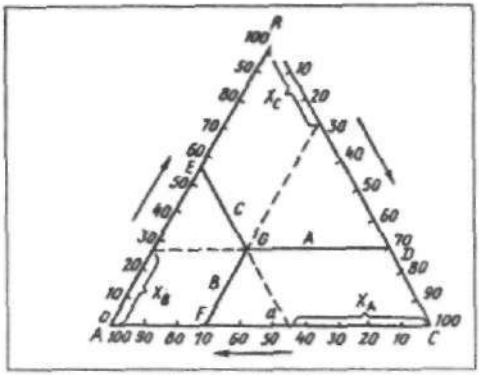
17.1-rasm. Ekstraksiyalash izotermalari:
$1,2 - u^* = f(x)$; $3 - u^* = mx$.

Ekstraksiyalash izotermalari (17.1-rasm) orqali ajratib olinayotgan komponentning erituvchidagi chegara konsentratsiyasini aniqlash mumkin. (1) va (2) egri chiziqlarining *a* va b nuqtalaridan abssissa o'qiga o'tkazilgan chiziqlaring ordinata o'qi bilan kesishgan nuqtalari $u_{to'y}$ ni tashkil etadi.

Amaliyotda ko'pincha (1) va (2) turdagi izotermalar uchraydi, bunday holatlarda tarqalish koeffitsiyenti m o'zgaruvchan bo'ladi, m ning qiymati kerakli komponentning ekstrakt va rafinatdagi konsentratsiyalariga bog'liq bo'ladi. 3 turdagi izoterma (ya'ni m = const) esa kam uchraydi. Bunday sharoitda m ning qiymati faqat haroratga bog'liq bo'ladi.

Suyuqliklarni ekstraksiyalashda uchta komponent (A – ekstraksiyalanayotgan suyuqlik, B – ajralayotgan komponent, C – erituvchi) ishtirok etadi, shu sababli bu jarayonni o'rganishda uchburchakli diagrammadan foydalaniladi (17.2-rasm). Bu rasmda teng tomonli uchburchak ko'rsatilgan bo'lib, uning tomonlarida komponentlarning miqdori (% hisobida) ko'rsatilgan.

Uchburchaklarning qirralari toza holdagi A,B va C komponentlarga to'g'ri keladi. Uchburchakning tomonlari esa binar aralashmaning miqdorlarini ifoda qiladi. Masalan, AC tomondagi *a* nuqtaga 50% A komponent va 50% B komponentdan iborat bo'lgan aralashma mos keladi, bu aralashma tarkibida S komponent bo'lmaydi.

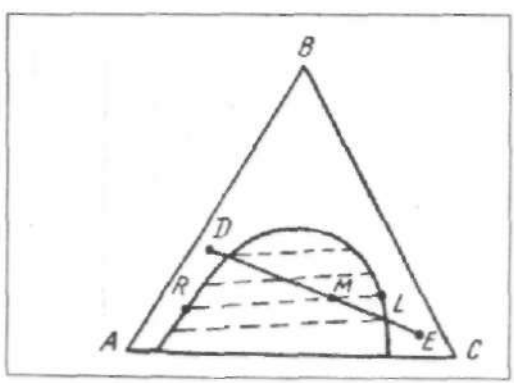


17.2- rasm. Uchburchakli diagramma:
A,V – suyuqlik aralashmasining ajralishi lozim bo'lgan komponentlari;
C – ekstragent.

Uchburchak ichidagi nuqta G uch komponentli aralashmaning tarkibini ifodalaydi. Bu tarkibni aniqlash uchun G nuqtadan uchburchak tomonlariga parallel qilib chiziqlar o'tkaziladi (17.2-rasm). Bu nuqtaga to'g'ri kelgan aralashma quyidagi tarkibga ega:

$x_A = 45\ \%;\quad x_B = 26\ \%;\quad x_C = 29\ \%.$

Uchburchaklik diagramma yordamida ekstraktorda yuz berayotgan jarayonlarni ifodalash mumkin (17.3-rasm). Dastlabki aralashmaning tarkibi E nuqta, ekstraktning tarkibi esa D nuqta bilan belgilangan deb olamiz.



17.3-rasm. Ekstraksiyalash jarayonini uchburchakli diagrammada tasvirlash.

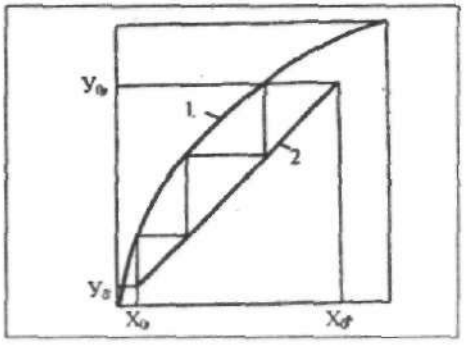
D nuqtaga mos kelgan aralashmaning miqdori G_D, E nuqtaga mos kelgan ekstragentning miqdori esa G_E ga teng. Dastlabki aralashma va erituvchini aralashtirish natijasida hosil bo'lgan suyuqlik aralashmasi M nuqta bilan belgilanadi. Bunda:

$$\frac{G_A}{G_E} = \frac{ME}{MA}.$$

M nuqtaga to'g'ri kelgan aralashma ekstrakt va rafinatga ajraladi. Shunday qilib, dastlabki aralashmaning erituvchi bilan bir marta kontakti orqali ikkita faza (ekstrakt va rafinat) hosil bo'ladi. Ekstrakt V komponent bilan boyitilgan bo'lsa, rafinatning tarkibida V komponent juda oz miqdorda bo'ladi. Hosil bo'lgan ekstrakt va rafinatning miqdorlari quyidagi nisbat orqali topiladi:

$$\frac{G_R}{G_E} = \frac{ML}{MR}.$$

Agar dastlabki aralashma va erituvchi o'zaro bir-birida erimasa, bu holda grafik usul bilan hisoblash ancha soddalashadi (17.4-rasm). Diagrammaning gorizontal o'qida ajralayotgan komponentning ekstraksiyalanayotgan suyuqlikdagi konsentratsiyasi, vertikal o'qda esa ajralayotgan komponentning erituvchidagi konsentratsiyasi ko'rsatilgan. Ish chizig'i ajralayotgan komponentning erituvchidagi berilgan oxirgi va boshlang'ich konsentratsiyalari asosida tuziladi. Muvozanat va ish chiziqlari o'rtasidagi uchburchak pog'onalar orqali ekstraksiyalash jarayonini amalga oshirish uchun zarur bo'lgan konsentratsiyalar o'zgarishining soni aniqlanadi.



17.4-rasm. Suyuqlik aralashmasini ekstraksiyalash jarayonida konsentratsiya bosqichlarini aniqlash:
1–muvozanat chizig'i; 2–ish chizig'i.

Ish chizig'ining tenglamasi quyidagi moddiy balans orqali topiladi:

$$G_1 (X_b - X_0) = G_2 (U_0 - U_b) , \qquad (17.3)$$

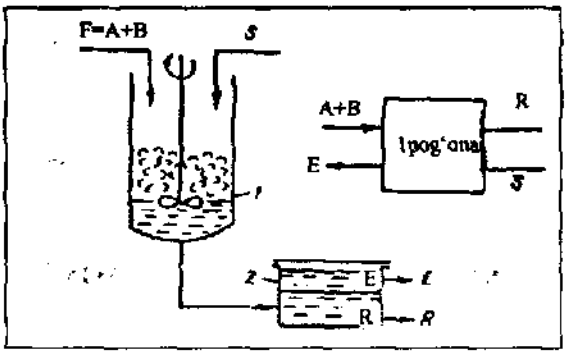
bu yerda, G_1 – ekstraksiyalanayotgan suyuqlik miqdori, kg; G_2 – erituvchi miqdori, kg.

17.4. EKSTRAKSIYALASHNING ASOSIY USULLARI

Amaliyotda suyuqlik aralashmalarini ekstraksiyalashning quyidagi usullari qo'llaniladi: 1) dastlabki aralashma va ekstragentni bir marotabalik kontaktiga asoslangan jarayon (bir pog'onali ekstraksiyalash); 2) har bir pog'onada toza erituvchi ishlatish yo'li bilan ekstraksiyalash (ko'p pog'onali ekstraksiyalash); 3) bitta yoki ikkita erituvchi yordamida qarama-qarshi oqim bilan ko'p bosqichli ekstraksiyalash (ko'p pog'onali ekstraksiyalash). Birinchi va ikkinchi usullar kichik hajmli ishlab chiqarishlarda hamda laboratoriya sharoitlarida qo'llaniladi.

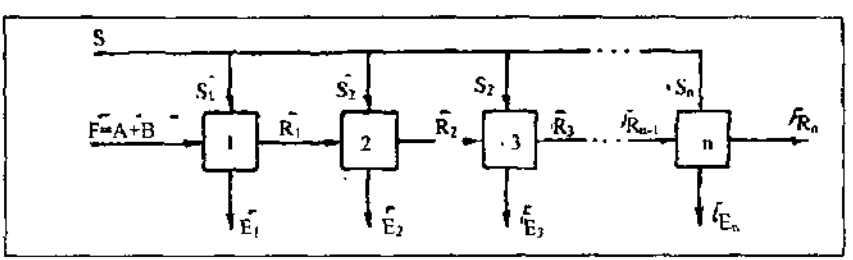
Sanoat miqyosida uchinchi usuldan, ya'ni fazalarning qarama-qarshi oqimidan foydalaniladi. Qaysi bir usul qo'llanishidan qat'i nazar, ekstraksiyalash jarayoni erituvchini regeneratsiya qilish bilan birga olib boriladi. Regeneratsiyaning maqsadi eritmalar tarkibidagi kerakli komponentlarni ajratib olish va erituvchilarni qaytadan ishlatishdan iboratdir.

*Bir pog'onali ekstraksiyalashning sxemasi 17.5-rasmda tasvir*langan. Dastlabki eritma G' va erituvchi S aralashtirgich (1) ga beriladi, so'ngra aralashma tindirgich (2) da ikki qatlam – ekstrakt E va rafinat R ga ajraladi. Dastlabki aralashma va erituvchi bir karra to'qnashib, jarayon ko'p vaqt davom etgan holatdagina muvozanat konsentratsiyalariga yaqin tarkibli ekstrakt va rafinat olish mumkin bo'ladi. Jarayonni davriy va uzluksiz rejimda olib borish mumkin. Ekstraksiyalash jarayoni uzluksiz rejim bilan olib borilganda regeneratsiya qilingan erituvchi uzluksiz ravishda aralashtirgichga qaytariladi. Ushbu usul tarqalish koeffitsiyentining qiymati katta bo'lgan sharoitda qo'llaniladi.



17.5-rasm. Bir pog'onali ekstraksiyalashning sxemasi:
1–aralashtirgich; 2–tindirgich; F–dastlabki eritma; A,V–aralashma komponentlari; S–ekstragent; E–ekstrakt; R–rafinat.

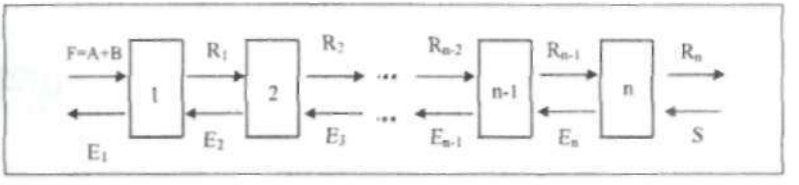
17.6-rasmda har bir pog'onada toza erituvchini ishlatishga asoslangan ko'p karrali ekstraksiyalashning sxemasi ko'rsatilgan. Bunday jarayon bir necha pog'onalarda olib borilib, ikkinchi pog'onadan keyingi hamma pog'onalarda dastlabki aralashma sifatida oldingi pog'onalardan olingan rafinatlar (R_1, R_2, R_3,..., R_{n-1}) ishlatiladi. Toza holdagi ekstragentning umumiy miqdori bir necha bo'laklar (S_1, S_2, S_3, ..., S_n) ga bo'linib, parallel ravishda hamma pog'onalarga beriladi. Keyingi har bir pog'onaga dastlabki eritma sifatida uzluksiz ravishda konsentratsiyasi pasayib borayotgan rafinatlar (R_1, R_2, R_3, ..., R_{n-1}) beriladi, shu sababdan ekstraktning konsentratsiyasi birinchi pog'onadan (E_1) oxirgi pog'onagacha (E_n) kamayib boradi. Yuqori darajadagi toza rafinat olish uchun katta hajmdagi toza ekstragent kerak



17.6-rasm. Ko'p pog'onali va erituvchini parallel ravishda ishlatishga asoslangan ekstraksiyalashning sxemasi:
1,2,3, n – pog'onalar;S_1, S_2, S_3,.....,S_n – pog'onalarga berilayotgan rafinatlar; E_1, E_2, E_3,.....,E_n – pog'onlardan uzatilayotgan ekstraktlar.

bo'ladi, bu holat rafinatni regeneratsiya qilish jarayonini qimmatlashishiga olib keladi. Shu sababdan, ushbu usuldan sanoatda juda kam foydalaniladi.

Ko'p pog'onali qarama-qarshi oqimli ekstraksiyalashning sxemasi 17.7-rasmda ko'rsatilgan. Qurilma bir-biri bilan ketma-ket bog'langan n-ta pog'onalardan tashkil topgan. Dastlabki eritma G' va ekstragent S qarama-qarshi yo'nalishga ega bo'lib, oxirgi tarkibi E_1 ga teng bo'lgan ekstrakt birinchi pog'onadan, oxirgi tarkibi R_n ga teng bo'lgan rafinat esa n – pog'onadan uzatiladi. Ekstraksiyalashning ushbu usuli texnikaviy-iqtisodiy jihatdan katta afzalliklarga ega bo'lganligi sababli sanoatda keng ishlatiladi. Ekstraksiyalashning ko'p pog'onali va qarama-qarshi yo'nalishli usuli kolonnali ekstraktorlarda va aralashtirgich-tindirish uskunalarida amalga oshiriladi.



17.7-rasm. Ko'p pog'onali va qarama-qarshi oqimli ekstraksiyalashning sxemasi:
1,2,....., n –1, n – pog'onalar; E_1 – birinchi pog'onadan chiqayotgan ekstrakt; R_n –oxirgi pog'onadan chiqayotgan rafinat.

Oxirgi yillarda suyuqliklarni ekstraksiyalash uchun sanoatda flegma yordamida ishlaydigan qarama-qarshi yo'nalishli va ikkita erituvchidan foydalanishga asoslangan usullar ham keng qo'llanilmoqda.

17.5. SUYUQLIKLARNI EKSTRAKSIYALASHNING TEZLIGI

Suyuqliklarni ekstraksiyalashda ikkita suyuq faza o'rtasida modda almashinish jarayoni yuz beradi, ajratib olinishi lozim bo'lgan komponent bitta suyuqlikdan ikkinchisiga o'tadi. Fazalar o'rtasidagi kontakt yuzasini ko'paytirish uchun suyuqliklardan biri mayda tomchilarga ajratiladi. Bunda bitta suyuqlik ekstraktorning hajmi bo'yicha (yoki kontakt moslamasining ustida) uzluksiz yoki yaxlit joylashgan bo'ladi, ikkinchi suyuqlik esa tomchi holida bo'ladi. Birinchi

suyuqlik yaxlit yoki dispersion faza deb, tomchi holidagi suyuqlik esa dispers faza deb yuritiladi.

Turg'un rejimda birinchi fazadan ikkinchi fazaga o'tgan moddaning miqdori M, modda o'tkazishning umumiy tenglamasiga asosan, fazalarning kontakt yuzasi G' ga va o'rtacha harakatlantiruvchi kuch ($\Delta U_{o'r}$ yoki $\Delta X_{o'r}$) ga to'g'ri mutanosib bo'ladi:

$$M = K_u F \Delta U_{o'r} \quad va \quad M = K_x F \Delta X_{o'r}.$$

Ushbu tenglamalardagi modda o'tkazish koeffitsiyentlari quyidagi tenglamalar orqali aniqlanadi:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_D} + \frac{m}{\beta_C}} \qquad (17.4)$$

va

$$K_x = \frac{1}{\frac{1}{\beta_C} + \frac{1}{m\beta_D}}; \qquad (17.5)$$

bu yerda, β_D va β_S – dispers va yaxlit fazalar uchun modda berish koeffitsiyentlari; m – tarqalish koeffitsiyenti.

Ekstraksiya jarayonida tomchilarning sferik yuzasi moddaning tarqalishi uchun kontakt yuza vazifasini bajaradi. Tomchi ichidagi va yaxlit fazadagi gidrodinamik shart-sharoitlar turlicha bo'ladi, albatta. Shu sababdan dispers va yaxlit fazalardagi modda berish jarayonlarini bir xil tenglamalar orqali ifoda qilish mumkin emas.

Dispers fazani mayda tomchilarga aylantirishda hosil bo'lgan tomchilarning shakli va o'lchamlari turlicha bo'lishi mumkin, shu sababdan molekular va konvektiv diffuziyalar orqali tarqalgan moddalarning nisbatlari ham har xil bo'ladi. Mayda tomchilar uchun (Re < 1) kerakli modda asosan molekular diffuziya yordamida tarqaladi. Bunday holatda modda o'tkazish jarayonining tezligi asosan tomchi ichidagi diffuzion qarshilik orqali aniqlanadi va $K_u \approx \beta_D$ deb olinadi.

Kichik va o'rtacha o'lchamli tomchilar uchun (Re < 200) modda berish koeffitsiyenti β_D ni aniqlash uchun quyidagi tenglamadan foydalanish mumkin:

$$Nu'_D = 0{,}65(Re'_D)^{0.5}\left(1+\frac{\mu_D}{\mu_C}\right)^{-0.5} \qquad (17.6)$$

va Re > 200 bo'lganda:

$$Nu'_D = 0{,}32\mathrm{Re}^{0.6}(\mathrm{Pr}'_D)^{0.5}\left(1+\frac{\mu_D}{\mu_C}\right)^{-0.5}. \qquad (17.7)$$

bu yerda, $Nu'_D = \frac{\beta_D d}{D_D}$, $Pe'_A = \frac{W_H d}{D_D}$, $\mathrm{Pr}'_D = \frac{\gamma_D}{D_D}$ – dispers faza uchun Nusselt, Pekle va Prandtl diffuzion mezonlari; d – tomchi diametri; γ_D – dispers fazaning kinematik qovushoqligi; W_N – fazaning nisbiy tezligi; μ_D, μ_S – dispers va yaxlit fazalarning dinamik qovushoqligi; D_D – dispers fazadagi molekular diffuziya koeffitsiyenti.

Tomchilar ichida sirkulatsiya bo'lmagan sharoitda (ya'ni tomchilarning diametri kichik bo'lganda) yaxlit fazadagi modda berish koeffitsiyenti β_S ni hisoblash uchun quyidagi tenglama tavsiya etilgan:

$$Nu'_C = 2 + 0{,}76\,\mathrm{Re}^{0.5}(\mathrm{Pr}'_C)^{0.33}, \qquad (17.8)$$

bu yerda, $Nu'_C = \frac{\beta_C d}{D_C}$, $\mathrm{Pr}'_C = \frac{\gamma_C}{D_C}$ – yaxlit faza uchun Nusselt va Prandtl diffuzion mezonlari; γ_S – yaxlit fazaning kinematik qovushoqligi; D_S – yaxlit fazadagi tarqalayotgan moddaning molekular diffuziya koeffitsiyenti.

Agar tarqalish koeffitsiyenti m >> 1 va tomchining diametri ancha katta bo'lganda (Re >> 200), modda o'tkazish jarayonining tezligi yaxlit fazadagi diffuzion qarshilik orqali aniqlanadi. Bunday holat uchun $K_X \approx \beta_S$ deb olinadi.

17.6. EKSTRAKTORLARNING TUZILISHI

Sanoatda suyuqliklarni ekstraksiyalash uchun ishlatiladigan uskunalar asosan uch turga bo'linadi: aralashtirish-tindirish; kolonnali; rotatsion ekstraktorlar.

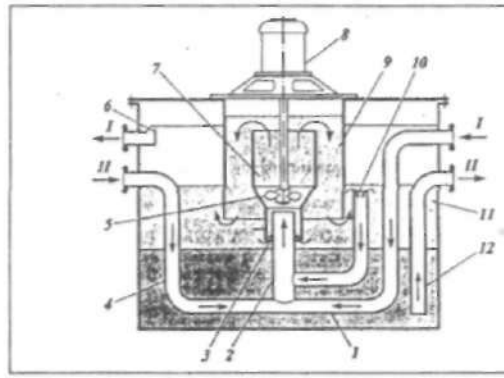
Aralashtirish-tindirish ekstraktorlari. Eng oddiy, davriy ishlaydigan aralashtirish-tindirish ekstraktorlari vazifasini aralash-tirgichli uskunalar bajaradi. Bir pog'onali ekstraksiyalashni uzluksiz olib borish uchun ikki qism (aralashtirish va tindirish) dan iborat uskunalar ishlatiladi. Sanoatda aralashtirgichlar sifatida injektorli, diafragmali, quvurli aralashtirgichlar, markazdan qochma nasos, oddiy ventillator keng ishlatiladi.

Eng oddiy tindirgich gorizontal joylashgan idishdan iborat. Tindirgichning hajmi bo'ylab suyuqlik laminar rejim bilan harakat qiladi, natijada aralashma ikki qismga ajraladi. Yengil fraksiya (ekstrakt) idishning tepasida joylashgan shtuser orqali chiqadi. Og'ir fraksiya

(rafinat) esa tindirgichning pastki qismidagi shtuser va sifon orqali tashqariga chiqadi.

Aralashmalarni ikki qismga ajratishda murakkab tuzilishga ega bo'lgan boshqa tindirish uskunalar (gidrosiklonlar, sentrifugalar va markazdan qochma separatorlar) ham ishlatiladi.

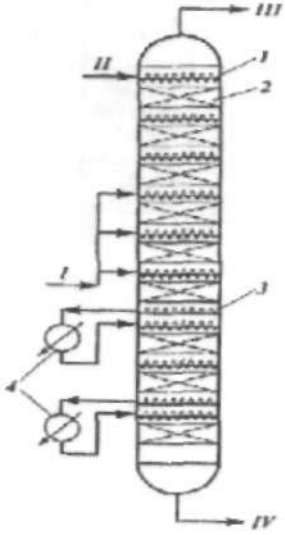
Sanoatda ko'pincha ikkita suyuq fazani aralashtirish va ajratish operatsiyalari bitta uskunada amalga oshiriladi. Bunday uskunalar aralashtirish-tindirish esktraktorlari deb ataladi (17.8-rasm). Yengil faza quvur (1), og'ir faza esa quvur (4) orqali aralashtirish kamerasining propellerli nasos o'rnatilgan qismi (5) ga kiradi. Bu yerga quvur (10) va halqasimon bo'shliq (3) orqali tindirish zonasining yuqorigi va pastki qatlamlaridan emulsiya o'tadi. Quvur (10) va halqasimon bo'shliq (3) ning balandligi resirkulatsiya qilayotgan yengil va og'ir fazalarning ulushini belgilaydi. Yengil va og'ir fazalar aralashmasi aralashtirish kamerasi (7) dan halqasimon kamera (9) ga, u yerdan tindirish bo'shlig'i (11) ga o'tadi. Og'ir faza tindirish bo'shlig'ining pastki qismidan quvur (12) orqali ekstraktorning keyingi bosqichiga yuboriladi. Yengil faza tindirish zonasining yuqorigi qismidan kollektor (6) orqali tashqariga chiqariladi.



17.8- rasm. Aralashtirigich-tindirgich rusumidagi ekstraktorning sxemasi:

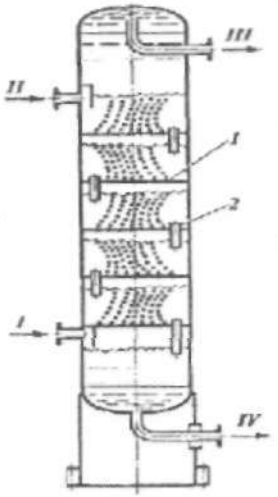
1 – yengil faza kiradigan quvur; 2 – aralashtirish quvuri; 3 – emulsiyani resirkulatsiya qilish uchun halqasimon bo'shliq; 4 – og'ir fazani kiritsh uchun quvur; 5 – propellerli nasos; 6 – yengil fazani chiqarish uchun kollektor; 7 – aralashtirish kamerasi; 8 – uzatma; 9 – halqasimon kamera; 10–emulsiyani resirkulatsiya qilish uchun quvur; 11 – tindirish zonasi; 12 – og'ir fazani chiqarish uchun quvur. Oqimlar: I – yengil faza; II – og'ir faza.

Kolonnali ekstraktorlar. Neft va gazni qayta ishlash sanoatida nasadkali, tarelkali va rotatsion ekstraktorlardan foydalaniladi. Sanoatda diametri 5 metrgacha va balandligi 40 metrgacha bo'lgan kolonnali uskunalar ishlatiladi. Bunday ekstraktorlar atmosfera bosimi bilan yoki yuqori bosimda ishlaydi. Masalan, 17.9-rasmda moylarni furfurol bilan tozalashga mo'ljallangan nasadkali ekstraksion kolonnaning sxemasi ko'rsatilgan. Ekstraktorning balandligi bo'yicha 8–10 ta seksiya (2) bo'lib, ularning ichiga o'lchamlari 25x25 mm bo'lgan Rashig halqalari joylashtirilgan. Har bir seksiyaning balandligi 1,2 dan 3 metrgacha bo'lishi mumkin. Nasadkalarning oralig'ida taqsimlovchi tarelkalar (1) mavjud bo'lib, ular oqimlarni uskuna ko'ndalang kesimi bo'yicha bir me'yorda taqsimlashga yordam beradi. Taqsimlovchi tarelkaning asosida yengil fazaning o'tishi uchun diametri 100 mm gacha bo'lgan patrubkalar o'rnatilgan, og'ir fazaning o'tishi uchun esa diametri 10 mm gacha bo'lgan teshiklar (yoki patrubkalar) mavjud. Kolonnaning pastki qismida ekstrakt eritmasi sovitiladi, buning uchun eritma bo'g'iq tarelka (3) dan olinib, oraliq sovitgich (4) orqali taqsimlovchi (1) ga yuboriladi. Erituvchi va sovitilgan eritma kolonnaga taqsimlovchi tarelkalar (1) orqali beriladi.



17.9 -rasm. Nasadkali ekstraksion kolonnaning sxemasi: 1–taqsimlovchi tarelka; 2–nasadka qatlami; 3–bo'g'iq tarelka; 4–oraliq sovitgichlar. Oqimlar: I–xomashyo; II–erituvchi; 3–rafinat eritmasi; ekstrakt eritmasi.

Sanoatda elaksimon tarelkali ekstraksion kolonnalar ham keng ishlatiladi. Bunday ekstraktorlarda (17.10-rasm) yengil faza ham, og'ir faza ham mayda zarrachalarga bo'linadi. Ekstraktor vertikal silindrsimon qobiq va quyilish patrubkalari (2) bo'lgan elaksimon tarlekalar (1) ga ega. Kolonnaning ishlashi quyidagicha boradi. Og'ir faza (II) kolonnaning yuqorigi qismiga uzluksiz beriladi, yaxlit oqim bilan pastga harakat qiladi va pastki shtuser orqali tashqariga chiqadi. Yengil faza (I) uzluksiz ravishda kolonnadagi pastki tarelka (2) ning osti qismiga beriladi. Ushbu faza tarelakadagi teshiklar orqali o'tganida mayda tomchilarga ajraladi. Ushbu tomchilar yaxlit faza ichida yuqoriga harakat qiladi va tarelka zonasiga yetganida o'zaro qo'shilib, suyuqlik qatlamini hosil qiladi. Bu qatlam tirgovich qatlam deb yuritiladi. Bu qatlamdagi suyuqlik tarelkaning teshiklari orqali o'tib yana tomchilar hosil qiladi. Ekstraktorda yaxlit faza bitta tarelkadan ikkinchisiga quyilish patrubkalari (2) yordamida o'tadi.



17.10 - rasm. Elaksimon tarelkali ekstraktorning sxemasi:
1–elaksimon tarelka; 2–quyilish patrubkasi. Oqimlar: I–xomashyo;
II–erituvchi; III–rafinat eritmasi; IV–ekstrakt eritmasi.

Shunday qilib, bitta kolonnada ko'p marotaba suyuqlikning mayda tomchilarga parchalanishi va ular qo'shilib, suyuqlikning tirgovich qatlamini hosil qilishi yuz beradi. Eng yuqorigi tarelkadan ko'tarilib chiqayotgan tomchilar qo'shilib, yengil suyuqlik qatlami-ekstrakt (III) ni hosil qilib, uskunadan yuqorigi shtuser orqali tashqariga chiqariladi.

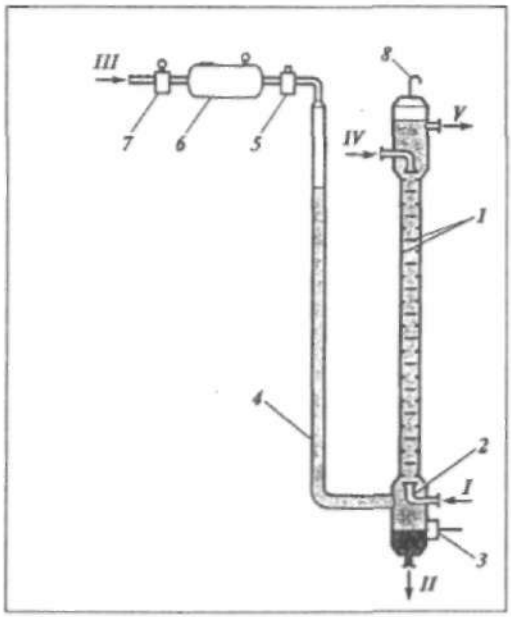
Og'ir faza – rafinat (IV) uskunaning pastki qismiga joylashgan shtuser yordamida tashqariga uzatiladi.

Tarelka teshiklaridan chiqayotgan tomchilarning tezligiga ko'ra, tomchi hosil qilishning uch xil rejimi bor: 1) notekis tomchi hosil bo'lishi (kichik tezliklarda); 2) bir tekis tomchi hosil bo'lishi (tezlik biroz ortganda); 3) suyuqlikning kichik oqimlar bilan chiqishi (katta tezliklarda). Tajribalarning ko'rsatishicha, elaksimon tarelkalarning eng samarali ishlashi uchun dispers fazaning teshiklardan o'tish tezligi 0,15÷0,30 m/s bo'lishi kerak ekan. Bunday tezlikda suyuqlikning kichik oqimlar hosil qilish rejimi mavjud bo'ladi. Tarelkalar oralig'idagi masofa 0,25÷0,60 m qilib olinishi mumkin. Yaxlit fazaning tarelka ustidagi balandligi 0,2 m atrofida bo'lsa, modda o'tkazish jarayoni tez ketadi. Tarelkadagi teshiklarning diametri odatda 3÷9 mm bo'ladi.

Nasadkali va tarelkali kolonnalarning samaradorligini pulsatsion oqimlarni qo'llash orqali oshirish mumkin. Bunday maqsad uchun modda almashinish uskunasining ichiga ikki turdagi kichik chastotali tebranishlarni kiritish mumkin: 1) kontaktga uchragan fazalarga pulsator yordamida qaytalanuvchi-ilgarilab boruvchi harakat beriladi; 2) uskunalar ichidagi kontakt moslamalariga kichik chastotali tebranish beriladi. Birinchisi pulsatsiya, ikkinchisi vibratsiya usuli deyiladi.

Pulsatsiyali ekstraktorda (17.11-rasm) ikki fazali oqimga qo'shimcha energiya beriladi. Bunda ekstraktorning ichidagi suyuqlikka pulsatorlar yordamida qaytalanuvchi-ilgarilab boruvchi harakat beriladi. Pulsatsiya tebranishlari ta'sirida oqimning turbulentligi va fazalarning tomchilarga aylanish darajasi ortadi, natijada nasadkali va g'alvirsimon tarelkali kolonnalardagi modda o'tkazish jarayonining samaradorligi ko'payadi.

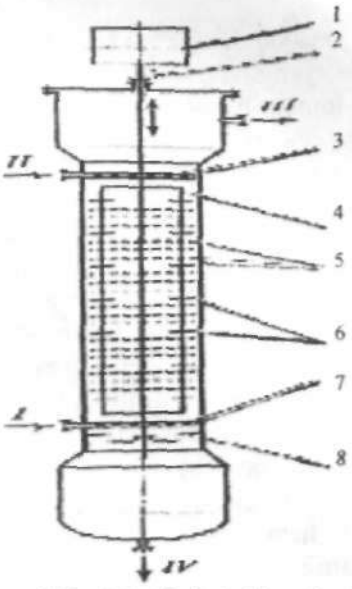
Sanoatda pulsatorlar sifatida porshenli, plunjerli, membranali nasoslar yoki maxsus pnevmatik uskunalar ishlatiladi. 17.11-rasmda Otto H. York Company, Jnc. firmasining pulsatsiyali ekstraksion kolonnasining sxemasi ko'rsatilgan. Havo yoki inert gaz pulsator (5) yordamida ekstraksion kolonnaning pulsatsion quvuri (4) ga yuboriladi. To'g'ri impuls paytida pulsatsion quvurdagi suyuqlikning sathi pasayadi, oqibat natijada kolonnadagi suyuqlikning sathi ko'tariladi. Teskari impuls paytida esa kolonnadagi suyuqlikning sathi esa pasayadi. Bunday kolonnada quyilish moslamalariga ehtiyoj qolmaydi, chunki kolonnadagi suyuqlik ustuni ko'tarilganda tarelkadagi teshiklar orqali yengil faza o'tadi, suyuqlik ustuni pastga tushganda esa – og'ir faza o'tadi.



17.11 - rasm. Pulsatsiyali ekstraktorning sxemasi:
1–kontakt moslamalari; 2–taqsimlagich; 3–fazalarning ajralish yuzasini nazorat qilish sistemasi; 4–pulsatsion quvur; 5–pulsator; 6–qalqon idish; 7–saqlovchi klapan; 8–havo chiqargich. Oqimlar: I–yengil faza; II–rafinat; III–havo yoki azot; IV–og'ir faza; V–ekstrakt.

Pulsatsion ekstraktorlarda odatda elaksimon tarelkalar ishlatiladi. Elaksimon tarelka teshiklarining diametri 3–5 mm, tarelkadagi hamma teshiklarning yuzasi esa kolonna ko'ndalang kesimi yuzasining 20–25 % ini tashkil etadi. Tarelkalar orasidagi masofa 50 mm. Pulsatsion ekstraktorlarning diametri chegaralangan bo'ladi (eng ko'pi bilan 600; 800 mm). Ekstraktorning samaradorligi pulsator tebranishining chastotasi va amplitudasiga bog'liq. Pulsatorlarning ko'pincha maqbul tebranishlar soni minutiga 200÷300 ni tashkil qiladi, bunda amplituda 1–2 mm ga teng bo'lishi kerak. Ushbu ekstraktorlarning asosiy afzalligi – ularning ichida harakatlanuvchi qismlar yo'q.

17.12-rasmda vibratsiyali ekstraktorning sxemasi berilgan. Ushbu ekstraktorning ichida gorizontal holatdagi teshiklar bo'lgan plastinalar (5) shtanga (2) va sterjenlar (4) sistemasi bilan qattiq birlashtirilgan.



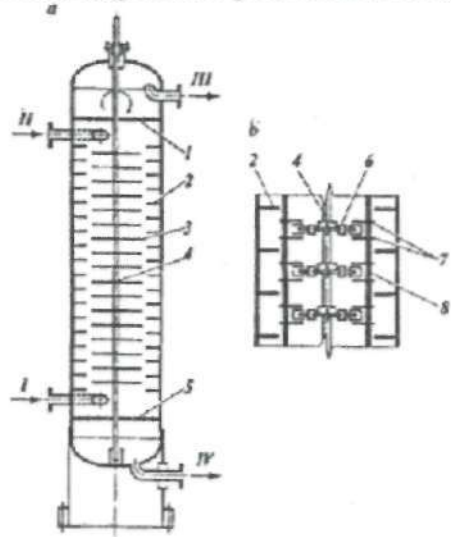
17.12-rasm. Vibratsiyali ekstraktorning sxemasi:
1–tebranish chastotasining variatori; 2–shtanga; 3,7–taqsimlagichlar; 4–sterjen; 5–perforatsiya qilingan plastinalar; 6–qaytaruvchi to'siqlar; 8–shtanganing pastki tayanchi. Oqimlar: I–yengil faza; IV–og'ir faza; ajratilgan mahsulotlar: II–rafinat; III–ekstrakt.

Ish jarayonida plastinalar qaytarma-ilgarilama harakat qilishadi. Fazalarning bir me'yorda aralashishini ta'minlash uchun elaksimon plastinalar paketi oralig'iga qaytaruvchi to'siqlar (6) o'rnatilgan. Har bir rusumdagi uskuna uchun vibratsion tebranishlar chastotasi va amplitudasining eng maqbul qiymatlari mavjud bo'lib, bunda ekstraksiya jarayoni birmuncha jadallashgan holatda boradi. Vibratsion ekstraktorlarning tomonlariga quyidagilar kiradi: konstrkutiv tuzilishi sodda; tayyorlash uchun metall kam sarflanadi; uzatmasi oddiy tuzilgan; modda almashinish bo'yicha yuqori ko'rsatgichga ega; ish unumdorligi katta.

Rotatsion ekstraktorlar. Bunday uskunalarda fazalarning kontakti va ularni ajratish markazdan qochma kuch ta'sirida amalga oshiriladi. 17.13-rasmda moylarni tozalashga mo'ljallangan rotatsion-diskli ekstraktorning sxemasi ko'rsatilgan. Halqasimon to'siqlar (2) yordamida uskuna bir necha seksiyalarga ajratilgan. Ekstraktorning o'rtasidagi

aylanuvchi val (4) ga yapaloq disklar (3) birlashtirilgan. Val katta tezlik bilan harakat qilganda, yengil faza markazdan qochma kuch ta'sirida diskning chekkasiga tomon harakat qiladi, og'ir faza esa rotorning markaziga yaqin joyni egallaydi. Natijada fazalarning jadallashtirilgan harakati yuz beradi va seksiyalarda uzluksiz ravishda fazalarning ajralishi ham davom etadi. Fazalar kontaktini yanada jadallashtirish uchun yapaloq disklarga kurakchalar biriktiriladi (17.13-rasm, b). Bunday holatda kurakchalar yordamida uloqtirilgan suyuqlik to'r qatlami (8) orqali o'tadi. Umuman olganda, ekstraktorning ichida fazalarning qarama-qarshi yo'nalgan harakati paydo bo'ladi.

Sanoatda markazdan qochma kuchlar ta'sirida ishlaydigan rotatsion ekstraktorlarning boshqa turlari ham ishlatiladi. Markazdan qochma kuch maydonida ishlaydigan ekstraktorlarda jarayon maksimal tezlik bilan boradi. Aralashma va erituvchi zichliklarining ayirmasi juda kichik bo'lgan holatda ham, emulsiya hosil bo'lishga moyil bo'lgan suyuqliklarni ajratishda ham bunday ekstraktorlarni ishlatish mumkin. Bu turdagi ekstraktorlarning tuzilishi juda ixcham, ish unumi katta.



17.13 - rasm. Rotatsion-diskli ekstraktor:
a–rotatsion-diskli ekstraktorning sxemasi; b–rotatsion-diskli ekstraktor kontakt zonasining sxemasi; 1,5–taqsimlovchi panjaralar; 2–stator halqasi; 3–rotor diski; 4–rotor vali; 6–kurakchalar; 7–gorizontal halqasimon qaytargichlar; 8–to'r. Oqimlar: I–yengil faza; II–erituvchi; III–yengil faza (ekstrakt); IV–og'ir faza (rafinat).

Bunday ekstraktorlar kamchiliklardan ham holi emas: tuzilishi birmuncha murakkab; ayrim paytlarda suyuqliklarni uskunaga bosim bilan berishga to'g'ri keladi.

17.7. EKSTRAKSIYALASH USKUNALARINI HISOBLASH

Ekstraktorlarni hisoblashdan asosiy maqsad ularning o'lchamlarini topishdir. Uskunaning asosiy o'lchami uning diametri va balandligi hisoblanadi. Ekstraksiyalash uskunalarining ko'pchilik rusumlarini hisoblash uslublari yaxshi ishlab chiqilmagan, chunki umumlashtirish uchun tajriba natijalari yetarli emas, bundan tashqari, tadqiqot ishlari o'lchamlari kichik bo'lgan uskunalarda olib borilgan.

Sanoatda elaksimon tarelkali ekstraktorlar ancha ko'p ishlatiladi, shu sababli misol tariqasida shu uskunalarni hisoblash tartibi bilan tanishib chiqamiz.

Dispers (yoki tomchi) fazaning sarfi bo'yicha tarelkaning perforatsiya qilingan (ya'ni teshiklari bo'lgan) qismining yuzasi hisoblanadi:

$$F_1 = \frac{G}{3600\rho_g \varepsilon w_0}, \qquad (17.9)$$

bu yerda, ρ_g – dispers fazaning zichligi, kg/m^3; ε – tarelkaning perforatsiyalangan qismi erkin kesimining koeffitsiyenti, bu koeffitsiyent teshiklar uchburchakliklar bo'yicha joylashtirilganda quyidagiga teng:

$$\varepsilon = 0{,}907\frac{d_0^2}{t^2}, \qquad (17.10)$$

bu yerda, d_0 – tarelkadagi teshiklarning diametri, m; t – teshiklarning qadami, m.

Yaxlit fazaning sarfi L bo'yicha tarelkadagi quyilish patrubkasining yuzasi topiladi:

$$F_2 = \frac{L}{3600\rho_c w_n}, \qquad (17.11)$$

bu yerda, ρ_C – yaxlit faza zichligi, kg/m^3; w_n – bu fazaning patrubkadagi tezligi, m/s.

Quyilish patrubkasidagi yaxlit faza oqimi orqali olib ketilayotgan mayda tomchilarning diametri yordamida w_n ning qiymatini aniqlash mumkin:

$$\omega_n = \frac{\Delta\gamma d_{ut}^2}{18\mu_c}, \qquad (17.12)$$

bu yerda, μ_C – yaxlit fazaning dinamik qovushoqligi, Pa·s; $\Delta\gamma$ – dispers va yaxlit fazalarning solishtirma og'irliklari orasidagi farq, N/m^3; d_{MT} – yaxlit faza tomonidan olib ketiladigan mayda zarrachalarning diametri, m.

Tarelkani uskuna qobig'iga birlashtirish va quyilish patrubkalarini joylashtirish uchun F_1 va F_2 yuzalar yig'indisining 10 % iga teng bo'lgan halqasimon kesimli maydon qoldiriladi:

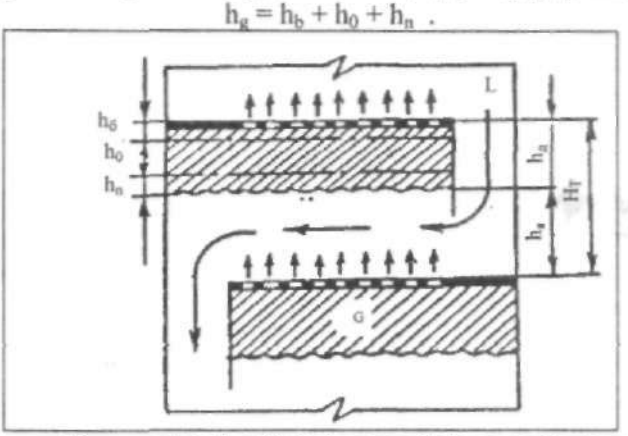
$$F_3 = 0{,}1\,(F_1 + F_2). \qquad (17.13)$$

Bunda ekstraktorning ichki diametri quyidagicha aniqlanadi:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi}(F_1 + F_2 + F_3)}\ . \qquad (17.14)$$

Har bir tarelka ostidagi (yoki ustidagi) tomchilangan suyuqlik tirgovich qatlamining balandligi (17.14-rasm) quyidagi yig'indiga teng:

$$h_g = h_b + h_0 + h_n\ . \qquad (17.15)$$



17.14-rasm. Tirgovuch balandligini va tarelkalar orasidagi masofani aniqlash.

(17.15) tenglamadagi fazalarning o'zaro taranglik kuchini yengish uchun zarur bo'lgan tomchilangan suyuqlik qatlamining balandligi h_b quyidagi tenglamadan topiladi:

$$h_б = \frac{4\sigma}{d_0 \Delta\gamma}\ , \qquad (17.16)$$

bu yerda, b – fazalar orasidagi taranglik kuchi, N/m.

Teshiklardagi ish tezligi ω_0 ni hosil qilish uchun kerak bo'lgan tomchilangan suyuqlik qatlamining balandligi h_0 – quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$h_0 = \xi_0 \frac{\omega_0^2 \gamma_g}{2g\Delta\gamma}, \qquad (17.17)$$

bu yerda, γ_g – dispers fazaning solishtirma og'irligi, N/m^3; ξ_0 = 1,82 – teshiklarning qarshilik koeffitsiyenti.

Quyilish patrubkalarida yaxlit fazaning ω_n tezlik bilan harakatlanishi uchun zarur bo'lgan tomchilangan suyuqlik qatlami balandligi h_n quyidagi ifodadan topiladi:

$$h_n = \xi_n \frac{\omega_n^2 \gamma_s}{2g\Delta\gamma}, \qquad (17.18)$$

bu yerda, γ_s – yaxlit fazaning solishtirma og'irligi, N/m^3; ξ_0 = 4,5 – quyilish patrubkasining qarshilik koeffitsiyenti.

Tarelkalar orasidagi masofa H_T dispers va yaxlit fazalar qatlamlari balandliklari h_d va h_{ya} *ning yig'indisiga teng* (17.14-*rasm*):

$$H_T = h_d + h_{ya}. \qquad (17.19)$$

Tajriba natijalariga ko'ra, yaxlit faza qatlamining balandligi h_{ya}=0,2 m bo'lganda modda o'tkazish jarayoni ancha tez boradi. Tarelkalar orasidagi masofa 0,25÷0,6 m qilib olinadi. Katta o'lchamdagi kolonnalar uchun H_T = 0,4-0,6 m bo'lgani maqsadga muvofiq, chunki bunda tarelkalarni vaqti-vaqti bilan tozalab turish uchun tarelkalar orasiga qopqoqli tuynuklar o'rnatish imkoni bo'ladi.

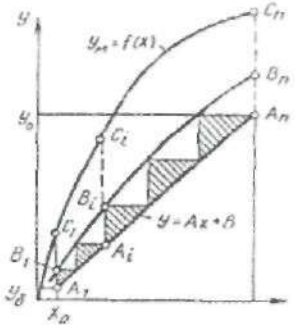
Tarelkaning yuzasiga nisbatan olingan modda o'tkazish koeffitsiyenti K_{yf} ni bilgan holda tarelkaning o'tkazish birligi soni topiladi:

$$m_{o't} = \frac{K_{yf} F}{G}. \qquad (17.20)$$

x – u diagrammasiga muvozanat chizig'i $u_m = f(x)$ va ekstraksiyalashning ish chizig'i u = Ax÷V ni joylashtirish orqali *jarayonning kinetik chizig'ini* ham chizish mumkin (17.15-rasm). Buning uchun muvozanat va ish chiziqlari orasidagi masofalar quyidagi nisbatlar bo'yicha bo'linadi:

$$\frac{A_1C_1}{B_1C_1} = \frac{A_2C_2}{B_2C_2} = \ldots = \frac{A_iC_i}{B_iC_i} = \ldots = \frac{A_nC_n}{B_nC_n} = E_u, \qquad (17.21)$$

bu yerda, E_u – pog'onalarning foydali ish koeffitsiyenti.



17.15-rasm. Qarama-qarshi oqimli ekstraktorlarda tarelkalar sonini aniqlash.

E_u ning qiymatlarini bilish orqali B_1, B_2 ,..., B_i ,..., B_n nuqtalarini aniqlaymiz, so'ngra bu nuqtalarni o'zaro birlashtirib kinetik egri chizig'ini hosil qilamiz. u – x diagrammasida topilgan kinetik egri chiziq hamda ish chizig'i va berilgan konsentratsiyalar x_b, x_0 yoki u_b, u_0 chegaralarida tuzilgan pog'onalarning soni kolonnadagi tarelkalarning soni n ni beradi. Shunday qilib, ekstraktorlarning ish balandligi quyidagicha aniqlanadi:

$$H_u = H_t n. \qquad (17.22)$$

Tayanch so'z va iboralar

Ekstraksiyalash jarayoni, dastlabki eritma, erituvchi (ekstragent), ekstrakt, rafinat, tarqalish koeffitsiyenti, ajratish koeffitsiyenti, ekstraksiyalash izotermalari, ekstraksiyalanayotgan suyuqlik, ajralayotgan komponent, uchburchakli diagramma, muvozanat va ish chiziqlari, bir pog'onali ekstraksiyalash, ko'p pog'onali ekstraksiyalash, dispers faza, yaxlit faza, fazalarning kontakt yuzasi, o'rtacha harakatlantiruvchi kuch, birinchi fazadan ikkinchi fazaga o'tgan moddaning miqdori, modda o'tkazish koeffitsiyentlari, modda berish koeffitsiyentlari, Nusselt, Pekle va Prandtl diffuzion mezonlari, aralashtirish tindirish rusumidagi ekstraktorlar, kolonnali ekstraktorlar, markazdan qochma kuch ta'sirida ishlaydigan rotatsion ekstraktorlar, *elaksimon tarelkali ekstraksion kolonnalar, pulsatsiyali ekstraksion* kolonna, vibratsiyali ekstraksion kolonna, rotatsion-diskli ekstraktor,

ekstraksion uskunalarni hisoblash, tarelkaning perforatsiya qilingan qismining yuzasi, ekstraktorning ichki diametri, tarelkalar oralig'idagi masofa, tarelkaning o'tkazish birligi soni, pag'onalarning foydali ish koeffitsiyenti, ekstraktorning ish balandligi.

Mustaqil ishlash uchun savollar

17.1. Suyuqliklarni ekstraksiyalash jarayonining mohiyati. Suyuq aralashmalarni bug'latish, haydash va ekstraksiyalash o'rtasida qanday prinsipial farq bor?

17.2. Neftni qayta ishlash korxonalarida ekstraksiyalash jarayonlaridan qanday maqsadlarni amalga oshirishda foydalaniladi?

17.3. Har bir aniq sharoit uchun kerakli erituvchini qanday qilib to'g'ri tanlash mumkin?

17.4. Tarqalish va ajratish koeffitsiyentlarining fizik mazmuni. Suyuqliklarni ekstraksiyalash jarayonida bu koeffitsiyentlarning qiymatlari qaysi chegaralarda o'zgaradi?

17.5. Suyuqlik-suyuqlik sistemalari uchun izoterma chiziqlari necha turga bo'linadi? Bunday izotermalar u – x diagrammada qanday tasvirlanadi?

17.6. Suyuqliklarni ekstraksiyalash jarayonini hisoblashda nima sababdan uchburchakli diagrammadan foydalaniladi?

17.7. Ekstraksiyalashning asosiy usullari. Bir pog'onali va ko'p pog'onali ekstraksiyalash usullari o'rtasida qanday prinsipial farq bor?

17.8. Yaxlit va dispers fazalarning diffuzion qarshiliklarini hisobga olgan holatda ekstraksiyalash jarayonining tezligi qanday aniqlanadi?

17.9. Kichik va o'rtacha o'lchamli tomchilar uchun modda berish koeffitsiyentining qiymatini qaysi kriterial tenglama yordamida topish mumkin?

17.10. Tomchilar ichida sirkulatsiya bo'lmagan sharoitda yaxlit fazadagi modda berish koeffitsiyenti qaysi kriterial tenglama bo'yicha aniqlanadi?

17.11. Suyuq aralashmalarni ekstraksiyalash uchun mo'ljallangan uskunalarning asosiy turlari. Aralashtirish-tindirish rusumidagi ekstraktorlar qanday tuzilgan?

17.12. Nasadkali ekstraktorlar. Ishlash prinsipi. Bunday uskunalarning samarali ishlashi uchun qanday shart-sharoitlar talab qilinadi?

17.13. Elaksimon tarelkali ekstraktorlar. Bunday uskunalarda tomchi hosil qilishning necha xil rejimidan foydalaniladi?

17.14. Elaksimon tarelkalarning eng samarali ishlashi uchun dispers fazaning teshiklardan o'tish tezligi qanday bo'lishi kerak?

17.15. Rotorli-diskli ekstraktorlarning tuzilishi va ishlash prinsipi. Bunday uskunalarning qanday kamchiliklari bor?

17.16. Pulsatsion va vibratsion ekstraktorlar. Ushbu kolonnali uskunalarning umumiy tomonlari nimalardan iborat?

17.17. Ekstraksiyalash uskunalarini hisoblash tartibi. Elaksimon tarelkali ekstraktorlarni hisoblashda qanday kattaliklar aniqlanadi?

XVIII bob. QURITISH

16.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Nam materiallarni qurituvchi agent yordamida suvsizlantirish jarayoni quritish deb ataladi. Bu jarayonda namlik bug'lanish yo'li bilan qattiq faza tarkibidan gaz (yoki bug') fazasiga o'tadi. Nam materiallarni quritish jarayonining sanoatda tashkil etish katta ahamiyatga ega. Quritilgan materiallarni transport vositasida uzatish arzonlashadi, ularning tegishli xossalari yaxshilanadi, uskuna va quvurlarning korroziyaga uchrashi kamayadi.

Materiallarni uch xil usul (mexanik, fizik-kimyoviy va issiqlik yordamida) bilan suvsizlantirish mumkin. Mexanik usul bilan suvsizlantirish – tarkibida ko'p miqdorda suv bo'lgan materiallarni quritish uchun ishlatiladi. Bu usul bilan suvsizlantirishda namlik siqish yoki sentrifugalarda markazdan qochma kuch ta'sirida ajratib olinadi. Odatda mexanik yo'l bilan namlikni ajratish – materiallarni suvsizlantirishda birinchi bosqich hisoblanadi. Mexanik suvsizlantirishdan so'ng yana bir qism namlik qoladi, bu qolgan namlikni issiqlik yordamida, ya'ni quritish yo'li bilan ajratib chiqariladi.

Fizik-kimyoviy usul bilan materiallarni suvsizlantirish laboratoriya sharoitlarida ishlatiladi. Bu usul suvni o'ziga tortuvchi moddalar (masalan, sulfat kislotasi, kalsiy xloridi) dan foydalanishiga asoslangan. Yopiq idish ichida suvni tortuvchi modda ustiga nam materialni joylashtirish yo'li bilan uni suvsizlantirish mumkin.

Issiqlik ta'sirida suvsizlantirish (quritish) sanoatning turli sohalarida keng ishlatiladi. Quritish ko'pchilik ishlab chiqarishlarning oxirgi, ya'ni tayyor mahsulot olishdan oldingi jarayoni hisoblanadi. Ayrim ishlab chiqarishlarda materiallarni suvsizlantirish ikki bosqichdan iborat bo'lib, namlik avval arzon jarayon hisoblangan mexanik usul bilan, so'ngra qolgan namlik esa quritish yo'li bilan ajratiladi. Bunda jarayonning samaradorligi ortadi.

Quritish ikki xil (tabiiy va sun'iy) yo'l bilan olib boriladi. Materiallarni ochiq havoda suvsizlantirish tabiiy quritish deyiladi, bu jarayon uzoq vaqt davom etadi. Sanoatda materiallarni suvsizlantirish

uchun sun'iy quritish usuli ishlatiladi, bu jarayon maxsus quritgich uskunalarida olib boriladi.

Quritilishi lozim bo'lgan materiallar uch turga bo'linadi: qattiq (donali, bo'lak-bo'lakli, zarrachali); pastasimon; suyuq (eritmalar, suspenziyalar).

Issiqlik tashuvchi agentning quritilayotgan material bilan o'zaro kontakt qilish usuliga ko'ra quritish quyidagi turlarga bo'linadi: 1) *konvektiv quritish – nam material bilan qurituvchi agent to'g'ridan-to'g'ri o'zaro aralashadi*; 2) kontaktli quritish – issiqlik tashuvchi agent va nam material o'rtasida ularni ajratib turuvchi devor bo'ladi; 3) *radiatsiyali quritish – issiqlik infraqizil nurlar orqali tarqaladi*; 4) dielektrik quritish – material yuqori chastotali tok maydonida qizdiriladi; 5) sublimatsiyali quritish – material muzlagan holda, yuqori vakuum *ostida suvsizlantiriladi. Oxirgi uchta usul sanoatda nisbatan kam* ishlatiladi va odatda quritishning maxsus usullari deb yuritiladi.

Neft va gazni qayta ishlash sanoatida nam materiallarni *suvsizlantirish uchun ko'pincha konvektiv va kontaktli quritish usullari* ishlatiladi.

18.2. NAM HAVONING ASOSIY XOSSALARI

Nam havo quruq havo va suv bug'larining aralashmasidan iborat. Quritish jarayonida nam havo namlik va issiqlik tashuvchi agent vazifasini bajaradi. Ayrim sharoitlarda tutunli gazlar yoki ularning havo bilan aralashmasi ishlatiladi, biroq nam havo va tutunli gazlarning fizik xossalari bir-biridan faqat son qiymati bo'yicha farq qiladi. Nam havoning asosiy xossalari quyidagi tushunchalar bilan belgilanadi: absolyut namlik, nisbiy namlik, nam saqlash, entalpiya.

Absolyut namlik. Nam havoning hajm birligiga to'g'ri kelgan suv bug'larining miqdori absolyut namlik deb ataladi va ρ_{sb} (kg/m^3) bilan belgilanadi. Agar nam havo sovitilib borilsa, ma'lum haroratga yetgach, namlik shudring sifatida ajrala boshlaydi. Namlikning bunday holatda ajralishiga to'g'ri kelgan haroratga shudring nuqtasi deb ataladi. Bunday sharoitda havo tarkibida maksimal miqdorda suv bug'i bo'ladi. Havoning to'yinish paytidagi absolyut namligi ρ_T (kg/m^3) orqali ifodalanadi.

Nisbiy namlik. *Havo absolyut namligining to'yinish paytidagi* absolyut namlikka nisbati nisbiy namlik deb ataladi. Havoning nisbiy namligi (to'yinish darajasi) quyidagi ifoda bo'yicha topiladi:

$$\varphi = \frac{\rho_{sb}}{\rho_T} = \frac{P_{sb}}{P_T}, \qquad (18.1)$$

bu yerda, R_{sb} – tekshirilayotgan nam havodagi suv bug'larining parsial bosimi, Pa; R_T – berilgan harorat va umumiy barometrik bosimda to'yingan suv bug'larining bosimi, Pa.

Nisbiy namlik havoning muhim xossasi hisoblanadi. Havo tarkibida namlik qancha kam bo'lsa, bunday havo quritish jarayonida shuncha samarali ishlatiladi. Namlik bilan to'yingan havodan qurituvchi agent sifatida foydalanish mumkin emas.

Nisbiy namlikni aniqlash uchun psixrometrdan foydalanildi. Psixrometr ikkita termometrdan iborat bo'lib, bitta termometrning sharchasi doim ho'llab turiladi va u ho'l termometr deb yuritiladi. Ikkinchisi esa quruq termometr deb ataladi. Quruq va ho'l termometrlar ko'rsatishlarining ayirmasi $\Delta t = t_q - t_h$ haroratlarning psixrometrik ayirmasi deyiladi. Nisbiy namlik qancha kam bo'lsa, ho'l termometr sharchasi yuzasida suvning bug'lanishi shuncha tez boradi, natijada sharcha tezlik bilan soviydi. Shu sababli havoning nisbiy namligi kamayishi bilan haroratlarning psixrometrik ayirmasi ko'payadi. Bu ayirma Δt asosida va psixrometrik jadvallar yoki diagrammalar yordamida havoning namligi topiladi.

Nam saqlash. 1 kg absolyut quruq havoga to'g'ri kelgan suv bug'larining miqdori havoning nam saqlashi deb yuritiladi. Bu kattalik x (kg/kg) yoki d (g/kg) bilan belgilanadi. Havoning nam saqlashi quyidagi nisbat orqali topiladi:

$$x = \frac{m_{sb}}{m_{kx}} = \frac{\rho_{sb}}{\rho_{kx}}, \qquad (18.2)$$

bu yerda, m_{sb} – nam havoning berilgan hajmidagi suv bug'lari massasi, kg; m_{kx} – nam havoning berilgan hajmidagi absolyut quruq havoning massasi, kg; ρ_{kx} – absolyut quruq havoning zichligi, kg/m^3.

Nam havoning entalpiyasi. Nam havoning entalpiyasi I (J/kg quruq havo) quruq havo entalpiyasi bilan shu nam havoda bo'lgan suv bug'ining entalpiyasi yig'indisiga teng:

$$I = S_{qh} t + x i_{o'b}, \qquad (18.3)$$

bu yerda, S_{qh} – quruq havoning solishtirma issiqlik sig'imi, J/kg·K; t – havo harorati, ^{0}S; $i_{o'b}$ – o'ta qizdirilgan bug'ning entalpiyasi, J/kg.

O'ta qizdirilgan bug'ning entalpiyasi $i_{o'b}$ (J/kg) termodinamikada quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$i_{o'b} = r + C_b t, \qquad (18.4)$$

bu yerda, r = 0^0C dagi bug'ning enatalpiyasi; r = $2495 \cdot 10^3$ J/kg; C_b – bug'ning solishtirma issiqlik sig'imi, $C_b = 1{,}97 \cdot 10^3$ J/(kg·K).

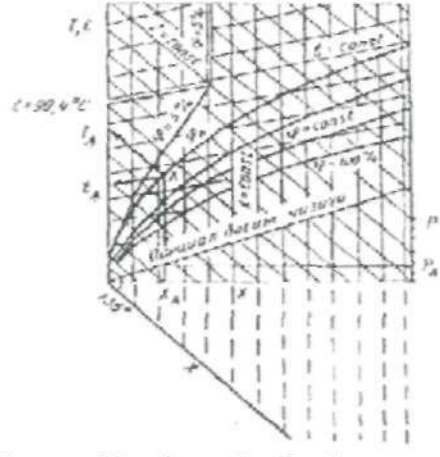
Agar quruq havoning solishtirma issiqlik sig'imini 1000 J/(kg·K) ga teng deb olinsa, (16.3) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$I = 1000 + x\,(2493 + 1{,}97\,t) \cdot 10^3 \text{ J/kg quruq havo.} \qquad (18.5)$$

Demak, nam havoning issiqlik ushlashi (entalpiyasi) nam saqlash x va harorat t ga bog'liq bo'lib, nam havo tarkibida bo'lgan quruq havoning 1 kg miqdoriga nisbatan olinadi.

18.3. NAM HAVONING HOLAT DIAGRAMMASI

Nam havoning asosiy xossalari texnik hisoblashlar uchun zarur bo'lgan aniqlik bilan I–x diagrammasi yordamida topilishi mumkin. Bu diagramma L.K. Ramzin tomonidan 1917-yili taklif qilingan. I–x diagrammasini tuzishda bosimning qiymati o'zgarmas deb olingan, ya'ni R=745 mm simob ustuni (99 kPa ga yaqin). Diagrammaning asosiy o'qlari oralig'idagi burchak 135^0 ga teng (18.1-rasm). Asosiy o'qlarga nam havoning ikkita asosiy xossalari – entalpiya I (J/kg quruq havo va nam saqlash x (kg/kg quruq havo) joylashtirilgan. Diagrammadan foydalanish qulay bo'lishi uchun nam saqlashning qiymatlari yordamchi gorizontal o'qqa joylashtrilgan. Bunda I=sonst chiziqlar ordinata o'qiga nisbatan 135^0 burchak bilan ma'lum masshtabda joylashtirilgan. x = const chiziqlar esa yordamchi abssissa o'qiga perpendikular qilib joylashtirilgan.



18.1-rasm. Nam havoning I-x diagrammasi.

I-x diagrammasiga asosiy chiziqlardan tashqari quyidagi chiziqlar ham joylashtirilgan: o'zgarmas harorat chiziqlari yoki izotermalar (t=sonst), o'zgarmas nisbiy namlik chiziqlari φ = sonst; nam havodagi suv bug'ining parsial bosimi chizig'i. φ = 100% chizig'i diagrammani ikki qismga bo'ladi. Bu chiziqning tepa qismi diagrammaning ish yuzasi deb ataladi va u to'yinmagan nam havoga to'g'ri keladi. To'yinmagan nam havo qurituvchi agent sifatida ishlatiladi. φ = 100% chizig'ining pastki qismida joylashgan yuza suv bug'i bilan to'yingan havoga to'g'ri keladi va quritgichlarni hisoblashda ishlatilmaydi.

Harorat 99,4^{0}C ga yetganda to'yingan bug'ning bosimi o'zgarmas barometrik qiymati (R=745 mm simob ustuni) ga teng bo'lib qoladi, natijada nisbiy namlik φ haroratga bog'liq bo'lmaydi. Bunday sharoitda φ namlik saqlash x kabi amaliy jihatdan o'zgarmas qiymatni egallaydi. Shu sababli t = 99,4^{0}C bo'lganda φ = sonst chizig'i keskin buriladi va yuqoriga vertikal bo'ylab yo'naladi.

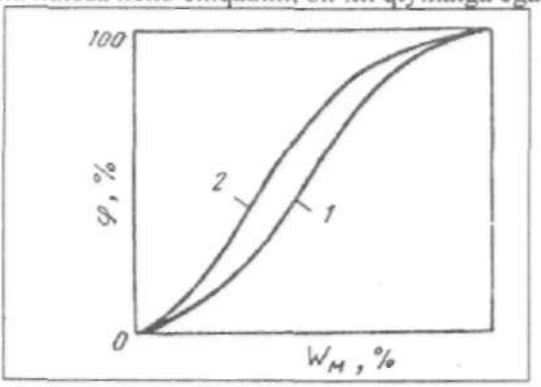
I-x diagrammasi yordamida nam havoning istalgan ikkita xossasi bo'yicha uning holatini belgilovchi nuqta (masalan, A nuqta) topiladi, so'ngra bu nuqta yordamida nam havoning qolgan xossalarini aniqlash mumkin. Nam havodagi suv bug'ining parsial bosimi chizig'i diagrammaning pastki qismiga joylashtirilgan. Agar diagrammada nam havoning holatini belgilovchi nuqta ma'lum bo'lsa, suv bug'ining parsial bosimi qiymati R_A ni aniqlash mumkin.

I-x diagrammasida nam havo bilan bog'liq bo'lgan istalgan jarayonlarni tasvirlash mumkin: a) isitish va sovitish; b) havoning entalpiyasi o'zgarmas paytda nam material bilan o'zaro ta'sir etish; d) turli ko'rsatgichlarga ega bo'lgan ikkita havo oqimlarini aralashtirish; e) bug'-havo aralashmasidagi suvni kondensatsiyalash va hokazo.

18.4. QURITISH JARAYONINING MUVOZANATI

Qattiq material va nam havo o'zaro ta'sir ettirilganda asosan ikki xil jarayon sodir bo'ladi: 1) quritish (materiallardan namlikning desorbsiyalanishi, agar $P_M > P_H$); 2) namlanish (namlikning material tomonidan sorbsiyalanishi, agar $P_M < P_H$, bu yerda P_M – bug'ning material yuzasidagi parsial bosimi, P_H – bug'ning havo yoki gazdagi parsial bosimi). Quritish paytida P_M ning qiymati kamayadi va $P_M = P_H$ chegarasiga yaqinlashib boradi. Bunday holat dinamik muvozanat holati deb ataladi, materialning bu muvozanat holatiga to'g'ri kelgan namligi muvozanat namlik deyiladi.

Materialning muvozanat namligi W_M suv bug'ining material ustidagi parsial bosimiga yoki unga mutanosib bo'lgan havoning nisbiy namligiga bog'liq va u tajriba yo'li bilan topiladi. $W_M = f(\varphi)$ funksiya o'zgarmas harorat sharoitida aniqlanadi, shu sababli u izotermani tashkil qiladi. 18.2-rasmdagi 1-egri chiziq nam materialni quritish jarayoni uchun hosil qilingan va u desorbsiyalanish izotermasi deb ataladi. 2-egri chiziq esa quruq materialni namlash uchun hosil qilingan, u sorbsiyalanish izotermasi deyiladi. Sorbsiyalanish izotermasi desorbsiyalanish izotermasining ustida joylashgan bo'ladi. 1 va 2-egri chiziqlarning bir-biridan farqi gisterezis deb ataladi. Gisterezis hodisasidan shu xulosa kelib chiqadiki, bir xil qiymatga ega bo'lgan



18.2-rasm. Material namligi bilan havoning nisbiy namligi o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik:
1–desorbsiyalanish izotermasi; 2–sorbsiyalanish izotermasi.

muvozanat namlikka erishish uchun havoning nisbiy namligi materialni namlash jarayonida uni quritishdagiga nisbatan katta bo'lishi zarur. Gisterezisning hosil bo'lishiga asosiy sabab – quritilgan *materialning* kapillyarlariga havo kirib, bu havoning kapillyarlar devorlarida sorbsiyalanishidir. Natijada material qaytadan namlanganda uning namlik bilan ho'llanish darajasi kamayadi va havoni kapillyarlardan siqib chiqarish uchun suv bug'ining katta parsial bosimi (yoki katta nisbiy namlik φ) kerak bo'ladi.

Quritish jarayonining mexanizmi ma'lum darajada namlikning material bilan bog'lanish turiga bog'liq. Quritish paytida namlikning material bilan bog'lanishi buziladi. P.A. Rebinder tomonidan namlikning material bilan o'zaro ta'sirining uch xil (kimyoviy, fizik-

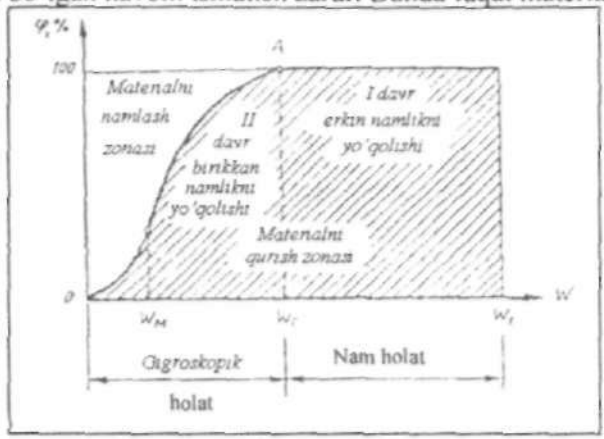
kimyoviy, fizik-mexanik) turi taklif qilingan. Kimyoviy usulda namlik material bilan bog'langanda juda mustahkam va ma'lum nisbatlarda birikma hosil bo'ladi. Bu namlikni materialdan ajratish uchun yuqori haroratlar ta'sirida qizdirish yoki kimyoviy reaksiya yo'li bilan ta'sir qilish kerak. Quritish jarayonida bunday namlikni materialdan chiqarish mumkin emas.

Quritish paytida odatda materialdan fizik-kimyoviy va fizik-mexanik usullar bilan bog'langan namliklar ajratib chiqariladi. Mexanik usul bilan birikkan namlik materialdan juda tez chiqib ketadi. Bunday namlik moddaning kapillyarlarida va uning yuzasida joylashgan bo'ladi. Mexanik usul bilan birikkan namlik o'z navbatida ikki xil bo'ladi: makrokapillyarlarning namligi (kapillyarlarning o'rtacha radiusi $r_{o'r}$ 10^{-5} sm dan katta); mikrokapillyarlarning namligi ($r_{o'r}<10^{-5}$ sm). Modda yuzasida joylashgan namlik ho'llanish namligi deb yuritiladi. Mexanik birikkan namlik erkin namlik deb ataladi va bunday namlikni materialdan mexanik usul (masalan, siqish) yordamida ajratib chiqarish mumkin.

Fizik-kimyoviy yo'l bilan birikkan namlik ikki turga (adsorbsion va osmotik birikkan namliklarga) bo'linadi. Adsorbsion namlik materialning yuzasida va uning g'ovaklarida molekulalarning kuch maydoni ta'sirida mustahkam birikkan bo'ladi. Osmotik birikkan namlik bo'kish namligi deb ham ataladi, bu namlik materiallarning to'qimalarida osmotik kuchlar ta'sirida bog'langan bo'ladi. Adsorbsion namlikni materialdan ajratish uchun bo'kish namligini ajratishga nisbatan bir oz katta energiya talab qilinadi. Kolloid va polimer materiallarda adsorbsion va osmotik usul bilan birikkan namlik mavjud bo'ladi. Material tarkibida fizik-kimyoviy yo'l bilan ushlab turilgan namlikni bog'langan namlik deb yuritiladi.

18.3-rasmda quritish paytidagi material namligining o'zgarishi ko'rsatilgan. Namlik W_1 dan W_r gacha o'zgarganda material o'zida erkin namlikni tutadi. Bu I davrda material nam holatda bo'ladi. I davrda materialdan erkin namlik ajratib chiqariladi. Namlik W_r dan W_M gacha o'zgarganda material gigroskopik holatda bo'ladi. A nuqta gigroskopik nuqta deb ataladi va bu nuqtaga to'g'ri kelgan gigroskopik namlik W_r deyiladi. A nuqta φ = 100 % ga to'g'ri keladi. II davrda materialdan bog'langan namlik ajratib chiqariladi. Gigroskopik namlik W_r materialdagi erkin va bog'langan namliklar chegarasiga to'g'ri keladi. Materialdan erkin namlikni ajratib chiqarish uchun har qanday nisbiy namlikdagi (faqat $\varphi<100$) havodan foydalanish mumkin. Bog'langan

namlikni materialdan chiqarish uchun kerakli miqdordagi nisbiy namlikka ega bo'lgan havoni ishlatish zarur. Bunda faqat materialning



18.3-rasm. Quritish jarayonida material namligining o'zgarishi.

namligi muvozanat namlik W_M dan katta bo'lishi kerak. Materialning zarur bo'lgan oxirgi namligiga qarab havoning namligi tanlanadi. 18.3-rasmda materialni quritish mumkin bo'lgan zona shtrixlab ko'rsatilgan. Muvozanat namligi egri chizig'ining tepasidagi zonada materialni faqat namlash mumkin, bu zonada materialni quritish mumkin emas.

18.5. QURITISHNING TEZLIGI

Materialni quritish murakkab jarayon hisoblanadi. Avval namlik materialning ichki qismlaridan uning yuzasiga tarqaladi, so'ngra namlik material yuzasidan bug'lanib qurituvchi agent (havo) tarkibiga o'tadi va quritgichdan tashqariga chiqib ketadi. Material tarkibidan namlikning bug'lanib chiqish jadalligi m material yuzasi birligidan vaqt birligi ichida bug'langan namlikning miqdori bilan o'lchanadi:

$$m = \frac{W}{F\tau}, \qquad (18.6)$$

bu yerda, W – quritish paytida materialdan ajralib chiqqan namlik massasi; F – material yuzasi; τ – quritishning umumiy vaqti.

Namlikning bug'lanish jadalligi nam material va atrof-muhit o'rtasidagi issiqlik va modda almashinish mexanizmiga bog'liq. Bu mexanizm juda murakkab bo'lib, ikki bosqichdan iborat: a) namlikning material ichida siljishi; b) material yuzasidan namlikning bug'lanishi.

Namlikning material yuzasidan bug'lanishi. Bu jarayon asosan bug'ning qattiq material yuzasidan havoning chegara qatlami orqali diffuziya yo'li bilan o'tishidan iborat. Material yuzasidan namlikning bug'lanish yo'li bilan havo oqimiga o'tishi tashqi diffuziya deb ataladi. Tashqi diffuziya yordamida namlikning taxminan 90 % tarqaladi. Material yuzasidan atrof-muhitga namlik bug' holatida o'tadi. Tashqi diffuziyaning harakatlantiruvchi kuchi material yuzasidagi va atrof-muhitdagi konsentratsiyalar yoki parsial bosimlar ayirmasi $R_M - R_H$ bilan ifodalanadi.

Diffuziya oqimidan tashqari namlik termodiffuziya yo'li bilan ham tarqaladi. Termodiffuziya hodisasi qatlamda haroratlar ayirmasining ta'siri natijasida yuz beradi. Konvektiv quritish jarayoni nisbatan past haroratlarda olib borilsa, termodiffuziya orqali tarqalgan namlikning miqdori juda kichik bo'ladi.

Quritish tezligi o'zgarmas bo'lgan birinchi davrda materialning *namligi gigroskopik namlikdan katta bo'ladi, material yuzasidagi bug'* esa to'yingan bo'ladi ($P_M=P_T$). Bu davrda namlik materialning yuzasiga uning ichki qismlaridan katta tezlik bilan siljiydi. Material yuzasidan namlikning berilishi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$m = \beta (P_M - P_H) \frac{760}{B}, \qquad (18.7)$$

bu yerda, β – modda berish (yoki namlik berish) koeffitsiyenti; P_T – material yuzasidagi to'yingan bug'ning parsial bosimi; P_H – bug'ning havodagi parsial bosimi; B – barometrik bosim.

(18.7) tenglamadagi P_T, P_H va B kattaliklar Pa yoki mm simob ustuni hisobida o'lchanadi. Namlik berish koeffitsiyenti β ning qiymati havoning tezligiga, qurituvchi agentning material yuzasini aylanib o'tish sharoitiga, materialning shakli va uning o'lchamlariga, quritish haroratiga va boshqa kattaliklarga bog'liq. β ning son qiymati tegishli kriterial tenglamalar yordamida aniqlanadi.

Namlikning material ichida siljishi. Material tashqi yuzasidan namlikning bug'lanishi natijasida uning ichida namlik gradienti paydo bo'ladi; ushbu gradient ta'sirida materialning ichki qatlamlaridan uning yuzasiga qarab namlikning harakati ichki diffuziya deb ataladi. Quritishning birinchi davrida (quritish tezligi o'zgarmas bo'lganda) material ichidagi namlikning o'zgarishi katta bo'ladi, bunda quritish tezligiga asosan material yuzasidan namlikning bug'lanish tezligi (ya'ni tashqi diffuziya) ta'sir qiladi. Biroq material yuzasidagi namlik kamayib

borib gigroskopik namlikka yetganda va undan keyin ham kamayishi davom etsa, ya'ni quritishning ikkinchi davrida, jarayonning tezligiga asosan ichki diffuziya ta'sir qiladi. Quritishning ikkinchi davrida jarayonning tezligi doim kamayib boradi.

Quritishning birinchi davrida material ichidagi namlik (kapillyarlardagi namlik va osmotik birikkan namlik) suyuqlik holatida tarqaladi. Ikkinchi davrning boshlanishida material yuzasining ayrim joylarida har xil shakldagi chuqur zonalar paydo bo'ladi va materialning ichida bug'lanish yuz beradi. Bunda kapillyarlardagi namlik va adsorbsion birikkan namlikning bir qismi materialning ichida bug' holida siljiydi. Keyinchalik materialning yuza qatlami to'la qurib bo'lgandan so'ng, bug'lanishning tashqi yuzasi borgan sari materialning geometrik yuzasidan kamayib ketadi. Bunday sharoitda namlikning ichki diffuziya yordamida siljishining ahamiyati ortadi. Ikkinchi davrning quritish tezligi turlicha kamayadigan bosqichida material bilan mustahkam bog'langan adsorbsion namlik qattiq faza ichidan faqat bug' holida tarqaladi.

Namlikning qattiq material ichida tarqalish hodisasi namlik o'tkazuvchanlik deb ataladi. Namlik o'tkazuvchanlikning tezligi yoki namlik oqimining zichligi namlik konsentratsiyasi gradientiga mutanosibdir:

$$m = -D_u \frac{\partial c}{\partial n} \quad , \tag{18.8}$$

bu yerda, D_u – namlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti.

Bu ifodaning o'ng tomonidagi minus ishora namlikning konsentratsiyasi katta bo'lgan qatlamdan konsentratsiyasi kichik bo'lgan qatlamga qarab siljishini ko'rsatadi. Namlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti D_u ning (m^2/s) fizik ma'nosi namlikning materialdagi ichki diffuziya koeffitsiyentini ifodalaydi va issiqlik o'tkazish jarayonidagi harorat o'tkazuvchanlik koeffitsiyentiga o'xshaydi. Namlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining qiymati namlikning material bilan birikish turiga, quritish haroratiga, materialning namligiga bog'liq bo'lib, faqat tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Quritishning ba'zi turlarida (masalan, kontakli, radiatsiyali yoki dielektrik usullar ishlatilganda) material qatlamida namlik gradientidan tashqari harorat gradienti ham paydo bo'ladi. Harorat gradienti ta'sirida material ichida issiqlik oqimiga parallel bo'lgan namlik oqimi hosil bo'ladi. Bu hodisa issiqlik ta'sirida namlik o'tkazuvchanlik deb ataladi. Ushbu hodisaning tezligi issiqlik ta'sirida namlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti δ orqali belgilanadi. Namlik va harorat gradientlari

ta'sirida materialning ichidan o'tayotgan namlik oqimlari bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi. Konvektiv quritish jarayoniga issiqlik ta'sirida namlik o'tkazuvchanlik hodisasining ahamiyati sezilarli emas.

Quritishning tezligi va davrlari. Quritish uskunalarini hisoblash va loyihalash uchun quritish tezligini bilish zarur. Quritish tezligi u cheksiz qisqa vaqt $d\tau$ davomida material namligining kamayishi orqali aniqlanadi:

$$u = \frac{dw}{d\tau}.$$

Quritish tezligi tajriba yo'li bilan laboratoriya uskunalarida topiladi. Bunday uskunalar ventilator, elektr isitkich, quritish kamerasi va tarozidan tashkil topgan bo'ladi. Elektr isitkichda qizdirilgan havo ventilator yordamida quritish kamerasiga beriladi. Kameraning eshikchasi orqali nam material tarozining bir pallasiga joylashtiriladi. Quritish davomida materialning massasi (yoki namligi) kamayib boradi. Olingan tajriba natijalari asosida quritish egri chizig'i chiziladi. Quritkichdagi quruq va ho'l termometrlar yordamida havoning nisbiy namligi aniqlanadi. Havo ko'rsatgichlari o'zgarmas bo'lganda (t=const, φ= const, w= const) material namligining vaqt davomida o'zgarish bog'liqligi quritish egri chizig'i deb yuritiladi (18.4-rasm). Quritish jarayonining boshlanishida namlik ajralib chiqishi bilan birga material qiziydi. Bu davr qisqa vaqtni tashkil etadi, quritish jarayoni egri chiziq bo'yicha o'zgaradi. Materialning qizishi tamom bo'lganidan so'ng quritish jarayoni to'g'ri chiziq bo'yicha ketadi. Bu davrda quritish jarayoni o'zgarmas tezlikka ega bo'ladi. Bu davr K_1 nuqtada tamom bo'ladi, bu nuqtaga materialning kritik namligi W_{KR} to'g'ri keladi.

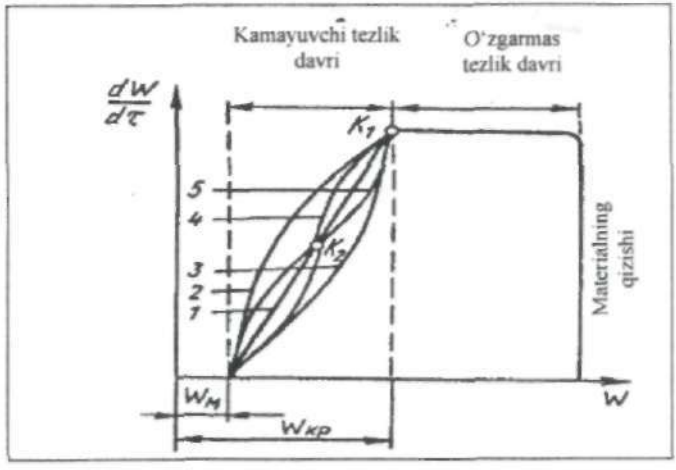
18.4-rasm. Material namligining vaqt davomida o'zgarishi.

Birinchi davrda erkin namlik ajralib chiqadi. K_1 nuqtadan so'ng quritishning ikkinchi davri boshlanadi, bu davrda material tarkibidan bog'langan namlik ajralib chiqadi. Ikkinchi davrda quritish tezligi doim kamayib boradi, materialning namligi esa muvozanat namlikka yaqinlashadi. Quritish jarayonini muvozanat namlikka qadar davom ettirish mumkin.

Quritish egri chizig'ining istalgan nuqtasiga o'tkazilgan urinma og'ish burchagining tangensi quritish tezligini ($dw/d\tau$) tashkil qiladi (18.5-rasm). Gorizontal o'qqa material namligining qiymati (% hisobida), vertikal o'qqa esa quritish tezligining qiymati (masalan, %/min) qo'yiladi.

I davrda quritish tezligi gorizontal to'g'ri chiziq bo'ladi, chunki bu davrda quritish tezligi o'zgarmas qiymatga ega. II davrda quritish tezligining chizig'i materialning turiga va namlikning material bilan birikish turiga ko'ra har xil ko'rinishga ega bo'ladi. Bu davrda quritish tezligi doim kamayib boradi.

18.5-rasmda turli materiallar uchun quritish tezligining egri chiziqlari keltirilgan. Hamma egri chiziqlar muvozanat namlikka to'g'ri kelgan nuqtaga tugaydi. Quritish tezligi egri chiziqlarining ayrimlarida ikkinchi kritik nuqta (K_2) mavjud bo'ladi. Bu kritik nuqta materialning shunday namligiga to'g'ri keladiki, bunda materialdan



18.5-rasm. Quritish tezligining egri chizig'i:
1–qog'oz, yupqa karton; 2–gazlama, yupqa charm; makaron xamiri; 3–g'alvirsimon keramik materiallar; 4–loy; 5–to'g'rab qotirilgan non.

namlikning siljish harakati o'zgaradi. Ko'pincha bu nuqta (K_2) adsorbsion namlik ajralib chiqishining boshlanishiga to'g'ri keladi.

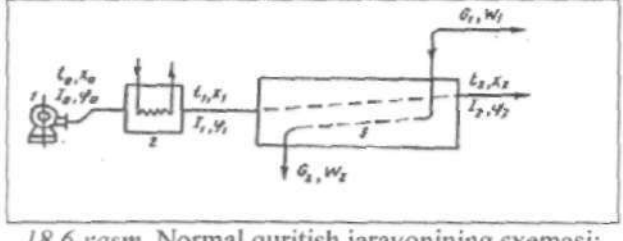
Quritish va quritish egri chiziqlaridan shu narsa ko'rinib turibdiki, quritish jarayoni ikki davrga bo'linar ekan. Tadqiqotlar natijasida shu narsa ma'lum bo'ldiki, birinchi davrda quritish tezligi o'zgarmas bo'lsa, ikkinchi davrda esa quritish tezligi doim kamayib boradi.

Birinchi davrda quritish tezligi asosan tashqi diffuziyaga bog'liq bo'ladi. Bu davrda qurituvchi agentning tezligi va uning kattaliklari (nisbiy namlik, harorat) hisoblash ishlarida katta ahamiyatga ega. Materialning ichida namlikning diffuziya orqali tarqalish tezligi katta qiymatga ega bo'ladi, biroq bu holat namlikning material yuzasidan berilish tezligini belgilamaydi.

Ikkinchi davrda ancha murakkab jarayon sodir bo'ladi. Bu davrda bog'langan namlik ajrala boshlaydi. Quritish tezligi asosan material ichidagi namlikning tarqalish tezligiga bog'liq. Shu sababli ikkinchi davrda quritish tezligiga material tarkibi bilan bog'liq bo'lgan kattaliklar (quritilayotgan materialning shakli va o'lchamlari, materialning namligi, materialning namlik o'tkazuvchanligi) ta'sir ko'rsatadi. Quritish tezligiga havo oqimining tezligi va uning boshqa ko'rsatgichlari ham bir oz ta'sir qilishi mumkin.

18.6. QURITISH USKUNALARINI HISOBLASH

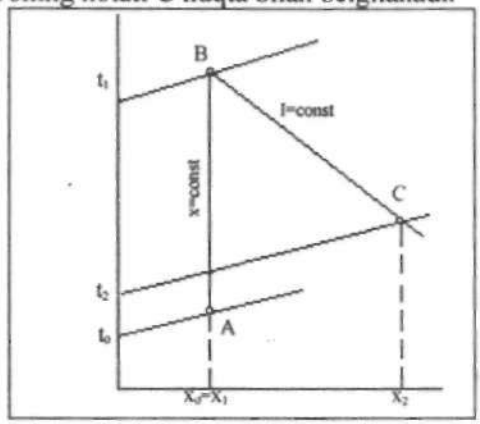
Normal nazariy quritish jarayoni. Bunday jarayonning sxemasi 18.6-rasmda ko'rsatilgan. Bu qurilma ventilator, isitkich (kalorifer) va quritish kamerasidan iborat. Isitkichga kirayotgan havoning kattaliklarini I_0, t_0, φ_0, x_0 bilan belgilaymiz. Isitkichda havo t_1 haroratgacha qizdiriladi, bunda uning namlik saqlashi o'zgarmaydi ($x_0 = x_1$), nisbiy namligi kamayadi (φ_1), entalpiyasi ortadi (I_1). Shu kattaliklar bilan qizigan havo quritish kamerasiga kiradi. Quritish kamerasida



18.6-rasm. Normal quritish jarayonining sxemasi:
1–ventilator; 2–kalorifer; 3–quritish kamerasi.

havoga qo'shimcha issiqlik berilmaydi va havo o'zidagi issiqlikni yo'qotmaydi, deb qabul qilamiz. Bu jarayon nazariy quritish deb ataladi. Havo orqali materialga berilgan issiqlik miqdori namlikning materialdan bug'lanishi uchun sarflanadi va hosil bo'lgan suv bug'i orqali materialdan qaytadi, deb qabul qilinadi. Nazariy quritishda havoning entalpiyasi o'zgarmay qoladi (I = const). Quritkichdan chiqayotgan havoning kattaliklari t_2, φ_2, I_2, x_2, biroq $I_2 = I_1$; $x_2 > x_1$; $t_2 < t_1$; $\varphi_2 > \varphi_1$. Sxemadan ko'rinib turibdiki, nam materialning massasi G_1 (kg/soat), uning namligi W_1 (%), qurigan materialning massasi G_2 (kg/soat) va uning namligi W_2 (%).

18.7-rasmda nazariy quritish jarayoni I–x diagramatsida tasvirlangan. Isitkichdagi havoning t_0 haroratdan t_1 haroratgacha qizdirish jarayoni AB chiziq bilan ifodalanadi. BC chiziq esa quritish kamerasida sodir bo'ladigan jarayonni ko'rsatadi. Quritish kamerasidan chiqayotgan havoning holati C nuqta bilan belgilanadi.



18.7-rasm. Nazariy quritish jarayonining I-x diagrammasida tasvirlash.

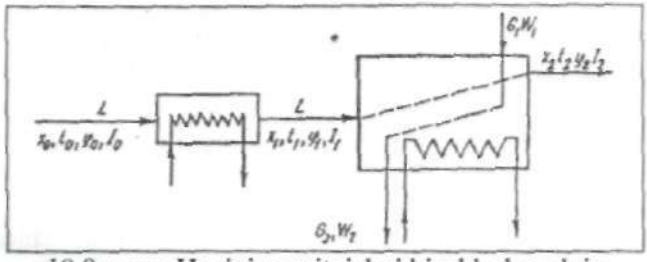
Diagramma yordamida (18.7-rasm) 1 kg namlikni bug'latish uchun zarur bo'lgan havo sarfi l (kg) va issiqlik sarfi q (kJ) ni aniqlash mumkin:

$$l = \frac{1}{x_2 - x_1} = \frac{1}{x_2 - x_0}; \qquad (18.9)$$

$$q = l(I_1 - I_0) = \frac{I_1 - I_0}{x_2 - x_1}. \qquad (18.10)$$

Haqiqiy quritkichning moddiy va issiqlik balansi. Haqiqiy quritkichlardagi jarayon nazariy quritishdagi jarayondan shu bilan farq

qiladiki, bunda $I_2 \neq I_1$ bo'ladi. Bunga sabab shuki, haqiqiy quritkichlarda issiqlikning bir qismi atrof-muhitga yo'qoladi. Ayrim paytlarda quritish kamerasiga qo'shimcha issiqlik kiritiladi (18.8-rasm). Uzluksiz ishlaydigan quritkichning moddiy balansini tuzish uchun quyidagilarni qabul qilamiz: G_1 – nam materialning massasi, kg/soat; W_1 – uning namligi, %; G_2 – quruq materialning massasi, kg/soat; W_2 – uning kamligi, %; W – bug'langan namlik miqdori, kg/soat; L – havoning sarfi (quruq havo hisobida), kg/soat.



18.8-rasm. Haqiqiy quritgichni hisoblashga doir.

Moddaning kirishi (kg/soat): 1) havo L; 2) havo tarkibidagi namlik Lx_0; 3) nam material G_1.

Moddaning chiqishi (kg/soat): 1) havo L; 2) havo tarkibidagi namlik Lx_2; 3) qurigan material G_2.

Moddiy balans tenglamasini tuzamiz:

$$L + Lx_0 + G_1 = L + Lx_2 + G_2 .$$

Bundan $G_1 - G_2 = Lx_2 - Lx_0 = L(x_2 - x_0)$,

yoki $W = L(x_2 - x_0)$.

Bu yerda $$L = \frac{W}{x_2 - x_0} = \frac{W}{x_2 - x_1}$$

Quritish jarayoni uchun quruq moddalar bo'yicha ushbu balans tenglamasini tuzish mumkin:

$$\frac{G_1(100 - W_1)}{100} = \frac{G_2(100 - W_2)}{100}$$

Bu so'nggi ifodadan quritish oxiridagi materialning massasini aniqlaymiz:

$$G_2 = G_1\left(\frac{100 - W_1}{100 - W_2}\right). \qquad (18.11)$$

Bug'langan namlikning (yoki materialdan chiqarilgan suvning) miqdorini quyidagi tenglama orqali ham topish mumkin:

$$W = G_1 - G_2 = G_1 - G_1\left(\frac{100-W_1}{100-W_2}\right)$$

yoki

$$W = G_1\left[1-\frac{100-W_2}{100-W_2}\right] = G_1\left(\frac{W_1-W_2}{100-W_2}\right). \qquad (18.12)$$

Modda balans asosida haqiqiy quritkichning issiqlik balansini tuzamiz.

Issiqlikning kirishi (kJ/soat): 1) havo bilan $LI_1 = LI_0 + Q_n$ (bu yerda LI_0 – isitkichga kirgan havoning issiqligi, Q_n – isitkichda havoning bergan issiqligi; 2) material bilan $G_1C_1\theta_1$ (bu yerda S_1 – nam materialning issiqlik sig'imi, θ_1 – materialning dastlabki harorati); 3) transport uskunalari bilan $G_{tr}C_{tr}\theta_{tr}'$ (bu yerda G_{tr} – uskunalarining massasi, S_{tr} – transport uskunalari materialining issiqlik sig'imi, θ'_{tr} – transport uskunalarining dastlabki harorati); 4) quritish kamerasiga kiritilgan qo'shimcha issiqlik q_k.

Issiqlikning sarflanishi (kJ/soat): 1) quritkichdan chiqayotgan havo bilan LI_2; 2) quritilgan material bilan $G_2C_2\ \theta_2$; 3) transport uskunalari bilan $G_{tr}S_{tr}\theta''_{tr}$; 4) issiqlikning atrof-muhitga yo'qolishi Q_y.

Issiqlik balansini tuzamiz:

$$LI_1 + G_1C_1\theta_1 + G_{tr}S_{tr}\theta'_{tr} + q_k = LI_2 + G_2C_2\,\theta_2 + G_{tr}S_{tr}\theta''_{tr} + Q_y\ ;$$

bundan $L\,(I_2 - I_1) = G_1C_1\theta_1 + G_{tr}S_{tr}\theta'_{tr} + q_k - G_2C_2\,\theta_2 - G_{tr}S_{tr}\theta''_{tr} - Q_y$;

yoki $\qquad L\,(I_2 - I_1) = \Sigma\,Q. \qquad (18.13)$

Oxirgi tenglamaning o'ng va chap tomonlarini W ga bo'lib, quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{L}{W}(I_2 - I_1) = \frac{\Sigma Q}{W}\ .$$

$\frac{\Sigma Q}{W} = \Delta$ deb belgilaymiz, $\frac{L}{W} = l$ bo'lgani uchun

$$l(I_2 - I_1) = \Delta \qquad (18.14)$$

yoki

$$I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l}\ . \qquad (18.15)$$

Tenglamaga kiritilgan Δ kattalik quritish kamerasi ichidagi kiritilgan va sarflangan issiqliklar ayirmasining 1 kg bug'langan namlikka nisbatini belgilaydi. Bu yerda asosiy kaloriferda isitilgan havo bilan kirgan va chiqqan issiqliklar hisobga olinmaydi. Ko'pincha Δ quritish kamerasining ichki balansi deb ataladi. (18.15) tenglamadan ko'rinib turibdiki, Δ ning ishorasiga ko'ra I_2 ning qiymati I_1 ning

qiymatidan katta yoki kichik bo'lishi mumkin. Agar $\Delta = 0$ bo'lsa, u holda $I_2 = I_1$.

18.7. QURITGICHLARNI SINFLASH

Sanoatda har xil quritgichlar ishlatiladi. Quritgichlar bir-biridan turli belgilari bilan farq qiladi. Nam materialga issiqlik berish usuliga ko'ra quritgichlar konvektiv, kontaktli va maxsus quritgichlarga bo'linadi. Issiqlik tashuvchi agent sifatida havo, gaz yoki bug' ishlatilishi mumkin. Quritish kamerasidagi bosimning qiymatiga ko'ra atmosfera bosimi bilan yoki vakuum ostida ishlaydigan quritgichlar bo'ladi. Jarayonni tashkil qilish bo'yicha uskunalar davriy va uzluksiz ishlaydigan quritgichlarga ajraladi. Konvektiv quritgichlarda material va qurituvchi agent bir-biriga nisbatan to'g'ri, qarama-qarshi yoki perpendikular yo'nalishda harakat qilishi mumkin. Quritilishi lozim bo'lgan material donasimon, changga o'xshash, pastasimon yoki suyuq holda bo'ladi. Qurituvchi agentning bosimini hosil qilish uchun tabiiy yoki majburiy sirkulatsiya ishlatiladi. Donasimon materiallar ishlatilganda qatlam zich, kengaytirilgan, harakatchan, mavhum qaynash, favvora hosil bo'lish kabi holatlarda bo'ladi. Qurituvchi agent bug', issiq suv, olov bilan ishlaydigan kaloriferlarda yoki elektr toki yordamida isitiladi. Quritish jarayonining har xil variantlaridan keng foydalaniladi: ishlatilgan qurituvchi agentni quritgichdan chiqarib yuborish, qurituvchi agentdan takror foydalanish, qurituvchi agentni quritish kameralari oralig'ida qizdirish, qurituvchi agentni quritish kameralariga bo'lib berish, qurituvchi agentni quritish kamerasida qo'shimcha ravishda qizdirish, o'zgaruvchan issiqlik maydonidan foydalanish (issiq va sovuq havoni material qatlamiga ketma-ket almashtirib berish) va hokazo.

Konstruktiv tuzilishga ko'ra quritgichlar har xil bo'ladi. Sanoatda shkafli, kamerali, koridorli (tunelli), shaxtali, lentali, barabanli, quvurli, shnekli, silindrsimon, turbinali, kaskadli, karuselli, konveyerli, pnevmatik, sochib beruvchi va shu kabi bir qator quritgichlar ishlatiladi.

Sanoatda konvektiv usul bilan ishlaydigan quritgichlar keng tarqalgan. Bunday quritgichlarda quritish jarayoni nam material bilan qurituvchi agentning to'g'ridan-to'g'ri kontakti orqali boradi. Konvektiv quritgichlar ishlab chiqarishda qo'llanilayotgan barcha quritish uskunalarining taxminan 80 % ini tashkil etadi. Hozirgi kunda ishlatiladigan maxsus (termoradiatsiyali, dielektrik va sublimatsiyali) quritgichlarning nisbiy ulushi taxminan 1 % ni tashkil etadi.

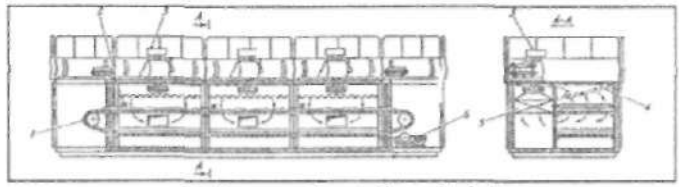
18.8. QURITISH USKUNALARINING TUZILISHI

Sanoatda konvektiv usul bilan ishlaydigan quritish uskunalari (lentali, barabanli, pnevmatik, mahsulotlar sochib beriladigan, mavhum qaynash qatlamli) keng tarqalgan. Kontaktli quritish uskunalaridan barabanli-rotorli vakuum quritgichlar, aylanuvchi barabanli vakuum quritgichlar va valsovkali quritgichlar ko'proq ishlatiladi.

Lentali quritgichlar. Bunday quritgichlar dastlabki namligi 75 % gacha bo'lgan, portlash va yonish xavfiga ega bo'lmagan, zaharsiz, sochiluvchan (donador, granula holatidagi, tolali) mahsulotlarni issiq havo bilan atmosfera bosimida uzluksiz ravishda quritishga mo'ljallangan. 18.9-rasmda ko'rsatilgan lentali quritgich to'g'ri burchakli qutiga o'xshaydi, u uzunligi bo'yicha bir necha (3 dan 10 gacha) seksiyalarga ajratilgan, kengligi bo'yicha esa ikkita koridorga bo'lingan. O'ng tomondagi (mahsulotning siljishi bo'yicha) koridorning ichiga uzluksiz ishlaydigan transport konveyeri (lentasi) joylashtirilgan. Lentaning ustida quritilishi lozim bo'lgan mahsulot harakat qiladi. Chap tomonidagi koridorda esa bug' kaloriferlari, sirkulatsiya qiladigan ventilatorlar va gaz kanallari joylashtirilgan.

Nam material perforatsiya qilingan va doimo harakat qilib turuvchi lenta (1) ga beriladi. Ushbu lenta to'qilgan metall to'rdan yoki perforatsiya qilingan (ya'ni teshilgan) plastinalardan tayyorlangan. Ayrim holatlarda lenta sifatida tarkibida rezinani ushlagan maxsus materiallardan ham foydalanish mumkin.

Lentani harakatga keltirish va uni tarang qilib ushlab turish uchun quritgich uzatma va tarang tortish qurilmalari bilan ta'minlangan, ularning oralig'ida ventilatorlar (3) va kaloriferlar (5) bilan jihozlangan oraliq seksiyalari mavjud. Lenta ustidagi qatlamning balandligi bo'yicha material namligini baravarlamoq uchun aralashtirgichlar (3) joylashtirilgan.



18.9-rasm. Lentali quritgich:
1–lentali konveyr; 2–aralashtirgich; 3–sirkulatsion ventilatorlar; 4–havoni taqsimlovchi panjara; 5–bug' kaloriferi; 6–quritilgan materialni tushirish uchun shnek.

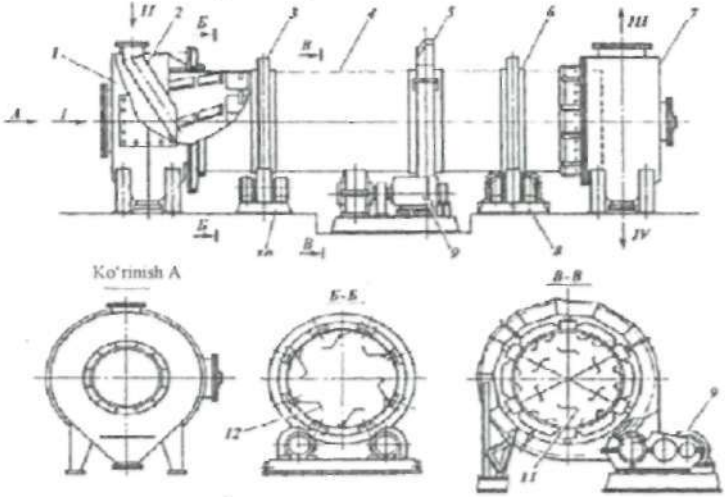
Oraliq seksiyalarining kaloriferlarida qizdirilgan havo sirkulatsion ventilatorlar yordamida lentaning ustida joylashgan taqsimlovchi panjara (4) orqali mahsulot qatlamining tepasidan pastga qarab beriladi. Qizdirilgan havo oqimi qatlamdan o'tib ikki qismga bo'linadi: birinchi qism kalorifer orqali ventilatorga boradi, ikkinchi qismi esa – ishlatilgan havo kanali orqali uskunadan tashqariga chiqariladi. Toza va ishlatilgan havo kanallarida o'rnatilgan zaslonkalar yordamida havo va mahsulot harakatlarini to'g'ri, qarama-qarshi va aralash sxemalari asosida tashkil etish mumkin.

Lenta uzatma stansiyasida joylashgan motor-variator, reduktor va zanjirli uzatma yordamida harakatga keltiriladi; bu yerda shneksimon tushirish qurilmasi ham joylashgan. Lentaning tezligi shunday tanlab olinadiki, bunda nam material kerakli darajada qurishi zarur. Lentaning tezligi variator yordamida amalga oshiriladi. Lentaning kengligi 1,2 yoki 2 m bo'ladi, uning ish yuzasi 7,2 dan 40 m^2 gacha, talab qilinadigan quvvat esa 22–137 kVt atrofida o'zgarishi mumkin. Turli rusumdagi lentali quritgichlarning bug'langan namlik bo'yicha ish unumdorligi 35 dan 600 kg/soat gacha o'zgaradi.

Lentali quritgichlar ko'p joyni egallaydi va ularni ishlatish ancha murakkab (lentalarning cho'zilishi va barabanda noto'g'ri joylanish holatlari ro'y berishi mumkin). Bunday quritgichlarning solishtirma ish unumi kichik, solishtirma issiqlik sarfi esa katta, pastasimon materiallarni quritish mumkin emas.

Barabanli quritgichlar. Bunday quritgichlar atmosfera bosimi bilan uzluksiz ravishda turli sochiluvchan materiallarni quritish uchun ishlatiladi. Barabanli quritgich silindrsimon barabandan tashkil topgan bo'lib, gorizontga nisbatan kichik og'ish burchagi ($3–6^0$) bilan joylashtirilgan bo'ladi (18.10-rasm). Baraban bandajlar va roliklar yordamida ushlab turilib, elektromotor va reduktor yordamida aylantiriladi. Quritgich uzunligining diametriga nisbati L/D_a=5:6. Barabanning aylanishlar soni 1–8 min^{-1}. Nam material ta'minlagich orqali vintli qabul qiluvchi nasadkaga beriladi, bu yerda material aralashtirish ta'sirida bir oz quriydi. So'ngra material barabanning ichki qismiga o'tadi. Barabanning material bilan to'lish darajasi 20 % dan ortmaydi. Barabanning butun uzunligi bo'yicha nasadkalar joylashtiriladi. Nasadkalar barabanning kesimi bo'yicha materialni bir me'yorda tarqatish va aralashtirishni ta'minlaydi. Bunday sharoitda material bilan qurituvchi agentning o'zaro ta'siri samarali bo'ladi.

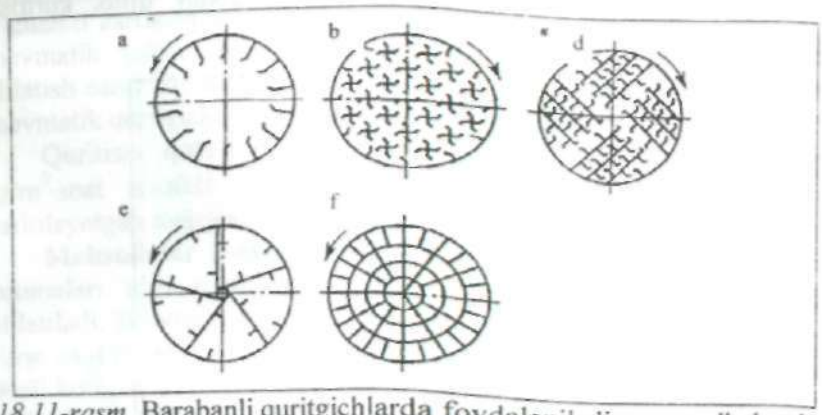
Baraban ichida materialning o'ta qizib ketish darajasini kamaytirish uchun material va qurituvchi agent (tutunli gazlar yoki qizdirilgan havo) bir-biriga nisbatan to'g'ri yo'nalishda bo'ladi, chunki bunday sharoitda yuqori haroratli issiq gazlar katta namlikka ega bo'lgan material bilan o'zaro kontaktda bo'ladi. Mayda sochiluvchan materiallar uchun havoning baraban ichidagi tezligi 0,5–1,0 m/s, katta bo'lakli materiallar uchun esa 3,5–4,5 m/s dan ortmasligi kerak. Ishlatilgan gazlar atmosferaga chiqarilishidan oldin mayda changlardan siklonda tozalanadi. Quritilgan material barabandan tashqariga tushiruvchi moslama orqali chiqariladi.



18.10-rasm. Barabanli quritgich:
1–yuklash kamerasi; 2–qiya tarnov; 3–bandaj; 4–baraban; 5–tishli toj; 6–halqali qoplamalar; 7–tushirish kamerasi; 8–tirgovchi roliklar; 9–uzatma; 10–tayanch roliklari; 11–sektorli nasadka; 12–kurakchali nasadka. Oqimlar: I–issiqlik tashuvchi; II–dastlabki mahsulot; III–issiqlik tashuvchi va suv bug'lari aralashmasi; IV–tayyor mahsulot.

Quritilgan material donalarining o'lchamlari va xossalariga ko'ra har xil nasadkalardan foydalaniladi (18.11-rasm). Katta bo'lakli va qovishib qolish xususiyatiga ega bo'lgan materiallarni quritish uchun ko'taruvchi-parrakli nasadkalar, yomon sochiluvchan va katta zichlikka ega bo'lgan katta bo'lakli materiallarni quritish uchun esa sektorli nasadkalar ishlatiladi. Kichik bo'lakli, tez sochiluvchan materiallarni quritishda tarqatuvchi nasadkalar keng ishlatiladi. Mayda qilib ezilgan,

chang hosil qiluvchi materiallarni berk yacheykali donasimon nasadkalari bo'lgan barabanlarda quritish maqsadga muvofiqdir. Ayrim sharoitlarda murakkab nasadkalardan foydalaniladi.



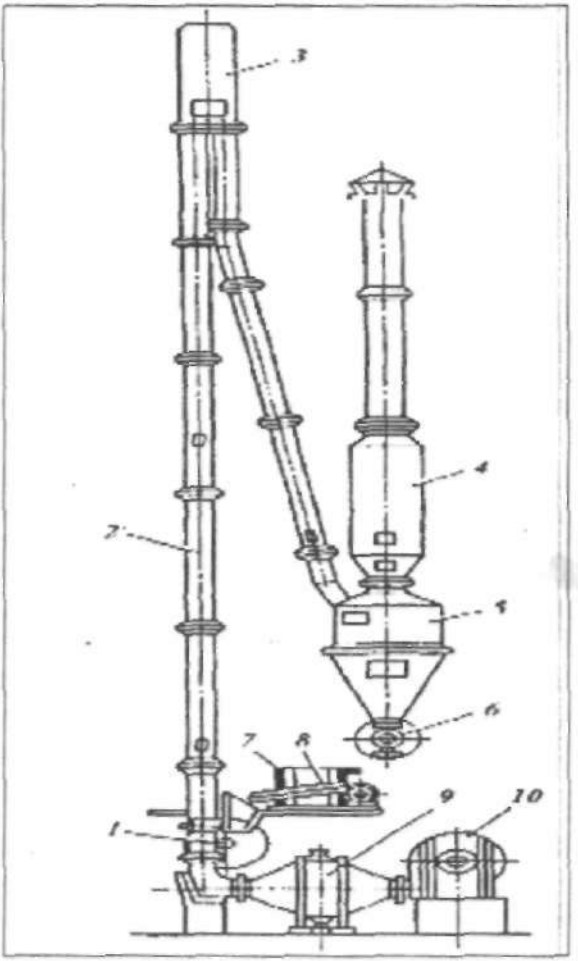
18.11-rasm. Barabanli quritgichlarda foydalaniladigan nasadkalarning asosiy rusumlari:
a–kurakchali; *b,d*–tarqatuvchi; e–sektorli; *f*–berk yacheykali.

Barabanli quritkichlarda materialning yaxshi aralashishiga erishiladi, natijada qattiq va gaz fazalari oralig'ida uzluksiz kontakt yuz beradi. Bunday quritkichlarning ish unumdorligi bug'lanayotgan namlik bo'yicha 100–120 kg/m^3·soat gacha yetadi. Barabanning uzunligi 2,5÷16 m bo'lganda uning diametri esa 0,5 dan 3,5 m gacha boradi. Barabanli quritgichlar katta miqdordagi mahsulotlarni quritish uchun keng qo'llaniladi. Uskunaning o'lchamlariga ko'ra uning iste'mol quvvati 0,75÷200 kVt ni tashkil etadi.

Pnevmatik quritgichlar. Donador (lekin qovishib qolmaydigan) va kristall materiallarni suvsizlantirish uchun pnevmatik quritgichlar ishlatiladi. Quritish jarayoni uzunligi 10–20 m bo'lgan veritkal quvurda olib boriladi. Materialning zarrachalari isitilgan havo (yoki tutunli gaz) oqimi bilan harakat qiladi. Bunda havo oqimining tezligi qattiq zarrachaning harakat tezligidan katta bo'ladi (10–40 m/s). Bunday quritgichlarda jarayon juda qisqa vaqt (1–3 s) davom etadi, shu sababli material tarkibidagi erkin namlikning bir qismigina ajralib chiqadi.

Pnevmatik quritgichda (18.12-rasm) material bunkerdan ta'minlagich orqali vertikal quvur-quritgichga tushadi. Havo oqimi ventilator yordamida kalorifer orqali vertikal quvurga yuboriladi. Quvurda havo oqimi material zarrachalarini o'zi bilan birga olib ketadi. Havo qurigan

material bilan birga yig'uvchi amortizatorga kiradi, keyin siklonga o'tadi. Siklonda qurigan material havo oqimidan ajraladi, so'ngra to'kish moslamasi yordamida tashqariga chiqariladi. Ishlatilgan havo filtrda tozalangandan so'ng atmosferaga uzatiladi. Shunday qilib, kuritish jarayoni pnevmotransport rejimida olib boriladi.



18.12-rasm. Pnevmatik quritgich:
1–ta'minlagich; 2–quritish quvuri; 3–yig'gich; 4–filtr; 5–siklon; 6–tushirgich; 7–nam material bunkeri; 8–dozator; 9–havo isitgich; 10–ventilator.

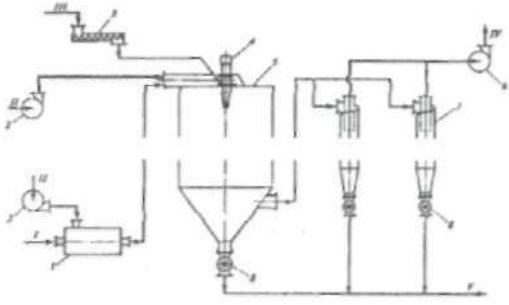
Pnevmatik quritgichlarda energiya sarfi ancha katta, bu sarf material zarrachasining o'lchami kichrayishi bilan kamayadi, biroq zarrachalarning o'lchami 8–10 mm dan oshmasligi kerak. Katta o'lchamli zarrachalari bo'lgan materiallardan namlikni chiqarish uchun pnevmatik uskunalarni boshqa rusumdagi quritgichlar bilan birga ishlatish zarur. Demak, tuzilishi oddiy va ixcham bo'lishidan qati nazar, pnevmatik quritgichlarni ishlatish chegaralangan.

Quritish quvurining namlik bo'yicha ish unumdorligi 400 kg/m^3·soat atrofida bo'ladi, issiqlik sarfi – 5000 kJ/kg namlik, quritilayotgan materialning nisbiy sarfi esa – 8÷20 kg/kg havo.

Mahsulotlar sochib beriladigan quritgichlar. Bunday quritish uskunalari turli eritmalar va suspenziyalarni suvsizlantirish uchun ishlatiladi. Bunday uskunaning issiqlik ta'sir qilish zonasida mahsulot qisqa vaqt davomida bo'lib, undan namlik jadallik bilan ajralib chiqadi. Hosil bo'lgan mahsulot kukun holatida bo'lib, qo'shimcha maydalashni talab qilmaydi, keyingi qayta ishlash jarayonlarida yaxshi eriydi. Ushbu rusumdagi quritgichlar *ichi bo'sh va konus tubli silindrsimon uskunadan* iborat bo'lib, uning yuqorigi qismidan suyuq modda sochib beriladi va parallel oqimda harakat qilayotgan qurituvchi agent (issiq havo yoki tutunli gazlar) bilan to'qnashadi, natijada katta tezlik bilan bug'lanadi. Sochib beruvchi quritgichlarda bug'lanishning solishtirma yuzasi katta bo'ladi, shu sababli quritish jarayoni qisqa vaqt (taxminan 15–30 s) davom etadi. Quritish qisqa vaqt davom etganligi sababli jarayon past haroratlarda olib boriladi, natijada sifatli kukunsimon mahsulot olinadi. Agar nam material oldin qizdirib olinsa, sovuq holdagi qurituvchi agentdan ham foydalansa bo'ladi. Materialni sochish uchun mexanik va pnevmatik forsunkalar hamda markazdan qochma disklar (aylanishlar soni minutiga 4000–20000) ishlatiladi.

Ushbu turdagi uskunada (18.13-rasm) nam material quritish kamerasiga forsunka yordamida sochib beriladi. Qurituvchi agent (tutunli gaz yoki havo) ventilator yordamida quritgichga beriladi, u kamera ichida material bilan parallel harakat qiladi. Qurigan materialning mayda zarrachalari kameraning pastki qismiga cho'kadi va shlyuzli ta'minlagich yordamida kerakli joyga yuboriladi. Ishlatilgan qurituvchi agent siklonlarda mayda chang zarrachalardan tozalanadi, so'ng atmosferaga chiqarib yuboriladi. Sochib beruvchi quritgichlarda material va qurituvchi agent oqimlari to'g'ri, qarama-qarshi va aralash yo'nalishda bo'lishi mumkin, biroq ko'pincha to'g'ri (yoki parallel) yo'nalishli oqim keng ishlatiladi. Bunday quritgichlarning ish

unumdorligi dastlabki material bo'yicha 32000 kg/soat gacha bo'lishi mumkin.



18.13-rasm. Mahsulot sochib beriladigan quritgich:
1–pech; 2–ventilator; 3–vintsimon nasos-dozator; 4–markazdan qochma sochib beruvchi; 5–quritish kamerasi; 6–tutun tortuvchi ventilator; 7–siklon; 8–shlyuzli ta'minlagich. Oqimlar: I–gaz; II–havo; III–dastlabki mahsulot; IV–namlik bug'lari va issiqlik tashuvchi aralashmasi; V–tayyor mahsulot.

Sochib beruvchi quritgichlar yuqorida aytib o'tilgan afzalliklardan tashqari bir qator kamchiliklarga ham ega: 1) nam materialning uskuna devorlariga yopishib qolmasligi uchun kameraning diametri ancha katta (12,5 m gacha) bo'ladi; 2) kamerada solishtirma bug'lanish qiymati kichik (1 m^3 kameradan soatiga 10–25 kg suv ajraladi); 3) havo oqimining tezligi nisbatan kichik (0,2–0,4 m/s), agar havo tezligi katta bo'lsa, mayda zarrachalarning cho'kishi qiyinlashadi va ularning havo oqimi bilan ketib qolishi ko'payadi.

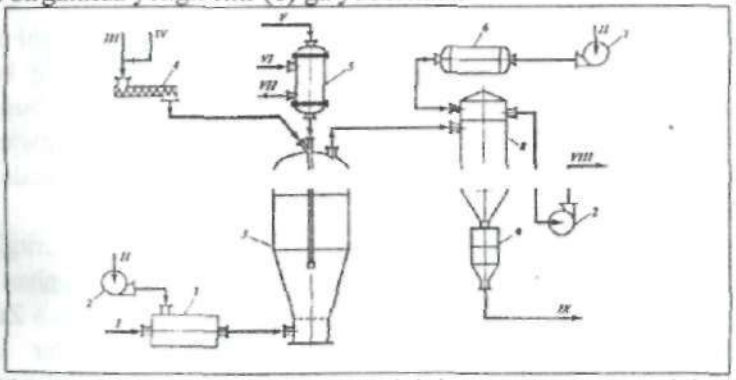
Mavhum qaynash qatlamli quritgichlar. Bunday quritgichlarda jarayon mavhum qaynash qatlamida olib borilganligi sababli material zarrachalari va qurituvchi agent o'rtasida kontakt yuzasi ko'payadi, namlikning materialdan bug'lanib chiqish tezligi ortadi, quritish vaqti esa ancha qisqaradi. Hozirgi kunda mavhum qaynash qatlamli quritgichlar sochiluvchan donasimon materialdan tashqari, qovushib qolish xususiyatiga ega bo'lgan materiallar, pastasimon moddalar, eritmalar, qotishmalar va suspenziyalarni suvsizlantirish uchun ham ishlatilmoqda.

Mavhum qaynash qatlamli quritgichlarda odatda o'lchami 5 mm gacha bo'lgan donador materiallar quritiladi. Qurituvchi agent sifatida

qizdirilgan havo, tutunli gazlar, qizdirilgan inert gazlar ishlatiladi. Bunday quritgichlarda mavhum qaynash holati gaz fazasi yordamida yuzaga chiqadi.

Ayrim sharoitlarda mavhum qaynash holati boshqa inert material yordamida ham hosil qilinishi mumkin. Bunday sharoitda quritilishi lozim bo'lgan material qizdirilgan qurituvchi agent oqimida inert material bilan kontaktga uchraydi.

18.14-rasmda suspenziya va eritmalarni inert materialning mavhum qaynash holatida suvsizlantirishga mo'ljallangan quritgichning sxemasi keltirilgan. Dastlabki mahsulot ta'minlagich (4) yordamida quritgichning ichiga joylashtirilgan pnevmatik forsunkaga beriladi. Forsunka isitish uskunasi (5) da isitilgan va siqilgan havo yordamida dastlabki mahsulotni sochib beradi. Uskunaning ichiga solib qo'yilgan inert material (masalan, ftorplastning mayda zarrachalari) yonish kamerasi (1) da hosil bo'lgan tutunli gazlar yordamida mavhum qaynash holatiga keltirilgan bo'ladi. Bu yerda mahsulotning mayda tomchilari (changlari) inert material granulalarining ustiga yopishib qoladi. Mavhum qaynash holatida granulalarning o'zaro jadal to'qnashuvi ta'sirida qurigan mahsulot granulalardan ajraladi va issiqlik tashuvchi bilan birgalikda yengli filtr (8) ga yuboriladi.



18.14-rasm. Mahsulotlarni inert materialning mavhum qaynash holatida suvsizlantiradigan qurilmaning sxemasi:

1–tabiiy gazning yonish kamerasi; 2–havo haydagich; 3–quritgich; 4–ta'minlagich; 5–issiqlik almashgich; 6–resiver; 7–kompressor; 8–yengli filtr; 9–ikki qavatli chang zatvori. Oqimlar: I–tabiiy gaz; II–havo; III–suspenziya; IV–suv; V–siqilgan havo; VI–suv bug'i; VII–kondensat; VIII–issiqlik tashuvchi va namlik bug'lari; IX–tayyor mahsulot.

Tutunli gazlardan ajralgan mahsulot ikki qatlamli chang zatvori (9) orqali qurilmadan tashqariga chiqariladi. Ishlatilgan issiqlik tashuvchi agent yengli filtrda tozalan-gandan so'ng atmosferaga chiqariladi. Yengli filtrni regeneratsiya qilish uchun kompressor (7) yordamida resiver (6) orqali havoning teskari oqimidan (0,04÷0,06 MPa) foydalaniladi.

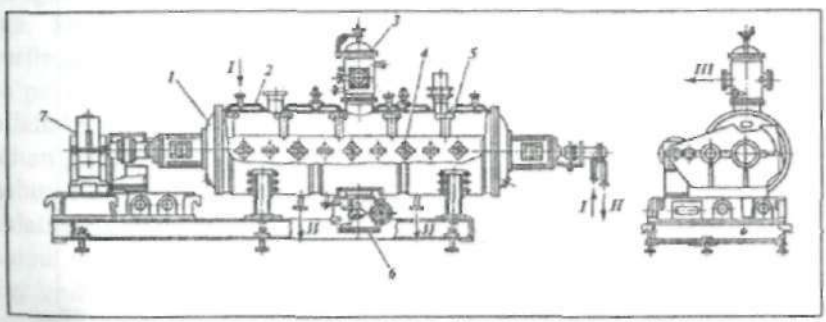
Mavhum qaynash qatlamli quritgichlarning asosiy qismi silindrsimon, konussimon yoki silindr-konussimon bo'lishi mumkin. Silindrsimon qobiqli quritgichlarda ba'zan quritish jarayoni bir me'yorda bormaydi, chunki qatlamda jadal aralashtirish mavjud bo'lganligi sababli ayrim zarrachalarning quritgichda bo'lish vaqti o'rtacha qiymatdan ancha farq qiladi. Shu sababli o'zgaruvchan kesimli (masalan, konussimon) quritgichdan foydalaniladi. Bunday konussimon quritgichning pastki qismida gazning harakatlanish tezligi eng katta zarrachaning cho'kish tezligidan katta, tepa qismida esa eng kichik zarrachaning cho'kish tezligidan kam bo'ladi. Bunday holatda qattiq zarrachalarning nisbatan tartibli sirkulatsiyasi mavjud bo'lib, zarrachalar quritgichning markaziy qismiga ko'tariladi, uning chekka qismlaridan esa pastga qarab tushadi. Natijada material bir me'yorda isiydi va kameraning ish balandligi kamayadi.

Mavhum qaynash qatlamli quritgichlarning samarali ishlashi uchun nam material va qurituvchi agentni quritgichning ko'ndalang kesimi bo'yicha bir me'yorda tarqalishiga erishish kerak. Buning uchun nam materialni quritgichga berib turadigan ta'minlagich, quritilgan materialni quritgichdan chiqarib turadigan va gaz tarqatuvchi moslamalarning konstruksiyasini to'g'ri tanlash zarur.

Barabanli rotorli vakuum-quritgichlar. Bunday quritgichlar portlash va yong'in chiqish jihatdan xavfli, zaharli, sochiluvchan yoki pastasimon mahsulotlarni suvsizlantirishga mo'ljallangan. Zaharli preparatlar, gerbisidlar, polimer materiallari va bo'yoqlar ishlab chiqarishlarda issiqlikka chidamsiz mahsulotlarni suvsizlantirish uchun ham barabanli rotorli vakuum-quritgichlar keng ishlatiladi.

Bu turdagi kontaktli quritgichlarda material sekin aylanuvchi, gorizontal holda joylashgan taroqli aralashtirgich yordamida aralashtiriladi, natijada uskuna davriy ishlasa ham quritish tezligi ancha yuqori bo'ladi. Taroqli vakuum-quritgichlar qo'l mehnatini talab qilmaydi.

Quritgich gorizontal bug‘ g‘ilofli silindrsimon qobiqdan tashkil topgan (18.15-rasm). Uskuna tepasida nam materialni yuklaydigan, pastki qismida esa qurigan materialni tushiradigan tuynuklar bor. Qobiqning ichida taroqlari bo‘lgan aralashtirgich joylashtirilgan. Aralashtirgichning taroqlari o‘qda o‘zaro perpendikular qilib o‘rnatilgan; baraban uzunligining birinchi yarmida aralashtirgichning taroqlari bir tomonga egilgan bo‘lsa, ikkinchi yarmida esa qarama-qarshi tomonga egilgan bo‘ladi. Bundan tashqari, aralashtirgich har 5–8 minutda reversiv moslama yordamida aylanish yo‘nalishini o‘zgartiradi. Shu sababli uskunaga tushgan material davriy ravishda barabanning ichki devori yaqinidan uning markaziga qarab va teskari yo‘nalishda harakat qiladi. Aralashtirgich o‘qining ichida bo‘shliq bo‘lishi ham mumkin, bunday holda bu bo‘shliq orqali isituvchi agent yuborilib, material qo‘shimcha ravishda qizdiriladi. Taroqlar o‘rtasida erkin harakat qiluvchi quvurlar materialni tezroq aylantirish uchun xizmat qiladi. Quritgichning qobig‘i kondensator vakuum-nasos bilan tutashgan.

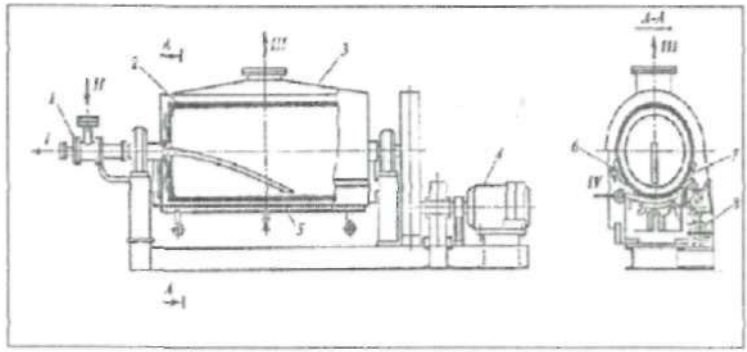


18.15-rasm. Barabanli rotorli vakuum-quritgich:
1–baraban; 2–bug‘ g‘ilofi; 3–yuklash uchun tuynuk; 4–rotor; 5–taroq;
6–tushirish uchun tuynuk; 7–uzatma. Oqimlar: I–suv bug‘i;
II–kondensat; III–gazlar.

Aralashtirgichli vakuum-quritgichlarning asosiy afzalligi – boshqa uskunalarga nisbatan quritish jarayoni past haroratda olib boriladi. Unga xizmat ko‘rsatish uchun ishchi kuchi kam talab qilinadi, bunday quritkichlarda portlash xavfi bo‘lgan va zaharli materiallarni quritish maqsadga muvofiqdir. Bunday uskunalar material tarkibidan suvsiz erituvchilarni ajratib olish uchun ham ishlatilishi mumkin. Quritilgan materiallarning sifati ancha yuqori bo‘ladi.

Quritgich qobig'ining nominal hajmi 0,16 dan 10 m^3 gacha o'zgarishi mumkin. Silindrsimon qobiqni material bilan to'ldirish koeffitsiyenti odatda 50 % ni tashkil etadi. Portlash xavfi bo'lgan materiallar bilan ishlaganda, xavfsizlikni ta'minlash maqsadida havoning kirishi mumkin bo'lgan joylar (rotorni zichlantirish, tushirish uchun tuynuk, filtr)ga past bosim bilan azot yuboriladi. Bundan tashqari barabanga yemirilib ketadigan membrana o'rnatiladi. Bug'-havoni material changlaridan tozalash uchun uskuna filtrlar bilan jihozlanadi.

Valsovkali quritgichlar. Bu turdagi uskunalar turli suyuqliklar va oquvchan pastasimon materiallarni atmosfera bosimida yoki vakuum ostida quritish uchun ishlatiladi. Quritish jarayoni uzluksiz ravishda olib boriladi va qo'l mehnati talab qilinmaydi. Bu turdagi quritgich bitta yoki ikkita barabandan iborat. 18.16-rasmda bitta barabanli quritgichning sxemasi keltirilgan. Bunday quritgichda tog'oraning ichida bitta baraban aylanib turadi. Tog'oraga material uzluksiz ravishda berib turiladi.



18.16-rasm. Bitta valsovkali quritgich:
1–bo'sh sapfa; 2–ichi bo'sh baraban; 3–tortuvchi qalpoq; 4–uzatma; 5–tog'ora; 6–aniq bir o'lchamga keltiruvchi moslama; 7–kurakchali moslama; 8–shnek. Oqimlar: *I*–kondensat; *II*–suv bug'i; *III*–havo va namlik bug'i aralashmasi; IV–dastlabki mahsulot.

Barabanning ichi bo'sh bo'lib, u suv bug'i yoki boshqa issiqlik tashuvchi agent yordamida isitiladi. Baraban aylanayotganda uning tashqi yuzasi materialning yupqa qatlami bilan qoplanadi. Baraban isitib turilganligi sababli material qatlami quriydi, so'ngra kurakchali moslama bilan qirqiladi va shnek yordamida uskunadan tashqariga chiqariladi. Qurigan material kukun, yupqa qatlam (plyonka) yoki

paraxa holatida bo'ladi. Quritgichning hamma ish qismlari umumiy qobiqning ichiga joylashtirilgan va vakuum hosil qiluvchi qurilma bilan bog'langan.

Valsovkali uskunalar yordamida yuqori haroratlarga chidamsiz bo'lgan materiallarni yupqa qatlam bilan quritish mumkin. Quritish vaqti barabanning aylanishlar soni orqali boshqariladi. Quritgichning ish unumi barabanning diametri, uzunligi va aylanishlar tezligiga mutanosib. Uskunaning ish unumi odatda material yupqa qatlami (yoki plyonkasi) qalinligining kamayishi va baraban aylanishlar sonining ortishi bilan ko'payadi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, uskunadagi plyonkaning qalinligi 0,1÷0,4 mm, barabanning aylanish tezligi esa 1÷10 min^{-1} bo'lganda 1 kg namlikni bug'latish uchun 1,2÷1,6 kg suv bug'i sarf bo'ladi.

18.9. QURITISH JARAYONLARINI JADALLASHTIRISH

Bir qator ishlab chiqarishlarda tayyor mahsulotning sifatiga bo'lgan yuqori talablarni bajarishda quritish jarayoni alohida ahamiyatga ega. Shu sababdan ham quritgichlarning ishini jadallashtirish (ya'ni qurilmaning 1 m^3 hajmidan ajratib olinadigan namlik miqdorini ko'paytirish) muhim muammolar qatoriga kiradi. Quritish jarayonini jadallashtirish va quritgichlarning iqtisodiy samaradorligini oshirish uchun quyidagi usullarni tanlash mumkin: 1) yuqori haroratli issiqlik tashuvchi agentlarni qo'llash; 2) pulsatsiyalangan gaz oqimlarini ishlatish va material zarrachalarini vibratsiya qilib turish; 3) elektr va magnit maydonlarini ishlatish; 4) issiqlik tashuvchi sifatida materialdan *bug'lanib chiqayotgan suyuqlikning* o'ta qizdirilgan bug'larini (suv bug'lari, organik erituvchilarning bug'lari va hokazo) qo'llash; 5) bitta uskunada quritishning murakkab usullaridan foydalanish va bu paytda turli texnologik jarayonlarni olib borish; 6) ishlab chiqarishning *ikkilamchi energetik va issiqlik resurslaridan* (qurilmalardan chiqib ketayotgan gazlarning issiqligi hamda bug' qozonlari, quritgichlar va boshqa issiqlik uskunalarining issiqligi va hokazo) foydalanish.

Tayanch so'z va iboralar

Nam materialni quritish, mexanik usul bilan suvsizlantirish, fizik-kimyoviy usul bilan suvsizlantirish, issiqlik yordamida suvsizlantirish, konvektiv quritish, kontaktli *quritish, radiatsiyali quritish, dielektrik*

quritish, sublimatsiyali quritish, absolyut namlik, nisbiy namlik, nam saqlash, nam havoning entalpiyasi, nam havoning holat diagrammasi, materialning muvozanat namligi, sorbsiyalanish izotermasi, desorbsiyalanish izotermasi, gisterezis, mexanik usul bilan birikkan namlik, fizik-kimyoviy yo'l bilan birikkan namlik, kimyoviy usul bilan birikkan namlik, namlikning bug'lanish darajasi, tashqi diffuziya, termodiffuziya, ichki diffuziya, namlik berish koeffitsiyenti, namlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, quritish tezligi, quritishning birinchi davri, quritishning ikkinchi davri, quritish egri chizig'i, quritish tezligining egri chizig'i, quritish uskunalarini hisoblash, quritgichlarni sinflash, lentali quritgichlar, barabanli quritgichlar, pnevmatik quritgichlar, mahsulotlar sochib beriladigan quritgichlar, mavhum qaynash qatlamli quritgichlar, barabanli rotorli vakuum-quritgichlar, valsovkali quritgichlar, quritish jarayonlarini jadallashtirish.

Mustaqil ishlash uchun savollar

18.1. Nam materiallarni quritishning sanoatdagi roli. Materiallarni necha xil usul bilan suvsizlantirish mumkin?

18.2. Issiqlik tashuvchi agentning nam material bilan o'zaro ta'sirlashuv usuliga ko'ra quritish necha turga bo'linadi?

18.3. Nam havoning asosiy xossalari. Havoning ushbu xossalari J-x diagrammada qanday tasvirlanadi?

18.4. Namlik material bilan qanday usullar yordamida bog'langan bo'ladi? Quritish paytidagi material namligining o'zgarishini grafik usul bilan ifodalash mumkinmi?

18.5. Namlikning bug'lanish tezligi qanday omillarga bog'liq? Nam materialning quritish jarayoni necha bosqichdan iborat?

18.6. Quritish va quritish tezligining egri chiziqlari o'rtasida qanday bog'liqlik bor? Quritishning davrlari va kritik nuqtalari qanday ta'riflanadi?

18.7. Quritgichlarning moddiy va issiqlik balanslari qanday tartibda tuziladi?

18.8. Quritish jarayonlarini J-x diagrammada tasvirlash. Nazariy va haqiqiy quritgichlar o'rtasida qanday farq bor?

18.9. Quritish uskunalarining umumiy turlari. Sanoatda qaysi turdagi quritgichlar ko'proq ishlatiladi?

18.10. Barabanli quritgichning tuzilishi. Ularning ishlatilish sohalari, afzalliklari va kamchiliklari qanday ifoda qilinadi?

18.11. Mavhum qaynash qatlamli pnevmatik quritgichlar. Ularning umumiy va xususiy tomonlari nimalardan iborat?

18.12. Qanday sharoitlarda materialni sochib beradigan quritgichlar ishlatiladi? Ularning afzalliklari qanday tushuntiriladi?

18.13. Qanday mahsulotlarni suvsizlantirishda lentali quritgichlardan foydalaniladi? Bunday uskunalarning kamchiliklari bormi?

18.14. Suspenziya va eritmalarni inert materialning mavhum qaynash holatida suvsizlantirishga mo'ljallangan quritgichning sxemasini qanday tasvirlash mumkin?

18.15. Barabanli rotorli vakuum-quritgichlar va valsovkali quritgichlar o'rtasida qanday umumiy va xususiy tomonlar mavjud?

18.16. Nam materiallarni quritish jarayonlarini qanday usullar bilan jadallashtirish mumkin? Jadallashtirishdan ko'zlangan maqsad qanday izohlanadi?

XIX bob. KRISTALLANISH

19.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Eritma, erigan qotishma va gaz fazasi tarkibidan kristallar holatidagi qattiq fazani hosil qilish jarayoni kristallanish deb ataladi. Ushbu jarayon sanoatning neft va gazni qayta ishlash, kimyo, metallurgiya, oziq-ovqat, dori-darmon ishlab chiqarish kabi tarmoqlarida ishlatiladi.

Kristallanish jarayonlari yordamida quyidagi vazifalar hal qilinadi:

– zarrachalarning to'plami, granula, tangacha va boshqa shakldagi qattiq mahsulotlarni olish;

– turli aralashmalarni fraksiyalarga ajratib, ularni birorta komponent bilan boyitish;

– texnik yoki tabiiy eritmalardan turli moddalarni ajratib olish;

– moddalarni aralashmalardan chuqur tozalash;

– suyultirilgan eritmalarni erituvchini muzlatish orqali quyiqlashtirish;

– ma'lum fizik-mexanik xossalarga ega bo'lgan moddalarni olish;

– qattiq jismlar yuzasiga turli qoplamalarni surtish va hokazo.

Kristallanish jarayonini amalga oshirishda turli-tuman uslublardan foydalaniladi. Ularni asosan besh guruhga bo'lish mumkin: erigan qotishmalardan kristallar hosil qilish; eritmalardan kristallar hosil qilish; bug' yoki gaz fazasidan kristallar hosil qilish; qattiq holatdagi kristallanish; moddalarning o'zaro kimyoviy ta'siri paytida kristallar hosil qilish.

Kristallanish jarayonining qonuniyatlari bir qator omillarga bog'liq bo'ladi: aralashma yoki eritma tarkibidagi dastlabki moddaning tarkibi, uning fizik-kimyoviy xossalari, ko'rilayotgan sistema fazalari muvozanat diagrmmasining ko'rinishi, to'yingan eritma hosil qilish usuli, issiqlik berish va uzatish jadalligi, aralashtirish tezligi va boshqalar.

Gaz fazasidan kristallarni hosil qilish desublimatsiya yoki «qattiq fazali» kondensatsiya deb ataladi.

Moddaning bevosita qattiq holatdan gaz holatiga o'tishi sublimatsiya deyiladi. Teskari jarayon, ya'ni moddaning gaz holatidan

qattiq holatga o'tishi esa desublimatsiya deb yuritiladi. Ba'zi adabiyotlarda sublimatsiyani bug'lanish yoki qattiq fazani haydash (qattiq fazani bevosita bug'ga aylantirish) deyiladi, desublimatsiyani esa – qattiq fazali kondensatsiya yoki bug' fazasidan kristallanish deb ataladi.

Sanoatda eritmalar tarkibidan kristallar holatida qattiq fazani hosil qilish va uni ajratib olish jarayoni ko'proq ishlatiladi. Bunday maqsadni amalga oshirishda asosan ikki xil usuldan foydalaniladi: 1) izotermik – bunda bir xil konsentratsiyaga ega bo'lgan (harorat o'zgarmas) eritmani tuyintirish uchun erituvchining bir qismi bug'latiladi; 2) izogidrik – bunda erituvchining massasi o'zgarmagan holatda eritmani to'yintirish uchun erituvchi sovitiladi.

Kristallanish jarayoni eritishning teskarisi hisoblanadi. Ikkala jarayon ham qattiq faza-suyuqlik sistemasida yuz beradi. Kristallanish jarayoni odatda suvli eritmadagi kristallanishi lozim bo'lgan moddaning eruvchanligini kamaytirish orqali, ya'ni uning haroratini o'zgartirish yoki erituvchining bir qismini bug'latish yo'li bilan amalga oshiriladi. Erigan qotishmalardan kristallarni ajratib olish uchun esa ular sovitiladi.

Kristallanish jarayoni eritmadagi qattiq faza eruvchanligining o'zgarishiga asoslangan. Haroratning ortishi bilan moddalarning eruvchanligi ko'payib, ular yaxshi eruvchanlik xususiyatiga ega bo'ladi. Haroratning ortishi bilan ba'zi moddalarning eruvchanligi kamayib ketadi va ular yomon eruvchan moddalar hisoblanadi.

Berilgan haroratda eritmaning qattiq faza bilan muvozanat holatida bo'lishi to'yingan eritma deyiladi. To'yingan eritma tarkibidagi erigan moddaning miqdori eruvchanlik darajasini belgilaydi. Eruvchanlik erigan moddaning va erituvchining xossalariga, haroratga hamda qo'shimcha komponentlarning borligiga bog'liq. To'yingan eritma o'z tarkibida imkoni boricha ko'p miqdorda erigan modda ushlaydi. Bu holatdagi eritma turg'un bo'ladi.

O'ta to'yingan eritma esa o'z tarkibida eruvchanlik xususiyatiga nisbatan ortiqcha miqdorda erigan modda ushlaydi. Shu sababli o'ta to'yingan eritmalar turg'un bo'lmaydi. Bunda eritmalardan ortiqcha erigan moddalar kristall holida ajraladi, so'ngra esa eritma yana to'yingan holatga o'tadi.

Eritmalarning o'ta to'yinish holatiga quyidagi usullar bilan erishish mumkin: 1) ochiq idishda erituvchining bir qismini bug'latish; 2) bug'latish uskunasida qaynayotgan eritmadagi erituvchining bir qismini bug'latish; 3) eritmaga suvni o'ziga tortuvchi moddalarni qo'shish; 4) to'yingan eritmani sovitish.

Kristallanish tezligi bir necha omillarga bog'liq bo'ladi: eritmaning o'ta to'yinishi darajasi, aralashtirish tezligi, eritma tarkibida qo'shimchalarning borligi va hokazo. Ushbu jarayon odatda kristallanish markazlarining paydo bo'lishidan boshlanadi, so'ngra bu markazlar atrofida kristallarning o'sishi yuz beradi. Kristallanish markazlarining paydo bo'lish tezligiga harorat, mexanik kuchlar (masalan, aralashtirish, silkitish), uskuna yuzasining g'adir-budirligi, aralashtirgichning turi, qo'shimcha moddalarning borligi (masalan, sirt-faol moddalar) va boshqa shu kabi omillar ta'sir qiladi.

Kristallanish tezligi doimiy kattalik emas; bu qiymat dastlab kattalashib boradi, so'ngra kamayadi. Haroratning ko'tarilishi bilan kristallarning o'sishi tezlashadi, chunki bunda diffuziya tezlashadi va eritmadagi yangi-yangi molekulalarning qattiq faza tomon siljishi osonlashadi.

Sanoatda kristallanish jarayoni quyidagi bosqichlarda boradi: 1) kristallanish; 2) hosil bo'lgan kristallarni eritmalardan ajratib olish; 3) kristallarni yuvish va quritish.

Kristallanish jarayonlaridan neft moylarini deparafinizatsiya qilishda, oltingugurt, parafin va serezinlar ishlab chiqarishda hamda ksilollarni ajratishda foydalaniladi.

Ayrim holatdarda kristallanish jarayoni kimyoviy reaksiya yordamida amalga oshiriladi. Bunday jarayon adduktiv kristallanish deb yuritiladi. Buning uchun eritmaga shunday reagent qo'shiladiki, u ajralayotgan modda bilan kompleks birikma – addukt hosil qiladi. Hosil bo'lgan kristallsimon kompleks birikma eritmadan ajraladi (masalan, filtrlash yo'li bilan), so'ngra kompleks birikma issiqlik ta'sirida parchalantiriladi, oqibat natijada kerakli mahsulot kompleks hosil qiluvchidan ajratib olinadi.

Kristallanish moddalarni ajratishning boshqa usullariga nisbatan bir qator afzalliklarga ega: 1) energetik xarajatlari past, chunki moddalarning solishtirma suyulish issiqligi ularning bug'lanish solishtirma issiqligiga nisbatan 6–8 marotaba kam bo'ladi; 2) ish haroratlari past; 3) yaqin qaynovchi komponentli va azeotrop aralashmalarni ajratish imkoniyati mavjud; 4) erituvchilarni ishlatishga ehtiyoj yo'q; 5) modda suyultirilgan holatdan kristall holatga o'tganida katta termodinamik ajratish koeffitsiyentiga ega bo'lganligi sababli kristallanish yuqori samaradorlikka ega.

19.2. KRISTALLANISH PAYTIDAGI MUVOZANAT

Moddalarning suyuq erituvchilardagi eruvchanligi ularning kimyoviy tabiatiga, erituvchining xossalariga, harorat va bosimga bog'liq bo'ladi. Sanoatda erituvchilar sifatida ko'pincha suv, organik birikmalar – spirtlar, uglevodorodlar va boshqalar ishlatiladi. Odatda ko'pchilik moddalarning eruvchanligi haroratning ortishi bilan ko'payadi. Harorat pasayganda bunday eritmalar to'yinib, noturg'un muvozanat holatini egallaydi. Bunday holatning davomiyligi muvozanatdan qanchalik uzoqlik darajasi, erigan modda va erituvchining xossalariga bog'liq bo'ladi. Eritmaning nomuvozanat holatdan muvozanat holatiga o'tishida kristallarning ajralishi yuz beradi, ya'ni kristallanish jarayoni hosil bo'ladi. Eritmalarning maksimal to'yinish darajasiga erigan modda va erituvchining xossalari, eritma harorati, sovitish tezligi, qo'shimchalarning borligi, mexanik kuchlarning mavjudligi va boshqa omillar ta'sir qiladi. Shu sababdan eritmalarning maksimal to'yinish qiymati tajriba yo'li bilan yoki taxminiy empirik tenglamalar yordamida aniqlanadi.

Kristallanish paytidagi fazaviy o'zgarishda bosim bilan harorat oralig'idagi bog'liqlik Klapeyron-Klauzius tenglamasi orqali ifoda qilinadi:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{q}{T(V_2 - V_1)}, \qquad (19.1)$$

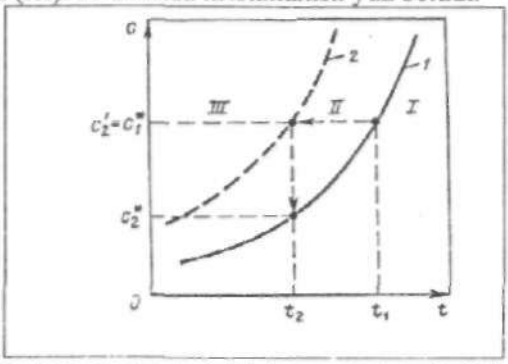
bu yerda, q – suyuq yoki gazsimon holatdan kristallanish issiqligi; V_1 – suyuq yoki gazsimon holatdagi moddaning solishtirma hajmi; V_2 – qattiq holatdagi moddaning solishtirma hajmi.

Odatda $V_1 > V_2$, chunki ko'pchilik moddalarning zichligi qattiq holatga o'tishi paytida ortadi, oqibat natijada ularning solishtirma hajmi kamayadi. Demak, $dP/dT > 0$, ya'ni fazaviy o'zgarishda yuz beradigan bosim R haroratning ko'payishi bilan ortadi.

Binar va ko'p komponentli sistemalardagi muvozanat shartlarini konsentratsiya – harorat koordinatalarida tasvirlangan fazaviy diagrammalar yordamida tahlil qilish juda qulaydir. Toza moddalar uchun bunday bog'liqlar maxsus adabiyotlarda keltirilgan bo'ladi.

19.1-rasmda berilgan moddaning muvozanat va to'yinish konsentratsiyalarining haroratdan bog'liqligi keltirilgan. Ushbu rasmda uchta zonani ajratish mumkin: I zona eritmaning to'yinishigacha bo'lgan holatini (to'yinish chizig'i (1) dan pastda) ifoda qiladi, bu zonada kristallanish yuz bermaydi. Punktir chiziq (2) to'yingan eritmalar

zonasini ikki qismga ajratadi – 1 va 2 chiziqlar oralig'ida joylashgan nisbatan turg'un zona (II) va (2) chiziqning tepasida joylashgan noturg'un zona (III). III zonada kristallanish yuz beradi.



19.1-rasm. Muvozanat va to'yinish konsentratsiyalarining haroratdan bog'liqligi:
I–to'yingan eritma zonasi; II–nisbatan turg'un zona; III–noturg'un zona.

Uchinchi zonadagi konsentratsiyalarga mos kelgan to'yingan eritmalarda tezkorlik bilan (ya'ni deyarli bir zumda) kristallanish yuz beradi. II zonadagi to'yingan eritmalarda ma'lum bir vaqt ichida sezilarli darajada o'zgarishlar yuz bermaydi, faqat eritmada mavjud bo'lgan kristallar kattalashadi. II va III zonalar oralig'idagi chegara shartli bo'lib, u yuqorida aytib o'tilgan bir qator omillarga bog'liq bo'ladi. Agar to'yingan eritma haroratini biroz (t_1 dan t_2 gacha) pasaytirilsa, eritmaning holati $C_1{}^*C_2{}^1$ chizig'i bo'yicha o'zgarib, konsentratsiya $C_2{}^1$ ga yetgunga qadar kristallarning ajralishi yuz beradi. Oqibat natijada eritma konsentratsiya $C_2{}^1C_2{}^*$ chizig'i bo'yicha pasayadi. Bunday eritmalarning kristallanishini sovitish orqali (ya'ni izogidrik usul bilan) amalga oshirish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Agar kristallanishi lozim bo'lgan moddaning eruvchanligiga haroratning ta'siri juda ham kam bo'lsa, bunday eritmadan kristallanish jarayonini amalga oshirishda izogidrik uslubdan foydalanish noma'qul hisoblanadi. Bunday sharoitda erituvchining bir qismini ajratib olish (ya'ni bug'latish yo'li bilan) orqali eritmadan kristallanishni yuzaga chiqarish (boshqacha qilib aytganda, izotermik uslub bilan) maqsadga muvofiq bo'ladi.

Oraliq holatda, ya'ni moddaning eruvchanligi haroratning ko'payishi bilan juda sekinlik bilan ortsa, izogidrik uslubdan ham, izotermik uslubdan ham yoki ularning kombinatsiyasidan ham

foydalanish mumkin. Kristallanishning eng maqbul uslubini faqat tegishli texnik-iqtisodiy hisoblashlar orqaligina aniqlash mumkin.

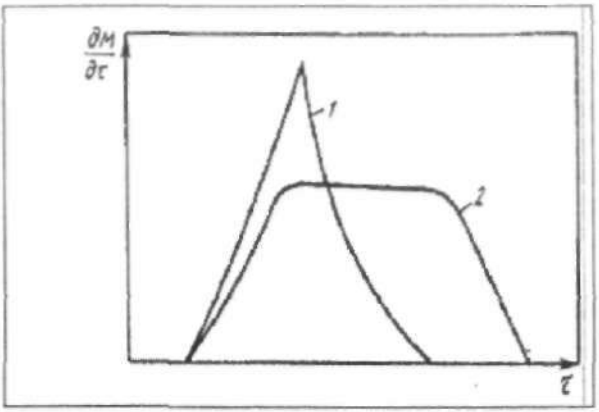
19.3. KRISTALLANISH JARAYONINING TEZLIGI

Kristallanish tezligi eritmaning haroratiga, uning o'ta to'yinish darajasiga, kristall markazlarining paydo bo'lish tezligiga, aralashtirish darajasiga va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Kristallanish markazlari o'ta to'yingan yoki o'ta sovigan eritmalarda o'z-o'zidan hosil bo'ladi. Bunday markazlarning hosil bo'lish tezligini oshirish uchun haroratni ko'paytirish, aralashtirish, silkitish yoki sirt-faol moddalarni qo'shish kerak. Amaliyotda kristallanish markazlarining paydo bo'lishini osonlashtirish uchun uskunaga qo'shimcha kristallsimon moddaning mayda kukuni qo'shiladi.

Kristall kurtaklarining yaxshi o'sishi uchun ular ma'lum o'lchamga ega bo'lishi kerak. Hosil bo'layotgan kurtakning o'lchami ancha kichik bo'lsa qaytadan molekulalarga parchalanib ketadi, agar o'lchami kattaroq bo'lsa, kurtak saqlanib qoladi. Saqlanib qolishi mumkin bo'lgan kristall kurtaklarining o'lchami eritmaning to'yinish darajasiga, haroratga hamda erigan modda va erituvchining xossalariga bog'liq.

Yagona olingan kristallarning hosil bo'lishi quyidagicha boradi: 1) o'ta to'yingan eritmada kristallanish markazi (yoki kurtagi)ning paydo bo'lishi; 2) ushbu kristallanish kurtagi asosida kristallning o'sishi. Kristall to'g'ri panjara sifatidagi fazaviy tuzilishiga ega bo'lib panjaraning tugunlarida kristallarning tarkibiga kirgan ionlar, atomlar yoki molekulalar joylashgan bo'ladi. Suvning molekulasi ko'pincha qattiq kristallning tarkibiga kirgan bo'ladi, bunday kristallarni kristollogidrat deb ataladi. Kristall panjaralari simmetriyasining 32 ta ko'rinishi mavjud bo'lib, ular 7 guruhga bo'linadi. Bu guruhlar bir yoki bir necha o'xshash simmetriya elementlaridan iborat bo'ladi: 1) uch ponali; 2) ko'p ponali; 3) rombik; 4) trigonal; 5) tetragonal; 6) geksagonal va 7) kubik.

19.2-rasmda kristallanish tezligining vaqtdan bog'liqligi ko'rsatilgan. Grafikdan ko'rinib turibdiki, o'ta tuyinish darajasi katta bo'lgan paytda kristallanish tezligi keskin o'zgaradi. Eritmalarning to'yinish darajasi ortishi bilan kristallarning o'sishiga nisbatan, kristallanish markazlarining paydo bo'lishi tezroq boradi. Oqibat natijada mayda kristallar hosil bo'ladi. Yirik kristalli mahsulot olish uchun eritmani to'yintirishni sekin-asta pasaytirish zarur.



19.2-rasm. Kristallanish tezligining vaqtdan bog'liqligi: 1–eritmaning to'yinish darajasi nisbatan katta bo'lganda; 2–o'ta to'yinish darajasi kichik bo'lganda.

Kristallanish jarayonining mexanizmini quyidagicha tushuntirish mumkin. O'ta to'yingan eritmada, eng avvalo, kristallanish markazlari hosil bo'ladi. So'ngra kristallarning o'sishi yuz beradi. Kristallarning yuzasida juda kichik qalinlikka ega bo'lgan chegara qatlam hosil bo'ladi. Kristallanishi lozim bo'lgan modda eritmadan chegara qatlam orqali kristall kurtagining yuzasiga va so'ngra uning tarkibiga o'tadi, natijada kristall qirralarining o'sishi yuz beradi. Bunda kristall atrofidagi qatlamda konsentratsiyaning kamayishi yuz beradi, o'ta to'yingan eritma to'yingan holatga o'tadi. Chegara qatlam juda yupqa bo'lib, unda modda molekular diffuziya orqali tarqaladi, shu sababdan bu qatlam kristallanayotgan moddaning to'yingan eritmadan kristallning yuzasiga o'tish uchun asosiy qarshilikni ko'rsatadi. Umuman olganda, kristallanish jarayoni ikki bosqichdan iborat: 1) molekular bosqich – kristallanishi lozim moddaning to'yingan eritmadan chegara qatlam orqali kristallarning yuzasiga o'tishi; 2) kinetik bosqich – modda molekulalarining kristallarning kristall panjarasi tarkibiga kirishi.

Birinchi diffuziya bosqichidagi modda almashinishni quyidagi tenglama orqali ifodalash mumkin:

$$M = \frac{D}{r}(C - C_1) \quad , \qquad (19.2)$$

bu yerda, M – o'ta to'yingan eritmaning asosiy massasidan chegara qatlam orqali kristallarning 1 m^2 yuzasiga 1 s davomida o'tgan

moddaning miqdori, kg/m^2·s; D – diffuziya koeffitsiyenti, m^2/s; r – o'sayotgan kristallarni qoplab turgan diffuzion chegara qatlamining qalinligi, m; $(C - C_1)$ – konsentratsiyalar ayirmasi, kg/m^3; C – o'ta to'yingan eritmaning konsentratsiyasi, kg/m^3; C_1 – o'ta to'yingan eritma va chegara qatlamdagi to'yingan eritma konsentratsiyalari (C va C_m) o'rtasidagi oraliq konsentratsiya, kg/m^3.

Ikkinchi kinetik bosqichdagi kristallarning kristall panjarasi tarkibiga kirib joylashgan moddaning miqdori quyidagi tenglama bilan aniqlanishi mumkin:

$$M = K (C_1 - C_m)^2 , \qquad (19.3)$$

bu yerda, C_m – chegara qatlamidagi to'yingan eritmaning konsentratsiyasi, kg/m^3; K – fazaviy o'zgarish tezligining doimiyligi, m^4/s·kg.

Oxirgi ikkita tenglamalarda M va S_1 noma'lum. Bulardan S_1 ni qisqartib, P.M. Silinning quyidagi tenglamasiga erishamiz:

$$V = \frac{D}{r}\left\{(C - C_m) + \frac{D}{2rK} - \sqrt{\frac{D}{rK}\left[(C - C_m) + \frac{D}{4rK}\right]}\right\} . \qquad (19.4)$$

Diffuziya koeffitsiyentining qiymati D absolyut harorat T va muhitning qovushoqligi μ larga bog'liq bo'ladi. D ning qiymati Eynshteynning tenglamasiga asosan topiladi:

$$D = \frac{KT}{\mu} . \qquad (19.5)$$

Yuqori qovushoqlikka ega bo'lgan eritmalarning kristallanishida D ning qiymati juda ham kichik bo'ladi. Bunda $\frac{D}{rK}$ nisbatining qiymati nolga yaqinlashadi. Agar ushbu qiymatni (19.4) tenglamaga qo'yilsa, eritmadan chegara qatlamga o'tgan moddaning miqdorini aniqlaydigan tenglamaga erishiladi:

$$M = \frac{D}{r}(C - C_m). \qquad (19.6)$$

(19.6) tenglamadagi D ning o'rniga uning (17.5) tenglamadagi qiymati bilan almashtirib, quyidagi tenglamani olamiz:

$$M = \frac{KT}{r\mu}(C - C_m). \qquad (19.7)$$

Yuqoridagi tenglamalarda M ning o'lchov birligi kg/m^2·s.

Umuman olganda, eritmadan chegara qatlamga o'tgan moddaning miqdori M ni (kg hisobida) quyidagi tenglama orqali aniqlash mumkin:

$$M = \frac{KT(C - C_m)F\tau}{r\mu}. \qquad (19.8)$$

bu yerda, F – kristallarning yuzasi, m^2; τ – jarayonning vaqti, s; μ – muhitning qovushoqligi, Pa·s; T – eritmaning absolyut harorati, K.

(19.8) tenglamadan tahlil qilib, quyidagi xulosalarga erishish mumkin:

1. Kristallanish yuzasi qancha ko'p bo'lsa, vaqt birligi ichida eritmadan qattiq fazaga shuncha ko'p modda o'tadi. Kristallar qancha kichik bo'lsa, ularning massa birligiga to'g'ri kelgan yuzasi shuncha ko'p bo'ladi. Shu sababdan kristallarning o'lchami kichik bo'lganda qattiq fazaning massasi ortib boradi.

2. Kristallanishning tezligiga eritmaning harorati katta ta'sir ko'rsatadi. Haroratlarning ortishi bilan eritmaning qovushoqligi va diffuzion chegara qatlamning qalinligi kamayadi, oqibat natijada kristallanish tezligi ortadi.

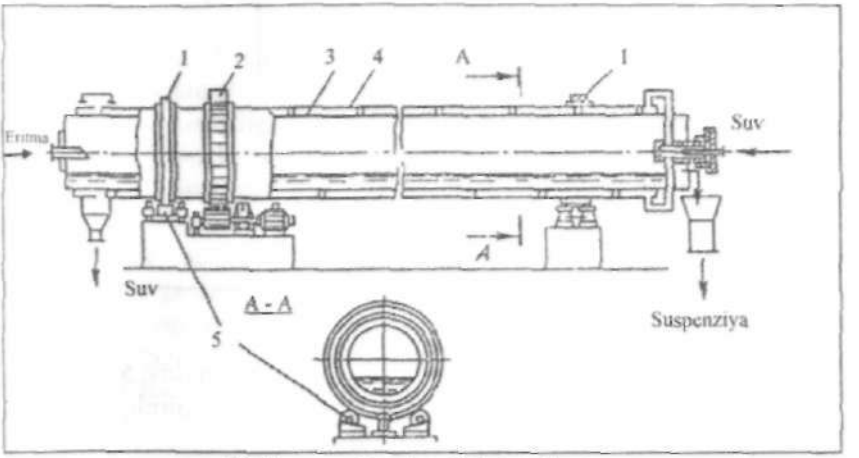
3. Jarayonning harakatlantiruvchi kuchi ($C - C_m$) ham kristallanish tezligiga ancha ta'sir ko'rsatadi. C va C_m konsentratsiyalari o'rtasidagi ayirma qancha katta bo'lsa, kristallanish jarayoni shuncha tez boradi. Biroq eritmaning o'ta to'yinish koeffitsiyenti ancha katta bo'lsa, yangi kristallanish markazlari paydo bo'ladi, bunday holat maqsadga muvofiq bo'lmaydi.

4. Agar kristallanish aralashtirib turilsa, jarayonning tezligi ortadi, chunki bunday sharoitda diffuzion chegara qatlamning qalinligi r kamayadi.

19.4. KRISTALLIZATORLARNING TUZILISHI

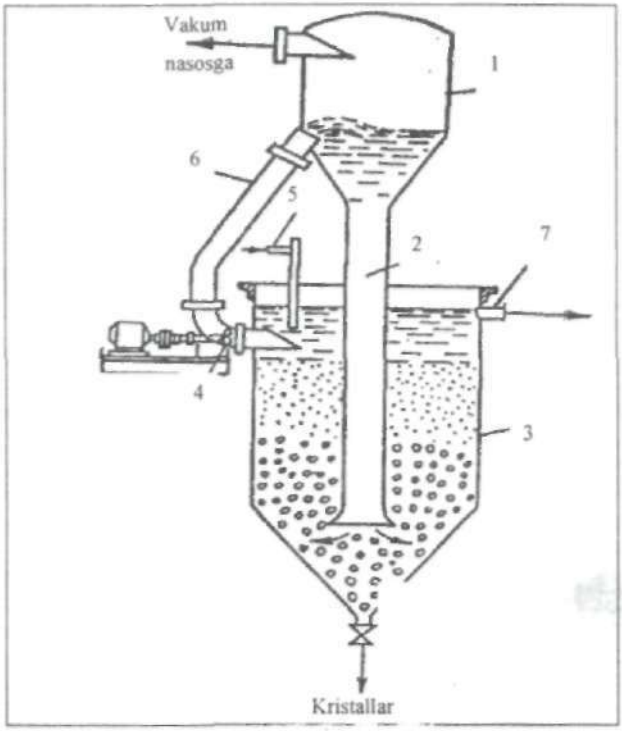
Sanoatda kristallanish jarayonini amalga oshirish uchun turli uskunalar ishlatiladi. Bunday uskunalar davriy yoki uzluksiz ishlashi mumkin. Ishlash prinsipiga ko'ra kristallizatorlar bir necha turga bo'linadi: 1) erituvchining bir qismini bug'latish yo'li bilan ishlaydigan kristallizatorlar; 2) eritmani sovitish bilan ishlaydigan kristallizatorlar; 3) sovituvchi moslamasi bo'lmagan vakuum-kristallizatorlar; 4) mavhum qaynash qatlamli kristallizatorlar; 5) diskli kristallizatorlar; 6) kontaktli kristallizatorlar; 7) kolonnali kristallizatorlar; 8) ko'p pog'onali vakuum-kristallizatorlar va boshqalar.

Barabanli kristallizator. 19.3-rasmda suv bilan sovitiladigan barabanli kristallizatorning sxemasi berilgan. Bunday kristallizator sanoatda eng ko'p tarqalgan bo'lib, g'ilof (4) bilan ta'minlangan silindrsimon qobiq (3) dan iborat. Baraban bandajlar (1), tayanch g'ildirakchalari (5) va tojli shesternya (2) yordamida aylanma harakatga keladi. G'ilofga sovitish uchun suv yoki havo beriladi. Eritma va sovituvchi suv qarama-qarshi yo'nalish bo'ylab harakat qilishadi. Barabanli kristallizatorning diametri 1,5 m va uzunligi 15 m gacha bo'lganda uning qiyaligi 1:100 yoki 1:200, aylanish soni esa 10÷20 ayl/min bo'ladi. Bunday uskuna yordamida mayda kristall cho'kma olish mumkin. Kamchiligi – barabanning ichki yuzasiga kristallar yopishib qoladi.



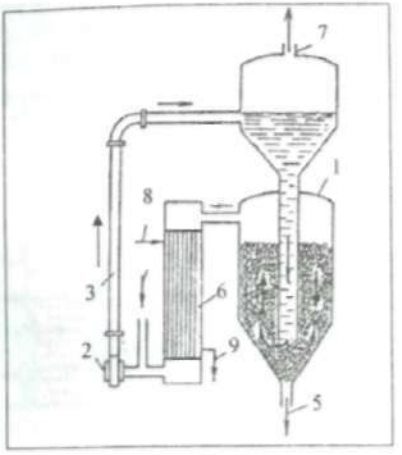
19.3-rasm. Barabanli kristalizator:
1–bandajlar; 2–tojli shesternya; 3–qobiq; 4–g'ilof; 5–tayanch g'ildirakchalari.

Vakuum-kristalizator. Qisman bug'latish uchun eritma bug'latish kamerasiga yuboriladi. Bug'latgichda vakuum-nasos va kondensator yordamida vakuum (bo'shliq) hosil qilinadi (19.4-rasm). Bug'latgichda eritma barometrik quvur orqali yig'gichga o'tadi. Hosil bo'lgan suv bug'lari vakuum-nasos orqali tortib olinadi. Cho'kmaga tushgan kristallar yig'gichning pastki qismidan tashqariga chiqariladi. Kristallardan ajralgan eritma yig'gichning yuqorigi qismidan uzatiladi. Vakuum-kristallizatorlarda mayda o'lchamli kristallar olinadi. Bunday uskunalar uzluksiz ravishda ishlaydi.



19.4-rasm. Vakuum-kristallizator:
1–bug'latgich; 2–barometrik quvur; 3–yig'gich; 4–nasos; 5–eritma beruvchi quvur; 6–sirkulatsiya quvuri; 7–kristallardan ajralgan eritma chiqadigan patrubka.

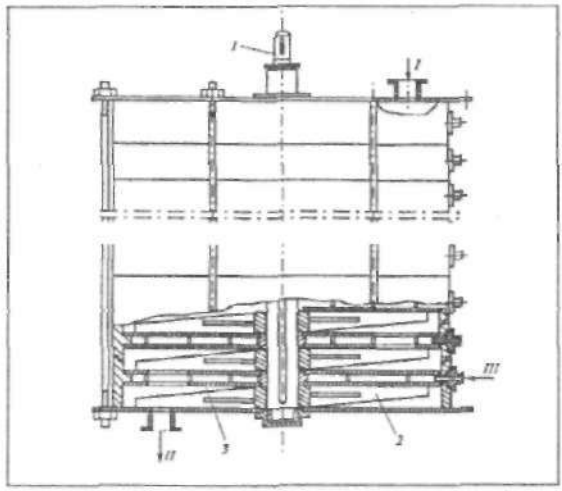
Mavhum qaynash qatlamli kristallizator. Bunday kristallizatorlar katta o'lchamli va bir xil shakldagi kristallar olish uchun ishlatiladi. Mavhum qaynash qatlamli kristallizatorlarda kristallanish jarayoni eritma bir qismining bug'latilishi yoki eritmaning sovitilishi bilan olib boriladi. Mavhum qaynash qatlamli bug'latuvchi kristallizatorning tuzilishi 19.5-rasmda ko'rsatilgan. Bu uskuna qobiq quvurli sovitgich va sirkulatsiya qiluvchi nasosdan iborat. Uzluksiz so'riluvchi quvur orqali berilayotgan eritma qisman kristallardan ajralgan suyuqlik oqimi bilan aralashadi. Bu oqimning miqdori dastlabki berilayotgan eritmaning miqdoriga nisbatan bir necha marta ko'p bo'lganligi uchun aralashgan eritmaning konsentratsiyasi va harorati kam o'zgaradi.



19.5-rasm. Mavhum qaynash qatlamli kristallizator:
1–uskunaning qobig'i; 2–sirkulatsion nasos; 3–uzatuvchi quvur;
4–eritma beriladigan patrubka; 5–kristall mahsulot chiqadigan patrubka;
6–bug'latkich; 7–ikkilamchi bug'lar chiqadigan patrubka; 8–isituvchi
bug' patrubkasi; 9–kondensat chiqadigan patrubka.

Shu sababli sirkulatsiyali nasos orqali aralashgan eritmani sovitgichga uzatib sovitilganda, eritma kamroq to'yinadi. So'ngra eritma uskunaning pastki qismiga berilib, kelayotgan issiqlik oqimi bilan uskunadagi kristallar qaynab, to'yingan eritma hisobiga kristallar kattalashadi. O'z tarkibida juda mayda kristallarni ushlagan, qisman kristallardan ajralgan suyuqlik qoldig'i uzluksiz so'ruvchi quvurga tushib, berilayotgan eritma bilan aralashib yana nasos orqali uzatiladi va sikl qaytadan takrorlanadi. Hosil bo'lgan kristall mahsulotlari uskunaning pastki qismidan ajratib olinadi. Sovitgichga kirayotgan va chiqayotgan suyuqlikning kerakli haroratini hosil qilish maqsadida qo'shimcha sirkulatsiya konturidan foydalaniladi.

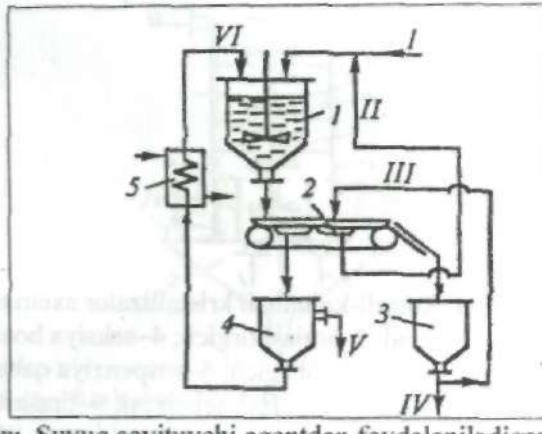
Diskli kristallizator. Uzluksiz ishlaydigan kristallizatorlar qatoriga vertikal va gorizontal diskli kristallizatorni ham kiritish mumkin. 19.6-rasmda vertikal diskli kristallizatorning sxemasi keltirilgan. Ushbu kristallizator ichi bo'sh disklar (3) dan iborat bo'lib, ularning halqasimon kanallari bo'ylab sovituvchi agent harakat qiladi. Disklar tortib turuvchi boltlar yordamida bitta paketga jamlangan bo'lib, ularda kristallanayotgan aralashmaning oqib o'tishi uchun teshiklar mavjud.



19.6-rasm. Diskli kristallizator sxemasi:
1–val; 2–kurakcha; 3–disklar; I–dastlabki aralashma; II–suspenziya; III–sovituvchi agent.

Har bir diskda sovituvchi agentning kirishi va chiqishi uchun ikkitadan shtuser bor. Disklarning markaziy teshiklariga val (1) joylashtirilgan. Sovituvchi yuzalarni tozalash va kristallizatni aralashtirish uchun valga kurakchalar (2) biriktirilgan. Dastlabki eritma I yuqoridagi ta'minlovchi shtuser orqali disklar oralig'idagi bo'shliqqa beriladi, u barcha disklar oralig'idagi bo'shliqlar orqali o'tib so'ngra suspenziya II holatida pastki shtuser orqali uskunadan tashqariga chiqaziladi. Sovituvchi agent III odatda uskunaga sovitilayotgan aralashmaga nisbatan qarama-qarshi yo'nalishda yuboriladi. Kontaktli kristallizator. Eritmaning sovituvchi agent bilan o'zaro kontaktiga asoslangan kristallanish jarayoni bir qator afzalliklarga ega: fazalar orasidagi kontakt yuzaning ko'pligi va ularning katta tezlik bilan aralashtirilishi oqibatida issiqlik va modda almashinish jarayonlari yuqori jadallik bilan amalga oshadi; kristallanayotgan eritma va sovituvchi agent haroratlari o'rtasidagi farq kichik qiymatga (0,5–2^0C) ega bo'lganda ham kristallanish jarayoni yuz beradi: kristallizatorlarda issiqlik almashinish yuzalarining bo'lmasligi sababli ularning tuzilishlari juda ixcham bo'ladi. Ushbu jarayon kamchiliklardan ham xoli emas: ajralayotgan mahsulotlar sovituvchi agentning ta'sirida ifloslanishi mumkin; ishlatilgan sovituvchi agentni tayyor mahsulotlardan ajratib olish bilan bog'liq bo'lgan yangi jarayon paydo bo'ladi. Kontaktli

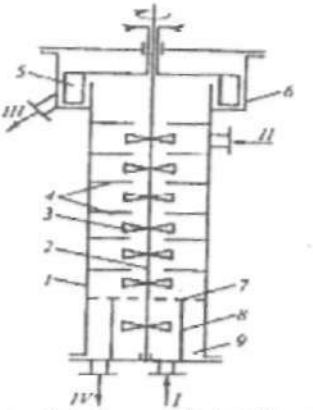
kristallanishni davriy va uzluksiz ravishda olib borish mumkin. 19.7-rasmda suyuq sovituvchi agentni ishlatishga mo'ljallangan uzluksiz kontaktli kristallanish qurilmasining sxemasi berilgan. Bu yerda dastlabki aralashma I va sovituvchi agent VI uzluksiz ravishda kristallizator (1) ga beriladi va hosil bo'lgan suspenziya ham uzluksiz ravishda uskunadan tashqariga chiqarib turiladi. Suspenziya filtr (2) ga yuboriladi, u yerda ajralgan kristallar yuviladi va yig'gich (3) ga tushiriladi. Yig'gichda kristallar suyultiriladi. Suyulgan mahsulotning bir qismi yuqori haroratda eriydigan tayyor mahsulot sifatida ajratib olinadi, qolgan qismi esa kristallarni yuvish uchun ishlatiladi. Yuvindi suyuqlik (fraksiya II) ning tarkibida odatda ma'lum miqdorda yuqori haroratda eriydigan komponent bo'ladi, shu sababdan uni dastlabki aralashmaga qo'shiladi. Filtrat tindirgich (4) da ikki qatlamga ajraladi, yuqorigi qatlamdan ona suyuqlik past haroratda eriydigan mahsulot sifatida ajratib olinadi, pastki qatlamdan ajratib olingan sovituvchi agent issiqlik almashgich (5) da sovitilgandan so'ng kristallizatorga yuboriladi.



19.7-rasm. Suyuq sovituvchi agentdan foydalaniladigan uzluksiz kontaktli kristallanish qurilmasining sxemasi:
1–kristallizator; 2–filtr; 3–kristall mahsulot yig'gichi; 4–cho'ktirgich; 5–issiqlik almashgich; I–dastlabki suyultirilgan qotishma; II–yuvitishdan keyingi fraksiya; III–yuvitishga yuborilayotgan suyultirilgan qotishma; IV–ona suyuqlik; V–sovituvchi agent.

Kolonnali kristallizatorlar. Uzluksiz kontaktli kristallanish jarayonini amalga oshirishda kolonna rusumidagi uskunalar ham keng ishlatiladi. Bunday uskunalarda kristallanayotgan aralashma va

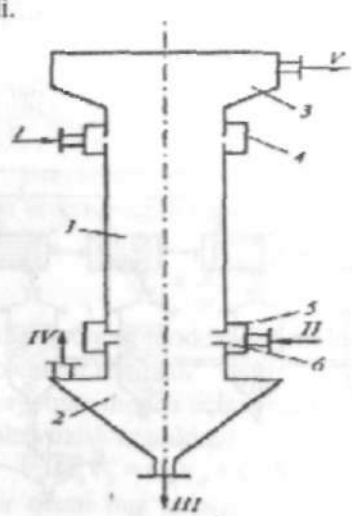
sovituvchi agent qarama-qarshi yo'nalishda harakat qilishadi. Bunday kristallizatorlar suyuqliklarni ekstraksiya qilishga mo'ljallangan uskunalarga o'xshaydi. 19.8 va 19.9-rasmlarda rotorli va eritma sochib beriladigan kristallizatorlarning sxemalari keltirilgan. Rotorli - kolonnali uskunada kristallanish jarayoni dispers fazada amalga oshiriladi. Bunda kristallanishga uchrayotgan aralashma sovituvchi agentga nisbatan ancha kichik zichlikka ega. Uskunaning vali (2) ga parrakli aralashtirgichlar biriktirilgan. Fazalarning o'q bo'ylab aralashishini kamaytirish uchun uskuna balandligi bo'yicha halqasimon to'siqlar (4) yordamida bir necha seksiyalarga ajratilgan. Kristallizatorning pastki qismida emulgatsiyalash (8) va tindirish (9) seksiyalari mavjud, uskunaning yuqorigi qismida esa kristalli suspenziya uchun yig'gich (6) joylashtirilgan.



19.8-rasm. Rotorli-kolonnali kristallizator sxemasi:
1–uskuna qobig'i; 2–val; 3–aralashtirgich; 4–seksiya hosil qiluvchi to'siqlar; 5–kurakchali aralashtirgich; 6–suspenziya qabul qilgich; 7–elaksimon to'siq; 8–emulgatsiyalash seksiyasi; 9–tindirish seksiyasi: I–dastlabki aralashma; II–dastlabki sovituvchi agent; III–kristalli suspenziya; IV–ishlatilgan sovituvchi agent.

Dastlabki aralashma I uskunaning pastki qismiga beriladi va mayda zarrachalarga ajralgan holatda yuqoriga ko'tariladi. Sovituvchi agent II yuqorigi seksiyalarning biriga beriladi va kristallanayotgan aralashmaga nisbatan qarama-qarshi yo'nalishda harakat qiladi. Aralashtirgichi bo'lmagan eng yuqori seksiyada kristalli suspenziya III sovituvchi agentdan ajralib yig'gich (6) ga tushadi, undan so'ng filtrlashga yuboriladi.

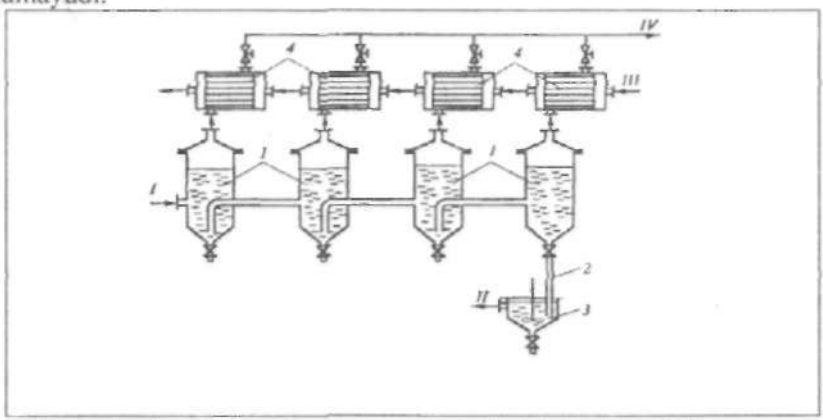
19.9-rasmda ko'rsatilgan kolonnali uskunada kristallanish jarayoni yaxlit fazada yuz beradi. Dastlabki eritma I uskunaga yuqorigi kollektor (4) orqali beriladi, kristalli eritmaga nisbatan ancha yengil bo'lgan sovituvchi agent II esa kristallizatorga pastki kollektor (5) yordamida yuboriladi. Sovituvchi agent qiya naycha (soplo) (6) orqali o'tib, mayda zarrachalarga ajraladi va kristallanish holatida pastga tushayotgan aralashmaga nisbatan qarama-qarshi harakat qiladi. Quyiltirish seksiyasi (2) da ona eritma tindiriladi. Quyiltirilgan suspenziya III pulsatsiya qiladigan klapan bilan jihozlangan pastki shtuser orqali uskunadan tashqariga chiqariladi, tindirilgan ona eritma IV esa quyiltirish seksiyasining yuqorigi qismidan tashqariga uzatiladi. Ishlatilgan sovituvchi agentning tomchilari tindirish seksiyasi (3) da yig'iladi, u yerda tomchilar birlashib yaxlit oqim V hosil qiladi va uskunadan tashqariga chiqariladi.



19.9-rasm. Aralashma sochib beriluvchi kristallizator sxemasi: 1–qarama-qarshi yo'nalishdagi kontaktli seksiya; 2–suspenziyani quyiqlashtiruvchi seksiya; 3–sovituvchi agentni tindirish seksiyasi; 4–dastlabki aralashmaning kirishi uchun kollektor; 5–sovituvchi agentning kirishi uchun kollektor; 6–qiya naycha; I–dastlabki aralashma; II–dastlabki sovituvchi agent; III–quyiqlashgan suspenziya; IV–tindirilgan ona eritma; V–ishlatilgan sovituvchi agent.

Ko'p korpusli vakuum-kristallizator. Sanoatda ko'p miqdordagi kristallarni olish uchun ko'p korpusli vakuum-kristallanish qurilmalari

keng ishlatiladi. Bunda bir necha uskuna ketma-ket ulanib, vakuumning miqdori uskunaning soniga qarab asta-sekin oshib boradi. Korpuslardagi bosim esa birinchisidan oxiriga qarab ortib boradi (19.10-rasm). Har qaysi uskuna uchun ikkilamchi bug'larni kondensatsiyalashga alohida yuzali kondensatorlar o'rnatiladi. Kondensatorlar sovituvchi suvning oqim yo'nalishiga qarab ketma-ket ulanadi. Dastlabki qizdirilgan eritma I birinchi korpusga beriladi, u yerda eritma qaynaydi va o'z-o'zidan bug'lanishi natijasida ushbu korpusdagi qoldiq bosimga mos kelgan haroratgacha soviydi. Hosil bo'lgan suspenziya korpuslardagi bosimlar farqi ta'sirida ikkinchi korpusga oqib o'tadi, u yerda yana qisman bug'lanadi va boshqa barcha jarayonlar davom etadi. Hosil bo'lgan kristallizat oxirgi korpusdan barometrik quvur (2) va gidravlik zatvor (3) orqali tashqariga chiqariladi. Bug'larni kondensatsiyalash sovuq suv III yordamida amalga oshiriladi. Sovuq suv ketma-ket barcha kondensatorlar orqali o'tadi. Ayrim holatlarda hosil bo'lgan bug'lar yordamida dastlabki eritma isitiladi. Natijada kristallanish jarayoni uchun sarflanayotgan energiya va sovituvchi suvning sarflari sezilarli darajada kamayadi.



19.10-rasm. Ko'p korpusli vakuum-kristallanish qurilmasining sxemasi: 1–kristallizatorlar(korpuslar); 2–barometrik quvur; 3–gidravlik zatvor; 4–kondesatorlar; I–dastlabki eritma; II–kristallizat; III–sovituvchi suv; IV–kondensat.

Sanoatda ishlatiladigan ko'p korpusli vakuum-kristallanish qurilmalarida korpuslarning soni 3 tadan 24 gacha, har bir pog'onadagi haroratlar farqi 4–5^{0}C, kristallarning o'lchami esa 0,2–0,25 mm bo'lishi mumkin.

Umuman olganda, vakuum-kristallizatorlar bir qator afzalliklarga ega: ularning ish unumdorligi katta; uskunaning barcha ish hajmida eritmaning bir me'yorda to'yinishi yuz beradi; uskuna ichki yuzalarining ifloslanish ehtimoli juda kam; uskunani xohlagan konstruksion materialdan tayyorlasa bo'ladi.

19.5. KRISTALLIZATORLARNI HISOBLASH

Kristallizatorlarning moddiy balansi. Buning uchun quyidagi kattaliklarni qabul qilamiz: G_b – dastlabki eritmaning miqdori, kg; G_{kr} – kristallarning miqdori, kg; G_q – qoldiq eritmaning miqdori, kg; W – bug'lanish paytidagi ajralgan erituvchining miqdori, kg. Davriy ishlaydigan kristallizatorlar uchun jarayonning oxirida moddiy balans tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$G_b = G_q + G_{kr} + W . \qquad (19.9)$$

Kristallanayotgan moddaning tarkibini massaviy ulushlarda qabul qilamiz: B_b – dastlabki eritmada; V_q – qoldiq eritmada; V_{kr} – kristallarda. Agar modda suvsiz shaklda kristallanayotgan bo'lsa, bunda $V_{kr}=1$. Kristallanish jarayonida kristallogidrat hosil bo'lsa (ya'ni kristallarning tarkibiga erituvchining molekulalari ham kirib joylashsa), u holatda:

$$V_{kr} = \frac{M}{M_{kr}} , \qquad (19.10)$$

bu yerda, M – kristallanayotgan moddaning molekular massasi; M_{kr} – kristallogidratning molekular massasi.

Suvsiz kristallanayotgan modda uchun moddiy balans tenglamasini boshqa ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$G_b V_b = G_q V_q + G_{kr} V_{kr} . \qquad (19.11)$$

Erituvchining bir qismi bug'latilmaydigan kristallizatorlar uchun moddiy balans tenglamasi tuzilganda, (19.9) tenglamadagi W=0. Bunday sharoitda, agar G_b, V_b, V_q va V_{kr} lar ma'lum bo'lsa, G_q va G_{kr} larning qiymatlari topilishi mumkin. Buning uchun (19.9) va (19.11) tenglamalar yechilishi zarur.

Agar erituvchining bir qismi ajratib olinishi lozim bo'lganda, avvalo bug'lanishi kerak bo'lgan erituvchining miqdori W qabul qilinadi. Erituvchining bir qismi ajratilgandan so'ng eritmadagi kristallanayotgan komponentning oxirgi konsentratsiyasi V_0 ma'lum bo'lganda, W ning miqdorini quyidagi tenglama orqali aniqlansa bo'ladi:

$$W = G_s\left(1 - \frac{B_0}{B_{ep}}\right). \qquad (19.12)$$

Kristallizatorlarning issiqlik balansi. Eritma sovitiladigan va eruvchining bir qismi bug'lanadigan kristallanish jarayoni uchun issiqlik balansini tuzamiz.

Issiqlikning kirishi (Bm): dastlabki eritma bilan $G_bC_bt_b$, bu yerda C_b – boshlang'ich eritmaning issiqlik sig'imi, J/kg·K, t_b – uning harorati, ^0C; kristallanish paytida ajraladi $G_{kr}q_{kr}$, bu yerda q_{kr} – kristallanish issiqligi, J/kg.

Issiqlikning sarfi (Bm): qoldiq eritma bilan $G_qC_qt_q$, bu yerda C_q – qoldiq eritmaning issiqlik sig'imi, J/kg·K, t_q – uning harorati, ^0C; kristall modda bilan $G_{kr}C_{kr}t_{kr}$, bu yerda C_{kr} – kristallarning issiqlik sig'imi, J/kg·K, t_{kr} – kristallarning harorati, u qoldiq eritmaning haroratiga teng ($t_{kr} = t_q$); bug'langan eritma bilan Wi, bu yerda i – erituvchi bug'larning entalpiyasi, J/kg; sovituvchi agent bilan G_cC_c ($t_0 - t_b$), bu yerda G_s – sovituvchi agentning miqdori, kg/s, C_s – sovituvchi agentning issiqlik sig'imi, J/kg·K, t_b va t_0 – sovituvchi agentning boshlang'ich va oxirgi haroratlari, ^0C; atrof-muhitga yo'qolishi Q_y.

Issiqlikning kirishi va uning sarfini bir-biriga tenglab, quyidagi issiqlik balansi tenglamasini yozamiz:

$$G_bC_bt_b + G_{kr}q_{kr} = G_qC_qt_q + G_{kr}C_{kr}t_{kr} + Wi + G_cC_c(t_0 - t_b) + Q_y. \qquad (19.13)$$

Ushbu tenglama yordamida bug'lanish yo'li bilan ajratib olinadigan erituvchining miqdori W (kg/s) yoki eritmaning haroratini tegishli qiymatgacha sovitish uchun zarur bo'lgan sovituvchi agentning miqdori G_c (kg/s) aniqlanadi.

Kristallizatorning issiqlik almashinish yuzalari 8-bobda keltirilgan tenglamalar asosida topiladi. So'ngra kristallizatorning asosiy o'lchamlari (diametri, balandligi, hajmi) aniqlanadi.

Tayanch so'z va iboralar

Kristallanish, sublimatsiya, desorbsiya, izotermik va izogidrik uslublar, dastlabki eritma, to'yingan eritma, o'ta to'yingan eritma, kristallanish markazlari, turg'un eritma, noturg'un eritma, adduktiv kristallanish, kompleks birikma – addukt, eritmaning nomuvozanat va muvozanat holatlari, Klapeyron-Klauzius tenglamasi, kristallanish issiqligi, moddaning solishtirma hajmi, fazaviy o'zgarishida yuz

beradigan bosim, binar va ko'p komponentli sistemalar, kristallanish tezligi, kristallarning hosil bo'lish mexanizmi, kristallanishning molekular va kinetik bosqichlari, diffuziya koeffitsiyenti, o'sayotgan kristallarni qoplab turgan diffuzion chegara qatlamning qalinligi, konsentratsiyalar ayirmasi, o'ta to'yingan eritmaning konsentratsiyasi, chegara qatlamdagi to'yingan eritmaning konsentratsiyasi, fazaviy o'zgarish tezligining doimiyligi, P.M. Silin tenglamasi, kristallarning yuzasi, muhitning qovushoqligi, eritmaning absolyut harorati, kristallizatorlarning tuzilishi, barabanli kristalizator, vakuum-kristallizator, mavhum qaynash qatlamli kristallizator, diskli kristallizator, kontaktli kristallizator, kolonnali kristallizatorlar, ko'p korpusli vakuum-kristallizator, kristallizatorlarning moddiy balansi, kristallizatorlarning issiqlik balansi.

Mustaqil ishlash uchun savollar

19.1. Kristallanish jarayonining mohiyati va uning sanoatdagi roli. Kristallanish va eritish jarayonlari o'rtasida qanday umumiylik va farq bor?

19.2. Sanoatda kristallanish jarayoni qanday vazifalarni hal qilish uchun qo'llaniladi?

19.3. Kristallanish jarayonlaridan neftni qayta ishlash sanoatining qaysi mahsulotlarini ishlab chiqarishda foydalaniladi?

19.4. Seksiya va desublimatsiyaning mohiyati. Ushbu jarayonlar o'rtasida qanday umumiy bog'liqlik mavjud?

19.5. Kristallanish paytidagi muvozanat. Klapeyron-Klauzius tenglamasi qanday ifoda qilinadi?

19.6. Kristallanishning tezligi qaysi omillarga bog'liq bo'ladi? Kristallanish markazlarining paydo bo'lishi va o'sishi uchun qanday shart-sharoitlar yaratilishi zarur?

19.7. Kristallanish jarayoni necha bosqichdan iborat? Bu bosqichlardagi modda almashinishini tenglamalar orqali ifodalash mumkinmi?

19.8. Kristallizatorlarning turlari. Sanoatda qaysi kristallizator eng ko'p tarqalgan?

19.9. Vakuum-kristallizatorlarning tuzilishi. Kristallanish jarayonida vakuumdan foydalanish qanday afzallik yaratadi?

19.10. Barabanli kristallizatorlar. Ushbu uskunalarning afzallik va kamchilik tomonlarini qanday izohlash mumkin?

19.11. Mavhum qaynash qatlamli kristallizatorning ishlash prinsipi. Ushbu uskunaning afzalligi nimadan iborat?

19.12. Diskli va kontaktli kristallizatorlar o'rtasida qanday umumiy va xususiy tomonlari mavjud?

19.13. Kristallanish jarayonlarini amalga oshirishda qaysi turdagi uzluksiz kolonnali uskunalar ko'proq ishlatiladi?

19.14. Ko'p pog'onali vakuum-kristalizator. Ishlash prinsipi. Ushbu qurilmaning afzallik tomonlari nimalardan iborat?

19.15. Kristallizatorlarni hisoblashdan asosiy maqsad nimadan iborat? Bunday uskunalarning material va issiqlik balanslari qanday tuziladi?

BESHINCHI QISM. NEFTKIMYOVIY JARAYONLAR

XX bob. NEFTKIMYOVIY JARAYONLARNING NAZARIY ASOSLARI

20.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR

Neftni qayta ishlash va neft kimyosi sanoatida bir qator muhim neft mahsulotlarini olish va ularning sifatini yaxshilash uchun turli kimyoviy jarayonlardan foydalaniladi. Kimyoviy jarayonlarni qo'llash orqali neftni chuqurroq qayta ishlashga erishiladi va dastlabki neftning tarkibidagiga nisbatan 1,5–2 barobar ko'proq tiniq neft mahsulotlarini olish imkoniyati paydo bo'ladi.

Kimyoviy jarayonlar yordamida neftkimyoviy ishlab chiqarishlar uchun turli xomashyolar, jumladan, to'yinmagan uglevodorodlar (etilen, propilen, butilenlar, butadien) va aromatik uglevodorodlar (benzol, toluol, etilbenzol, ksilollar, izopropilbenzol) olinadi. Ushbu xomashyolar asosida plastik massalar, sintetik kauchuklar, sintetik tolalar, yuvuvchi vositalar va boshqa muhim mahsulotlar ishlab chiqariladi.

Bir qator kimyoviy jarayonlardan foydalanish orqali tiniq neft mahsulotlari va moylarning sifatini yaxshilash (oltingugurtsizlantirish, antidetonatsion xossalari va barqarorlikni oshirish, kokslanishni kamaytirish, rangini yaxshilash va hokazo) mumkin.

Neftni qayta ishlash va neft kimyosi ishlab chiqarishlarida qo'llaniladigan eng asosiy kimyoviy jarayonlar qatoriga katalitik riforming, katalitik kreking, izomerlash, gidrotozalash, gidrokreking, kokslash, piroliz, alkillash, vodorodsizlantirish, polimerlanish kabi jarayonlar kiritiladi.

Katalitik riforming. Jarayon benzin fraksiyalaridan yuqori oktanli benzinlarni olish, aromatik uglevodorodlar (benzol, toluol, etilbenzol, ksilollar) ni ajratish va texnik vodorodni ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. Jarayon tarkibida 70–80 % (hajm bo'yicha) vodorodni ushlagan gaz bilan sirkulatsiya qilish orqali amalga oshiriladi. Harorat 450–530^{0}C va bosim 1,5–4,0 MPa atrofida o'zgaradi. Ushbu jarayon turli katalizatorlar (asosan, platinali katalizator) ishtirokida olib boriladi. Riforming paytida tarkibida katta miqdorda vodorodni ushlagan gaz ham

olinadi. Bu gazdan neft mahsulotlarini oltingugurtsizlantirish, ya'ni gidrotozalashda foydalaniladi.

Katalitik kreking. Ushbu jarayon orqali (harorat 420–530^{0}C; bosim 0,1–0,3 MPa; alyumosilikat, seolit ushlovchi va boshqa katalizatorlar ishtiroki bilan) turli distillyatlar va qoldiq xomashyodan yuqori oktanli benzinlar va tarkibida yuqori konsentratsiyali propan-propilen hamda butan-butilen fraksiyalarini ushlagan gaz olinadi.

Izomerlash. Normal uglevodorodlar (pentan, butan, benzin fraksiyasi) ni izomerlash yo'li bilan alkillash uchun ishlatiladigan izobutan yoki sintetik kauchuk va benzinning yuqori oktanli komponentlarini olish uchun xomashyo hisoblangan izopentan olinadi. Jarayon harorat 120–150^{0}C va bosim 1 MPa gacha bo'lgan sharoitda olib boriladi.

Gidrotozalash. Neft fraksiyalarini oltingugurtsizlantirish hamda ikkilamchi neft mahsulotlari tarkibida bo'lgan to'yinmagan uglevodorodlarni vodorod bilan to'yintirish uchun ishlatiladi. Ushbu jarayondan moy va parafinlarni to'la tozalash uchun ham foydalaniladi. Jarayon harorat 300–420^{0}C va bosim 3–4 MPa bo'lganda amalga oshiriladi.

Gidrokreking. Yuqori haroratda qaynaydigan distillyat fraksiyalaridan qo'shimcha miqdordagi tiniq neft mahsulotlari olish uchun ishlatiladi. Jarayon harorat 370–420^{0}C va bosim 14–20 MPa chegarasida o'zgarganda amalga oshiriladi. Tarkibida ko'p miqdorda oltingugurtni ushlagan mazutlarni gidrokreking qilish orqali bug' qozoni yonilg'isidagi oltingugurt miqdorini sezilarli darajada kamaytirish mumkin. Bunday sharoitda atrof-muhitni ifloslantirishga sababchi bo'ladigan oltingugurt ikki oksidining miqdori kamayadi.

Kokslash. Ushbu jarayon yordamida neft qoldiqlari va yuqori haroratda qaynovchi ikkilamchi distillyatlardan tarkibida kam miqdorda kulni ushlagan neft koksi olinadi. Hosil bo'lgan koksli distillyatlar tiniq neft mahsulotlari olish uchun qayta ishlashga jalb etiladi. Kokslash jarayoni bosim 0,1–0,3 MPa va harorat 480–540^{0}C atrofida o'zgargan paytda amalga oshiriladi.

Piroliz. Neft distillyatlari (benzin, kerosin) yoki gaz (etan, propan) ni piroliz qilish neft kimyosi uchun muhim ashyo bo'lgan to'yinmagan uglevodorodlar (etilen, propilen, butadien) ni ishlab chiqarishda asosiy jarayon hisoblanadi. Piroliz paytida aromatik uglevodorodlar (benzol, toluol) va pirokondensat ham olinadi. Ushbu jarayon bosim 0,01 MPa dan past bo'lganda va haroart 650–900^{0}C atrofida o'zgarganda amalga oshiriladi.

Alkillash. To'yinmagan uglevodorodlar (propilen, butilenlar, amilenlar) yordamida izoparafinli uglevodorodlar (izobutan yoki izopentan) ni alkillash orqali benzinlarning yuqori oktanli komponentlari olinadi. Masalan, izobutanni butilen bilan alkillash natijasida izooktan hosil bo'ladi. Alkillash reaksiyasi harorat 0 dan - 10^0C gacha o'zgarganda (katalizator sifatida H_2SO_4 ishlatilganda) yoki harorat 25–30^0C bo'lganda (katalizator sifatida NF ning suvdagi eritmasi qatnashganda) amalga oshiriladi.

Benzolni to'yinmagan uglevodorodlar (etilen, propilen) bilan alkillash jarayonida katalizator sifatida fosfor yoki sulfat kislotasi, alyumosilikatlar va boshqalar ishlatiladi. Katalizatorning turiga ko'ra, jarayon harorat 50 dan 450^{0}C gacha va bosim 1 dan 3 MPa gacha o'zgarganda amalga oshiriladi.

Vodorodsizlantirish. To'yingan uglevodorodlardan to'yinmagan uglevodorodlarni olish (masalan, butandan butilen, butilendan butadien, izopentandan izoamilen, izoamilendan izopren olish va hokazo) maqsadida molekula tarkibidan vodorodni ajratib chiqarish vodorodsizlantirish jarayonining asosini tashkil etadi. Jarayon xromalyuminiyli katalizatorlar ishtirokida, harorat 530–600^0C bo'lganda, atmosfera bosimida yoki vakuum ostida olib boriladi. Vodorodsizlantirish yo'li bilan etilbenzoldan stirol, izopropilenbenzoldan esa α – metilstirol olinadi.

Polimerlanish. Kichik molekulali moddalar (monomerlar) ning katalizatorlarning ishtiroki bilan o'zaro ta'siri natijasida yuqori molekulali modda (polimer) ni olish polimerlanish jarayoni deb yuritiladi. Ushbu jarayon katalizatorlar ishtirokida olib boriladi. Plastmassalar, sintetik kauchuklar, moylar va boshqa mahsulotlarni olishda polimerlanish jarayonidan foydalaniladi. Masalan, katalizator (fosfor kislotasi) ishtirokida propilenning polimerlanishi orqali yuvuvchi vositalar ishlab chiqarishda qo'llanilinadigan propilen tetrameri olinadi. Propilenning polimerlanishi natijasida yuqori sifatli plastmassa (polipropilen) ishlab chiqariladi. Izobutilenning polimerlanishi orqali qattiq poliizobutilen (molekular massasi 200000 atrofida) yoki suyuq poliizobutilen (molekular massasi 10000 atrofida) olinadi.

20.2. NEFTKIMYOVIY JARAYONLARNI SINFLASH

Neft va gazni kimyoviy yo'l bilan qayta ishlash texnologiyasida har xil reaksiyalardan foydalaniladi. Ularning ko'pchiligi sanoat

reaktorlarida amalga oshiriladi. Kimyoviy reaksiyalar odatda umumiy alomatlarga asoslangan holda sinflanadi.

Kimyoviy reaktor konstruksiyasi va jarayonni boshqarish usullarini tanlash uchun reaksion sistemaning fazaviy tarkibi muhim ahamiyatga ega. Reagentlar va mahsulotlarning fazaviy tarkibiga ko'ra, kimyoviy reaksiyalar gomogen va geterogen bo'lishi mumkin. Gomogen reaksiyalarda reagentlar va mahsulotlar bitta faza (suyuq yoki gazsimon) da bo'ladi. Masalan, gazsimon uglevodorodlarni piroliz qilish gomogen reaksiyani tashkil etadi.

Geterogen reaksiyalari yuz berganda eng kami bilan bitta reagent yoki mahsulot reaksiyada qatnashayotgan boshqa komponentlardan farq qiladigan fazaviy holatda bo'ladi. Agar ikki fazali sistemalar «gaz-suyuqlik», «gaz-qattiq modda», «suyuqlik-qattiq modda», «suyuqlik-suyuqlik» (ikkita o'zaro aralashmaydigan suyuqliklar), «qattiq modda-qattiq modda» holatida bo'lsa, uch fazali reaksion sistemalar esa turli variantlarda uchrashishi mumkin. Qattiq katalizatorlarning ustidagi bug' fazasida yuz beradigan jarayonlar geterogen reaksiyalarga misol bo'la oladi.

Reaksiyalarning amalga oshirish mexanizmi bo'yicha ham kimyoviy jarayonlar sinflanadi. Ushbu prinsipga binoan, reaksiyalar oddiy (bir bosqichli) va murakkab (ko'p bosqichli), jumladan parallel, ketma-ket va ketma-ket-parellel yo'nalishda bo'lishi mumkin. Agar oddiy reaksiyalar bitta bosqichdan iborat bo'lsa, murakkab reaksiyalar esa bir necha parallel yoki ketma-ket bosqichlardan tashkil topgan bo'ladi.

Reaksiyalarda qatnashayotgan molekulalarning soniga ko'ra, kimyoviy jarayonlar mono-, bi- va uchmolekulali reaksiyaga ajralishi mumkin. Kinetik tenglamaning ko'rinishi (reaksiya tezligining reagentlar konsentratsiyalaridan bog'liqligi) kimyoviy jarayonlarning tartib bo'yicha sinflanishi uchun alomat hisoblanadi. Reaksiyalarning tartibi deganda kinetik tenglamadagi reagentlar konsentratsiyalari daraja ko'rsatgichlarining yig'indisi tushuniladi. Ushbu alomat bo'yicha kimyoviy reaksiyalar birinchi, ikkinchi, uchinchi, kasriy tartibli bo'lishi mumkin.

Kimyoviy reaksiyalar tezligini o'zgartirish uchun maxsus moddalar – katalizatorlar ishlatilishi yoki ishlatilmasligiga ko'ra, bunday reaksiyalar katalitik yoki nokatalitik jarayonlar deb ataladi. Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasida uchraydigan kimyoviy jarayonlarning ko'pchiligi katalitik reaksiyalardan tashkil topgan. Bunday

jarayonlarda katalizatorlardan foydalanish orqali bir necha ijobiy holatlar yuzaga chiqadi: reaksiyalar ancha past haroratlarda olib boriladi; reaksiyalarni kerakli yo'nalishlar bo'yicha olib borish mumkin; xomashyolardan asosiy mahsulotlarni ajratib olish darajasi yuqori; qo'shimcha reaksiyalarning borish tezligini susaytirish imkoniyati mavjud.

Nokatalitik jarayonlar yuqori haroratlar ta'sirida olib boriladi. Bunday jarayonlar qatoriga quyidagilarni kiritish mumkin: suyuq va gazsimon uglevodorodli xomashyoni piroliz qilish; kokslash; termik kreking va boshqalar.

Har qanday kimyoviy reaksiya paytida issiqlik effekti yuz beradi. Issiqlikning yutilishi bilan boradigan reaksiyalar endotermik, issiqlikning ajralib chiqishi bilan yuz beradigan reaksiyalar esa ekzotermik deb ataladi. Murakkab kimyoviy jarayonlarda ikkala xil reaksiyalar ham yuz berishi mumkin. Bunday holatlarda yakuniy kattalik, ya'ni umumiy issiqlik effekti hisoblab chiqiladi. Kreking, piroliz, katalitik riforming endotermik reaksiyalar hisoblansa, gidrogenizatsiya, alkillash, polimerlanish reaksiyalari esa ekzotermik jarayonlarga misol bo'la oladi.

20.3. KIMYOVIY REAKSIYALAR KINETIKASI

Kimyoviy kinetika – kimyoviy reaksiyalar tezliklari haqidagi ta'limot. Reaksiyaning kinetikasi deyilganda berilgan reaksiya tezligining konsentratsiya, harorat, bosim va boshqa omillarga bog'liqligi tushuniladi.

Kimyoviy reaksiyaning tezligi hajm birligidagi komponent mollari sonining vaqt birligida o'zgarishi orqali ifoda qilinadi:

$$r = -\frac{1}{V}\frac{dN}{d\tau}, \qquad (20.1)$$

bu yerda, V – reaksiyada qatnashayotgan komponentlarning hajmi; N – sarflanayotgan komponent mollarining soni; τ – komponentlarning kontakt vaqti.

Agar V=const bo'lsa, N=CV, bu yerda C – berilgan (sarflanayotgan) komponentning vaqtning ma'lum bir oni τ ga mos kelgan konsentratsiyasi.

Bunday sharoitda:

$$r = -\frac{d\left(\frac{N}{V}\right)}{d\tau} = -\frac{dc}{d\tau} \quad (20.2)$$

Reaksiya tezligini reaktor hajmi V_R ga nisbatan olinsa, (20.1) tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$r = -\frac{1}{V_R}\frac{dN}{d\tau} \quad (20.3)$$

Ikki fazali sistemalarda esa reaksiya tezligini fazalarning kontakt yuzasi F ga nisbatan olish mumkin:

$$r = -\frac{1}{F}\frac{dN}{d\tau} \quad (20.4)$$

Reaksiya kinetikasi tushunchasiga asoslangan holda, quyidagi kinetik tenglamani yozish mumkin:

$$-\frac{dc}{d\tau} = KC_A^a C_B^b, \quad (20.5)$$

bu yerda, K – reaksiya tezligining o'zgarmas soni; a va b – A va B komponentlari bo'yicha reaksiya tartiblari.

Reaksiyaning umumiy tartibi alohida olingan komponentlar tartiblarining yig'indisi Z ga teng:

$$Z = a + b + \ldots \quad (20.6)$$

Kimyoviy reaksiyaning kinetikasini o'rganishda o'zgartirish darajasi degan kattalik muhim ahamiyatga ega. Bu kattalik komponentlarning reaksiyaga uchragan mollari sonining komponentlardagi mollarning dastlabki soniga nisbati x orqali belgilanadi:

$$x = \frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - \frac{N}{N_0}, \quad (20.7)$$

bu yerda, N_0 – dastlabki oqimdagi mollar soni; N – reaksiya mahsulotlaridagi mollar soni.

O'zgarmas hajmda amalga oshiriladigan reaksiyalar uchun:

$$x = \frac{C_0 - C}{C_0} = 1 - \frac{C}{C_0}, \quad (20.8)$$

bu yerda C_0 – berilgan komponentning dastlabki oqimdagi konsentratsiyasi; C – berilgan komponentning reaksiya mahsulotlaridagi konsentratsiyasi.

Birinchi tartibli reaksiya uchun, masalan, o'zgartirish darajasi x komponentlarning reaksiyada qatnashish vaqti τ bilan quyidagi tenglama orqali bog'langan:

$$\tau K = Ln C_0 (C_0 - x). \quad (20.9)$$

Kimyoviy jarayon natijasida olingan mahsulot massasining qayta ishlashga jalb etilgan dastlabki materiallarning massasiga nisbati mahsulotning chiqishi deb yuritiladi. Agar yuz berayotgan kimyoviy jarayon stexiometrik tenglama bilan ifoda qilinsa, bunday sharoitda mahsulotning chiqishini olingan mahsulot massasini nazariy jihatdan olinishi mumkin bo'lgan massaga nisbati orqali aniqlanadi.

Komponentlarning reaksiyaga uchrash vaqti o'zgartirish darajasi va mahsulotning chiqishi bilan bog'liq bo'lib, reaktorning zarur bo'lgan o'lchamlarini aniqlashga yordam beradi. Odatda reaksiyaning davomiyligi tajriba yoki tajriba–sanoat uskunalarida topiladi. Agar reaksiyaga kirishayotgan moddalarning unumdorligi V ma'lum bo'lsa, kimyoviy reaksiya uchun zarur bo'lgan hajm V_R quyidagi nisbat orqali aniqlanadi:

$$V_R = \frac{V\tau}{\varepsilon}, \qquad (20.10)$$

bu yerda, ε – reaksion zonadagi erkin hajm ulushi.

Kimyoviy reaksiyalarning tezligini hisoblashda hajmiy tezlik va massaviy tezlik tushunchalari ham ishlatiladi. Suyuq holatdagi xomashyo uchun hajmiy tezlik reaksion zonaning hajm birligiga vaqt birligida yuborilgan sovuq xomashyoning hajmi orqali aniqlaniladi. Gazsimon xomashyoning hajmi normal sharoitlar bo'yicha hisob-kitob qilinadi. Hajmiy tezlikning teskari qiymati reaksiyaning mavhum vaqti deb yuritiladi. Massaviy tezlikning qiymati esa xomashyo bo'yicha massaviy ish unumdorligini reaksion hajmdagi katalizatorning massasiga nisbati orqali topiladi.

Kimyoviy reaksiya tezligi o'zgarmas sonining haroratdan bog'liqligi yuqori aniqlik bilan Arrenius tenglamasi orqali ifoda qilinadi:

$$K = K_0 e^{-\frac{E}{RT}}, \qquad (20.11)$$

bu yerda, K_0 – doimiy son; E – faollashtirish energiyasi; R – gazning universal doimiyligi; T – harorat.

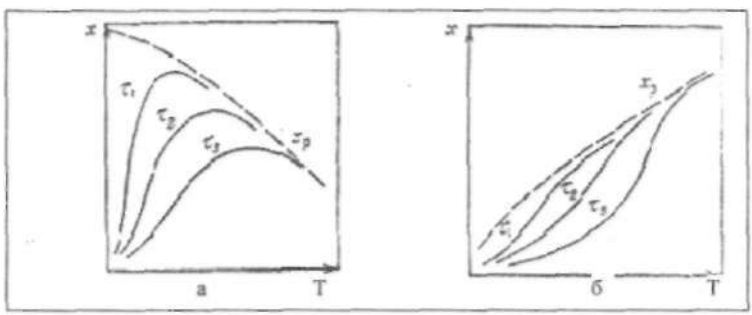
Berilgan haroratda sistemadagi barcha molekulalar energiyasining o'rtacha qiymatiga nisbatan reaksiyaga uchragan molekulalarning ortiqcha energiyasi faollashtirish energiyasini belgilaydi. Faollashtirish energiyasi qancha ko'p bo'lsa, kimyoviy reaksiyaning tezligi shuncha kam bo'ladi.

Ijobiy katalizatorlarni qo'llash faollashtirish energiyasining kamayishiga va kimyoviy reaksiya tezligining ko'payishiga olib keladi yoki jarayonni ancha past haroratda olib borish uchun imkoniyat yaratib

beradi. Agar T_1 haroratda reaksiya tezligining o'zgarmas soni K_1 ga teng, T_2 bo'lganda esa K_2 ga teng bo'ladi, bunday sharoitda (20.11) tenglamani quyidagicha o'zgartirib yozish mumkin:

$$Ln = \frac{K_1}{K_2} = \frac{E}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right). \qquad (20.12)$$

Qaytaruvchi kimyoviy reaksiyalar uchun o'zgartirish darajasi harorat bilan reaksiyaning issiqlik effektiga ko'ra turlicha bog'langan bo'ladi (20.1-rasm). Ekzotermik reaksiyalarda haroratning ortishi bilan o'zgartirish darajasi dastlab ko'payadi, so'ngra kamayib ketadi. Shu sababdan ekzotermik reaksiyalarda berilgan reaksiya vaqti τ da o'zgartirish darajasi x maksimal nuqtaga yetadi. Endotermik reaksiyalarda haroratning ortishi bilan o'zgartirish darajasi ham ortib boradi. Shu bois bunday reaksiyalarni amalga oshirish uchun bir qator omillar (dastlabki moddalar va reaksiya mahsulotlarining barqarorligi; texnologik imkoniyatlar; iqtisodiy masalalar va hokazo) ni hisobga olgan holatda maksimal haroratni qabul qilish maqsadga muvofiq bo'ladi.



20.1-rasm. Qaytaruvchi ekzotermik (a) va endotermik (b) reaksiyalar uchun jarayonning turlicha davomiyligi τ paytdagi o'zgartirish darajasi x ning harorat T dan bog'liqligi ($\tau_1 > \tau_2 > \tau_3$; x_t–muvozanat holatdagi qiymat).

Kimyoviy reaksiyalarning ko'pchiligi issiqlikning ajralib chiqishi yoki uning yutilishi bilan sodir bo'ladi. Kimyoviy jarayonning issiqlik effekti tajriba yo'li bilan topiladi yoki Gess qonuni bo'yicha hisoblaniladi. Ushbu qonunga asosan kimyoviy jarayonning issiqlik effekti reaksiya mahsulotlari va dastlabki moddalarning hosil bo'lish issiqliklari yig'indilarining ayirmasi hamda dastlabki moddalar va

reaksiya mahsulotlarining yonish issiqliklari yig'indilarining ayirmasi sifatida topiladi.

Kimyoviy reaksiyaning issiqlik effekti Q_r va uning muvozanat o'zgarmas soni K_r quyidagi tenglama orqali bog'langan:

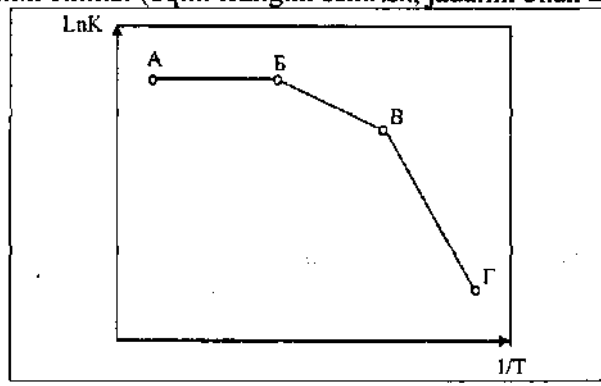
$$\frac{dLnK_p}{dT} = -\frac{Q_p}{RT^2} . \qquad (20.13)$$

Agar muvozanat o'zgarmas sonining haroratdan bog'liqligi ma'lum bo'lsa, oxirgi tenglamani integrallash mumkin bo'ladi. Bosimning o'zgarishi odatda kimyoviy reaksiyaning issiqlik effektiga juda kam ta'sir qiladi; texnik hisoblashlarda ushbu ta'sir hisobga olinmasa ham bo'ladi. Yuqori bosimlarda esa bosimning ta'siri albatta hisobga olinishi kerak. Neftni qayta ishlash texnologiyasining bir qator jarayonlari uchun issiqlik effektlarining qiymatlari (kJ/kg hisobida) juda keng chegarada o'zgaradi:

Gazoyllarni termik kreking qilish	300 – 1000
Kerosinli fraksiyalarni piroliz qilish	1400 – 2000
Katalitik kreking	200 – 550
Butanni vodorodsizlantirish	2000
Gidroforming	750
Alkillash	1000
Kreking katalizatoridagi koksni kuydirish	28000 – 32000

Qattiq g'ovaksimon katalizatorlarning ishtiroki bilan olib boriladigan kimyoviy reaksiyalar (katalitik kreking, vodorodsizlantirish va boshqalar)ning tezliklari quyidagi asosiy bosqichlar orqali aniqlanadi: komponentlarning kimyoviy o'zgarishi, komponentlarning tashqi diffuziya orqali katalizatorning yuzasi tomon siljishi va komponentlarning katalizatorning g'ovaklaridagi ichki diffuziyasi. Bunday holatda reaksiyaga uchrayotgan molekulalar tashqi diffuziya ta'sirida katalizator granulalarining tashqi yuzasiga yaqinlashadi va ichki diffuziya yordamida g'ovaklar orqali katalizatorning faol markazlariga tomon siljiydi. So'ngra kimyoviy reaksiya yuz beradi, hosil bo'lgan mahsulot esa granulalarning tashqarisiga chiqadi. Jarayonning tezligi eng sekin boradigan bosqichning tezligi bilan belgilanadi. Agar komponentlarning diffuziyasi katta tezlik bilan borayotgan bo'lsa, jarayonning tezligini uning kimyoviy bosqichi belgilaydi (demak, reaksiya kinetik zonada yuz bermoqda). Agar reaksiyaga uchrayotgan moddalar katta tezlik bilan siljiyotgan bo'lsa, kimyoviy reaksiya diffuzion zonada amalga oshayotgan bo'ladi.

Reaksiya tezligi o‘zgarmas sonining haroratdan bog‘liqligi ma’lum bo‘lsa (20.2-rasm), jarayonning tezligini belgilovchi bosqichni aniqlash mumkin bo‘ladi. Diffuzion zonada (АБ chizig‘i) boradigan kimyoviy reaksiyada jarayonning tezligiga harorat juda kam ta’sir qiladi, chunki haroratning o‘zgarishi bilan diffuziya koeffitsiyenti ham juda kam o‘zgaradi. Shu sababdan ushbu zonada reaksiya tezligini oshirish uchun gidrodinamik omillar (oqim tezligini oshirish, jadallik bilan aralashtirish



20.2-rasm. Jarayonning hal qiluvchi bosqichini aniqlashda kimyoviy reaksiya tezligi o‘zgarmas sonining haroratdan bog‘liqligi.

va boshqalar) dan foydalanish zarur yoki katalizator granulalarining o‘lchamlarini kichraytirish kerak. Kimyoviy reaksiya kinetik zonada (ВГ chizig‘i) olib borilganda, haroratning oshishi reaksiya tezligining anchagina ko‘payishiga olib keladi. Bunda boshqa omillar jarayonning umumiy tezligiga juda ham kam ta’sir etadi. O‘tish zonasida (БВ chizig‘i) esa kinetik va diffuzion zonalardagi reaksiya tezliklari hisobga olinishi lozim. Arrenius tenglamasiga binoan, to‘g‘ri chiziqning abssissa o‘qiga nisbatan hosil qilgan burchak tangensi faollashtirish energiyasini belgilaydi. Diffuzion zona uchun egilish burchagi tangensi, ya’ni faollashtirish energiyasi, kichik bo‘lsa, kinetik zonada esa anchagina katta qiymatni tashkil etadi.

Tayanch so‘z va iboralar

Neftkimyoviy jarayonlar, kimyoviy reaksiyalar, to‘yinmagan uglevodorodlar, etilen, propilen, butilenlar, butadien, aromatik uglevodorodlar, benzol, toluol, etilbenzol, ksilollar, izopropilbenzol,

katalitik riforming, katalitik kreking, izomerlash, gidrotozalash, gidrokreking, kokslash, piroliz, alkillash, vodorodsizlantirish, polimerlanish, gomogen reaksiyalar, geterogen reaksiyalar, oddiy kimyoviy jarayonlar, murakkab kimyoviy jarayonlar, monomolekulali reaksiyalar, bimolekulali reaksiyalar, uch molekulali reaksiyalar, katalizatorlar, katalitik reaksiyalar, nokatalitik reaksiyalar, issiqlik effekti, endotermik reaksiyalar, ekzotermik reaksiyalar, kimyoviy kinetika, kimyoviy reaksiya tezligi, reaktor hajmi, kontakt yuzasi, o'zgartirish darajasi, reaksiya tezligining o'zgarmas soni, reaksiyaning tartibi, mahsulotning chiqishi, hajmiy tezlik, massaviy tezlik, faollashtirish energiyasi, qaytaruvchi kimyoviy reaksiya, Arrenius tenglamasi, Gess qonuni, kimyoviy o'zgarish, tashqi diffuziya, ichki diffuziya, katalizatorning faol markazlari.

Mustaqil ishlash uchun savollar

20.1. Neftkimyoviy jarayonlarning neft va gazni qayta ishlash texnologiyasidagi rolini qanday tushuntirish mumkin?

20.2. Katalitik riforming va katalitik kreking jarayonlari o'rtasida qanday umumiy va xususiy tomonlar mavjud?

20.3. Izomerlash, kokslash, piroliz, alkillash va polimerlanish jarayonlarining mohiyatlari nimadan iborat?

20.4. Gidrotozalash, gidrokreking va vodorodsizlantirish jarayonlari. Ushbu jarayonlarning umumiy prinsipini qanday tushuntirish mumkin?

20.5. Gamogen va geterogen reaksiyalarning umumiy va xususiy tomonlarini qanday izohlasa bo'ladi?

20.6. Katalitik va nokatalitik jarayonlar. Katalizatorlardan foydalanish orqali qanday ijobiy holatlarga erishish mumkin?

20.7. Endotermik va ekzotermik reaksiyalar. Issiqlik effektining mohiyati qanday izohlanadi?

20.8. Kimyoviy kinetika tushunchasining mohiyati nimadan iborat? Kimyoviy reaksiyaning tezligini qaysi tenglamalar orqali ifoda qilinadi?

20.9. Neftni qayta ishlash texnologiyasining kimyoviy jarayonlarida issiqlik effektining qiymatlari qanday chegaralarda o'zgaradi?

20.10. Qattiq g'ovaksimon katalizatorlarning ishtiroki bilan olib boriladigan kimyoviy jarayonlarning tezliklari qaysi bosqichlar orqali aniqlanadi?

XXI bob. KIMYOVIY REAKTORLAR

21.1. REAKTORLARNI SINFLASH

Turli neftkimyoviy jarayonlarni amalga oshirish uchun mo'ljallangan kimyoviy reaktorlar bir-biridan konstruktiv tuzilishi, o'lchamlari, tashqi ko'rinishlari jihatidan farq qiladi. Biroq ular o'rtasidagi mavjud bo'lgan farqlarni hisobga olmagan holda, reaktorlarni umumiy sinflash uchun kerak bo'lgan belgilarni ajratish mumkin. Bunday holat reaktorlar haqidagi ma'lumotlarni tartibga solish, ularning ish rejimlarini matematik yo'l bilan ifoda etish va hisoblash uslubini tanlashni osonlashtiradi.

Kimyoviy reaktorlarni sinflash va ularning ish rejimlarini aniqlash uchun quyidagi prinsiplar eng ko'p ishlatiladi: 1) reaksion muhitning harakat rejimi (reaktordagi gidrodinamik sharoit); 2) reaktordagi issiqlik almashinish shart-sharoitlari; 3) reaksion aralashmaning fazaviy tarkibi; 4) jarayonni tashkil etish usuli; 5) jarayon ko'rsatgichlarining vaqt davomidagi o'zgarish xususiyati; 6) konstruktiv alomatlar.

Reaktorlarni gidrodinamik sharoit bo'yicha sinflash. Gidrodinamik sharoitga ko'ra barcha reaktorlarni ikkita guruhga bo'lish mumkin: aralashtirish va o'rin almashinish reaktorlari.

Aralashtirish reaktorlari – mexanik aralashtirgichi yoki sirkulatsion nasosi bo'lgan sig'imli uskunalar. O'rin almashinish reaktorlari – uzunroq kanalga ega bo'lgan quvursimon uskunalar.

Kimyoviy reaktorlar nazariyasida odatda oldin ikkita ideal uskunalar (ideal aralashtirishga ega bo'lgan reaktorlar va ideal o'rin almashinish reaktorlari) ko'rib chiqiladi.

Ideal aralashtirish paytida uskunaning hajmi bo'yicha reaksiyani tavsiflovchi barcha ko'rsatgichlarning absolyut to'la baravarlashuvi yuz beradi.

Ideal o'rin almashinishda esa reagentlar va mahsulotlarning xohlagan miqdori reaktor orqali qattiq porshen sifatida siljiydi.

Haqiqiy reaktorlar ma'lum bir darajada ideal aralashtirish yoki ideal o'rin almashinish modellariga yaqinlashadi. Ushbu nazariy modellarga tegishli tuzatish koeffitsiyentlarini kiritish orqali ulardan haqiqiy reaktorlarni hisoblashda foydalaniladi.

Reaktorlarni issiqlik almashinish shartlari bo'yicha sinflash. Reaktorlarda olib boriladigan kimyoviy reaksiyalar paytida issiqlik effektlari yuz beradi. Issiqlikning ajralib chiqishi yoki uning yutilishi sababli harorat o'zgaradi, oqibat natijada reaktor hamda atrof-muhit o'rtasida haroratlarning farqi, ayrim sharoitlarda esa reaktorning ichida harorat gradienti paydo bo'ladi. Haroratlarning farqi issiqlik almashinishning harakatlantiruvchi kuchi hisoblanadi.

Agar atrof-muhit bilan issiqlik almashinish yuz bermasa, bunday uskuna adiabatik reaktor deb ataladi. Bunday holatda kimyoviy reaksiya natijasida hosil bo'lgan yoki yutilgan issiqlik reaksion aralashmani isitish yoki sovitish uchun sarflanadi.

Atrof-muhit bilan issiqlik almashinish orqali reaktorda bir xil harorat ushlab turilsa, bunday uskuna izotermik reaktor deb yuritiladi. Reaktorning xohlagan bir nuqtasida ajralib chiqayotgan yoki yutilayotgan issiqlik tashqi muhit bilan yuz berayotgan issiqlik almashinish ta'sirida kompensatsiya qilinadi, natijada haroratning bir xilligi ushlab turiladi.

Yuqori issiqlik effektiga ega bo'lgan reaksiya paytida reaktorda haroratning katta o'zgarishi yuz berishi mumkin. Bunday holatning oldini olish uchun reaktorning tashqi muhit bilan issiqlik almashinishi, ya'ni politropik jarayon amalga oshiriladi.

Oraliq issiqlik rejimli reaktorlarda kimyoviy reaksiya issiqlik effektining bir qismi atrof-muhit bilan bo'lgan issiqlik almashinishini kompensatsiya qilish uchun, qolgan qismi esa reaksion aralashma haroratini o'zgartirish uchun sarflanadi.

Avtotermik reaktorlarda jarayonning zarur bo'lgan harorati, tashqi manbalar issiqligidan foydalanilmagan holatda, faqat kimyoviy jarayonning issiqlik effekti hisobiga ushlab turiladi. Ayniqsa, katta hajmli ishlab chiqarishlarda ishlatiladigan kimyoviy reaktorlar avtotermik rejim bilan ishlashi maqsadga muvofiq bo'ladi.

Reaksion aralashmaning fazaviy tarkibi bo'yicha sinflash. Gomogen jarayonlarni o'tkazish uchun mo'ljallangan reaktorlar ikki turga bo'linadi: gaz fazali reaksiyalar uchun uskunalar; suyuq fazali reaksiyalar uchun uskunalar. Geterogen jarayonlarni amalga oshirish uchun mo'ljallangan uskunalar esa bir necha xil bo'ladi: gaz-suyuqlik reaktorlari, gaz-qattiq modda, suyuqlik-qattiq modda sistemalari uchun reaktorlar va hokazo. Geterogen-katalitik jarayonlarni amalga oshirish uchun mo'ljallangan reaktorlar alohida o'rinni egallaydi.

Reaktorlarni jarayon tashkil qilish usuli bo'yicha sinflash. Reagentlarni uskunaga kiritish va mahsulotlarni uskunadan chiqarish usuliga ko'ra, reaktorlar davriy, uzluksiz va yarim uzluksiz (yoki yarim davriy) rejimida ishlaydigan uskunalarga bo'linadi.

Davriy ishlaydigan reaktorda barcha bosqichlar turli vaqtlarda ketma-ket olib boriladi. Barcha reagentlar reaksiyaning boshlanishidan oldin uskunaga kiritiladi, jarayon tamom bo'lganidan so'ng, mahsulotlar aralashmasi uskunadan chiqariladi. Reaksiya davomiyligini to'g'ridan-to'g'ri o'lchash mumkin, chunki reaksiya vaqti reagentlarning reaksion hajmda bo'lish vaqti bilan bir xildir. Davriy rejimda ishlaydigan reaktorlardagi texnologik jarayonning ko'rsatgichlari vaqt davomida o'zgarib turadi.

Uzluksiz ishlaydigan reaktorda yuz beradigan kimyoviy jarayonning barcha bosqichlari (reaksiyaga uchrashishi ko'zda tutilgan moddalarning uskunaga berilishi, kimyoviy reaksiya, tayyor mahsulotning reaktordan chiqarilishi) bir vaqtda parallel ravishda olib boriladi, demak, yuklash va tushirish bosqichlari uchun sarflanadigan vaqtga ehtiyoj qolmaydi. Shu sababdan uskunalar uchun yuqori unumdorlik talab qilinadigan zamonaviy neft-gazni qayta ishlash korxonalarida olib boriladigan jarayonlar uzluksiz rejimda ishlaydigan reaktorlarda olib boriladi.

Yarim uzluksiz (yarim davriy) rejimda ishlaydigan reaktorda reagentlardan bittasi uskunaga uzluksiz rejimda berib turilsa, ikkinchisi esa davriy ravishda berib turiladi. Boshqacha variantda ham bo'lishi mumkin: reagentlar uskunaga davriy berib turiladi, reaksiya mahsulotlari esa uskunadan uzluksiz ravishda chiqarib turiladi (yoki teskarisi).

Jarayon ko'rsatgichlarining vaqt davomida o'zgarish xususiyati bo'yicha sinflash. Kimyoviy reaktorning ichidagi xohlagan bir nuqtani ko'rib chiqamiz. Agar ushbu nuqtadagi ko'tsatgichlar (reagentlar yoki mahsulotlar konsentratsiyalari, harorat, tezlik va boshqa ko'rsatgichlarning qiymatlari) kimyoviy reaksiya vaqtining xohlagan momentida bir xil qiymatlarga ega bo'lsa, bunday sharoitda reaktorning rejimi turg'un bo'ladi. Turg'un rejimda reaktordan chiqayotgan oqim ko'rsatgichlari vaqtdan bog'liq bo'lmaydi. Odatda reaktorga kirishdagi ko'rsatgichlarning vaqt davomidagi bir xilligi natijasida undan chiqishdagi ko'rsatgichlarning ham vaqt davomida o'zgarmasligiga erishiladi. Turg'un rejim uzluksiz ishlaydigan reaktorlarda hosil bo'lishi mumkin.

Agar erkin ravishda tanlangan nuqtada kimyoviy jarayon ko'rsatgichlarining vaqt davomida ma'lum qonuniyat bilan o'zgarishi yuzaga chiqmasa, reaktorning ishlash rejimi noturg'un bo'ladi. Barcha davriy ishlaydigan reaktorlarda noturg'un jarayonlar yuz beradi.

Turg'un rejimda ishlaydigan reaktorlarni modellashtirish oson, chunki ular oddiy tenglamalar orqali ifoda qilinadi. Bunday reaktorlarda amalga oshiriladigan jarayonlarni esa avtomatlashtirish qulay. Jarayonning noturg'unligi reaktorni matematik uslub bilan ifoda qilish va uni boshqarishda bir oz qiyinchilik tug'diradi. Biroq bunday reaktorlarning ishini optimal (maqbul) holatga keltirish qiyin emas.

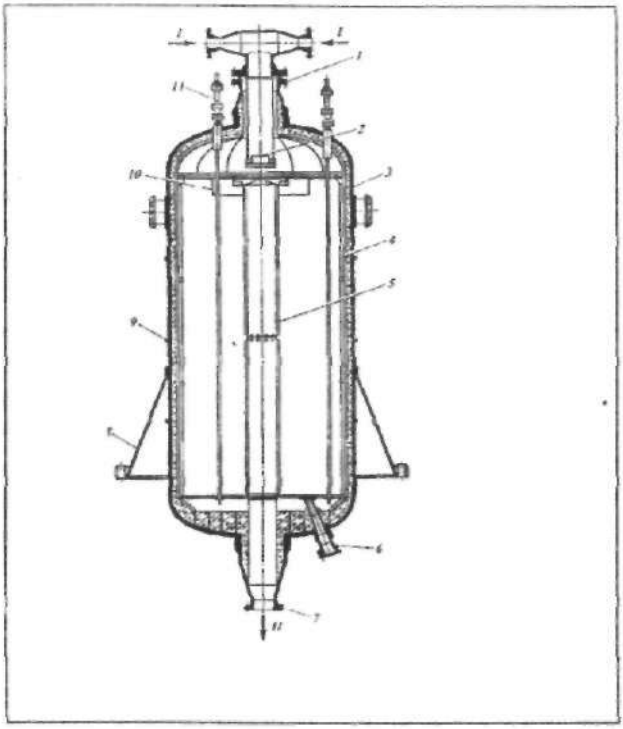
Reaktorlarni konstruktiv alomatlarga asosan sinflash. Kimyoviy reaktorlar bir-biridan bir qator konstruktiv alomatlar bo'yicha farqlanadi, chunki bunday ko'rsatgichlar uskunalari hisoblash va tayyorlashga ta'sir ko'rsatadi. Ushbu prinsipga asosan reaktorlar quyidagicha sinflanadi: idishsimon reaktorlar (avtoklavlar; reaktorlar-kameralar; silindrsimon vertikal va gorizontal konvertorlar va hokazo); kolonnali reaktorlar (nasadka va tarelka rusumidagi kolonnalar-reaktorlar; katalizatorning qo'zg'almas, harakatlanuvchi, mavhum qaynash qatlami bo'lgan katalitik reaktorlar; polkali reaktorlar); issiqlik almashgich rusumidagi reaktorlar; reaksion pech rusumidagi reaktorlar (shaxtali, polkali, kamerali, aylanuvchi pechlar va hokazo).

21.2. REAKTORLARNING TUZILISHI

Berilgan neftkimyoviy jarayonni amalga oshirish uchun zarur bo'lgan reaktor rusumini tanlashda quyidagi omillar hisobga olinadi: katalizatorni ishlatilishi, uning xossalari va sarfi; jarayonning termodinamik holati – kimyoviy reaksiyani adiabatik, izotermik yoki politropik sharoitda olib borilishi; reaksiya zonasida berilgan harorat rejimini ta'minlash uchun qo'llanilinadigan issiqlik almashinish uslublari; issiqlik tashuvchi agentlarning xossalari; jarayonni amalga oshirish rejimi (davriy yoki uzluksiz).

Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasida katalitik jarayonlar uchun adiabatik reaktorlar, etilenning polimerlanishi uchun politropik rejimda ishlaydigan reaktorlar, izobutanni butilen bilan alkillashga mo'ljallangan reaktorlar, katalitik jarayonlar uchun harakatchan nasadkali reaktor bloklari, vakuum-distillyatlarni qayta ishlash uchun changsimon katalizatorli reaktorlar, katalitik kreking qurilmasi uchun reaktor-regenerator bloklari va boshqalar keng ishlatiladi.

Sanoatda ishlatiladigan ba'zi reaktorlar bilan tanishib chiqamiz. Masalan, xomashyo radial (ya'ni radius bo'ylab) harakat qiladigan katalitik riforming reaktori 21.1-rasmda ko'rsatilgan.



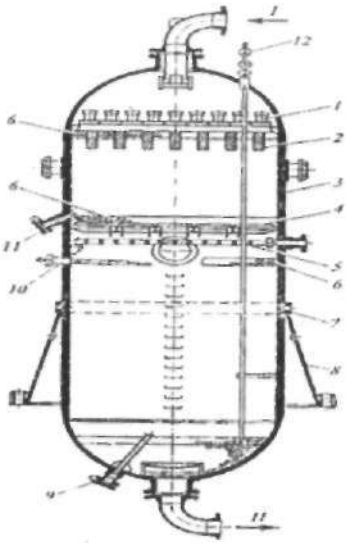
21.1-rasm. Xomashyo radial harakat qiluvchi katalitik riforming reaktori:
1–xomashyoning kirishi uchun shtuser; 2–xomashyo taqsimlagichi; 3–qobiq; 4–quticha; 5–reaksiya mahsulotlari yig'gichi; 6–katalizatorni tushirish uchun shtuser; 7–reaksiya mahsulotlarini tushirish uchun shtuser; 8–tayanch; 9–termopara uchun mufta; 10–silindrsimon stakan; 11–ko'p zonali termopara. Oqimlar: I–xomashyo; II–reaksiya mahsulotlari.

Ushbu reaktor qobiq (3) va elliptik ko'rinishidagi yuqorigi va pastki tublardan iborat bo'lib, uning ichki qismi 100 mm qalinlikdagi torkret-beton bilan qoplangan. Reaktorning chekkasi bo'ylab 60 ta vertikal qutichalar (4) joylashtirilgan bo'lib, ularning katalizatorga

qaratilgan devorlari perforatsiya qilingan, ya'ni qutichalar devorlarida teshiklar ochilgan. Uskunaning o'qi bo'ylab reaksiya mahsulotlarini tashqariga chiqarib turish uchun perforatsiya qilingan quvur sifatida tayyorlangan yig'gich (5) joylashtirilgan. Yig'uvchi quvurning tashqi tomoni, katalizatorni quvurga kirib ketmasligi uchun, katta va mayda to'rlar bilan qoplangan. Xomashyo reaktorning yuqori tomonida joylashgan taqsimlagich (2) ga beriladi va barcha perforatsiya qilingan qutichalar (4) ga kiradi, so'ngra radial yo'nalishda katalizator qatlamidan o'tib, yig'gich (5) da to'planadi va uskunaning pastki qismida joylashgan shtuser (7) orqali tashqariga chiqariladi.

Katalizator qatlamining yuqori qismida silindrsimon stakan (10) o'rnatilgan bo'lib, uskunani ishlatish jarayonida katalizator qatlamining cho'kishi yuz bergan paytda ham stakan katalizator qatlamiga botib turgan holatda bo'ladi, bunday sharoitda muhitning katalizator qatlami ustidan o'tishining oldi olinadi. Katalizatorni almashtirish paytida uni tushirish uchun uskunaning pastki tubida qiya shtuser (6) ko'zda tutilgan. Reaktorning ichidagi haroratni nazorat qilish uchun uchta ko'p zonali termoparalar (11) o'rnatilgan. Qobiq devoridagi haroratni termoparalar yordamida nazorat qilish uchun uning yuzasiga muftalar (9) payvandlangan. Reaktorning ichki qismlarini ko'rib chiqish, montaj qilish va katalizatorni yuklash ishlari xomashyoni kiritish uchun ko'zda tutilgan yuqorigi diametri 800 mm bo'lgan shtuser (1) orqali amalga oshiriladi.

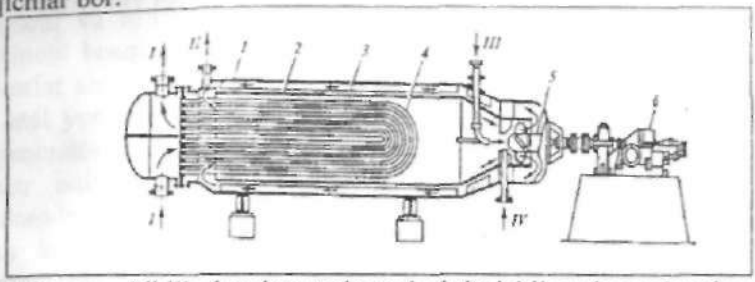
Xomashyo aksial yo'nalish bilan harakat qiladigan dizel yonilg'isini gidrotozalash reaktori 21.2-rasmda ko'rsatilgan. Ushbu reaktor tashqi tomonidan izolatsiya qilingan qobiq (3) dan iborat bo'lib, uning ichiga katalizatorning ikkita qatlami joylashtirilgan. Xomashyo katalizator qatlamlari orqali tepadan pastga qarab harakat qiladi. Katalizatorning har bir qatlamini oqimning dinamik ta'siridan himoya qilish uchun chinnidan yasalgan sharlar qatlamidan foydalanilgan. Reaktorning yuqorigi qismida patrubkalari bo'lgan taqsimlovchi tarelka (1) o'rnatilgan bo'lib, uning tagiga filtrlovchi moslama (2) joylashtirilgan. Ushbu moslama katalizator qatlamiga botirilgan silindrsimon korzinalardan iborat. Korzinalar chiviqdan payvandlangan; ularning yon tomonlari va pastki qismi to'r bilan qoplangan. Korzinalarning yuqorigi qismi ochiq. Korzinalarda va katalizatorning yuqorigi qismida korroziya mahsulotlari va mexanik qo'shimchalar ushlab qolinadi.



21.2- rasm. Xomashyo aksial harakat qiluvchi dizel yonilg'isini gidrotozalash reaktori:
1–taqsimlovchi tarelka; 2–filtrlash moslamasi; 3–qobiq; 4–kolosnik panjarasi; 5–bug'ni kirtish uchun kollektor; 6-chinnidan tayyorlangan sharlar; 7–tayanch halqasi; 8–tayanch; 9,11–katalizatorni tushirish uchun shtuserlar; 10,12–termoparalar. Oqimlar: I–xomashyo; II–reaksiya mahsulotlari.

Katalizatorning yuqorigi qatlami ikki qator to'r va chinni sharlar joylashtirilgan kolosnik panjara (4) yordamida ushlab turiladi. Katalizatorning yuqorigi va pastki qatlamlari oralig'idagi bo'shliqda bug'ni kiritish uchun kollektor (5) bor. Reaktorning pastki qismida chinnidan yasalgan sharlar qatlami mavjud. Ushbu qatlam, birinchidan, katalizatorning pastki qatlami uchun tayanch hisoblansa, ikkinchidan, reaksiya mahsulotlarini uskunadan bir me'yorda chiqarib turishga xizmat qiladi. Yuqorigi tubda ko'p zonali termoparalar (12) ni o'rnatish uchun uchta shtuser bor. Ushbu termoparalar yordamida katalizator qatlamidagi harorat maydonini va reaktorning o'rta qismidagi haroratni nazorat qilib turish mumkin. Yuqorigi qatlamdagi katalizatorni tushirish uchun uskuna devoridagi shtuser (11) orqali, pastki qatlamdagi katalizatorni tashqariga chiqarish uchun esa pastki tubda joylashgan shtuser (9) yordamida amalga oshiriladi. Reaktordagi yuqorigi va pastki

katalizator qatlamlari oralig'ida tuynuk o'rnatilgan. Xizmat ko'rsatish va ta'mirlash uchun qulaylik yaratish uchun uskunaning pastki qismida tutqichlar bor.



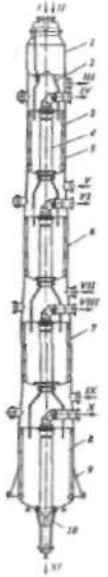
21.3-rasm. Alkillash uchun turboaralashtirgichli gorizontal reaktor: 1–qobiq; 2–sirkulatsiya uchun quvur; 3–qaytaruvchi to'siqlar; 4–quvurlar o'rami; 5–propellerli aralashtirgich; 6–uzatma. Oqimlar: I–sovituvchi agent; II–reaksiya mahsulotlari; III–kislota; IV–xomashyo.

Sulfat kislotasi bilan alkillashga mo'ljallangan gorizontal reaktor (yoki kontaktor) 21.3-rasmda ko'rsatilgan. Dastlabki xomashyo va kislota uskunaning jadallashgan holatda aralashtirish zonasiga beriladi, chunki bu yerda propellerli aralashtirgich (5) o'rnatilgan. So'ngra xomashyo va kislota aralashmasi qobiq (1) va sirkulatsion quvur (2) oralig'idagi halqasimon bo'shliqqa kiradi va quvurlar o'ramidagi berk kontur bo'yicha sirkulatsiya qiladi. Ekzotermik reaksiya paytida ajralib chiqayotgan issiqlikni yo'qotish uchun sirkulatsion quvur ichiga U-simon issiqlik almashinish quvurlari (4) joylashtirilgan. Sovituvchi agent sifatida kislotadan ozod bo'lgan reaksiyaning bug'lanayotgan mahsulotlaridan foydalaniladi.

«YuOP» firmasiga tegishli harakatchan katalizatorli katalitik riforming reaktorining sxemasi 21.4-rasmda keltirilgan. Reaktor bloki ketma-ket birlashtirilgan to'rtta reaktordan iborat. Ushbu reaktorlarda gaz-xomashyo aralashmasi radial yo'nalishda harakat qiladi. Reaktorlar bitta o'q bo'ylab joylashgan bo'lib, yaxlit konstruksiyani tashkil etadi va bir-birlari bilan o'tkazish quvurlari sistemasi bilan bog'langan. Yuqorigi reaktorning ustiga regeneratsiya qilingan katlizator uchun bunker joylashtirilgan.

Gaz-xomashyo aralashmasi issiqlik almashgichlar sistemasi va xomashyoni isitish pechining birinchi bosqichidan o'tib, birinchi bosqich reaktoriga kiradi, so'ngra ketma-ket pechning tegishli seksiyalari va ikkinchi, uchinchi hamda to'rtinchi reaktorlar bloki orqali

o'tadi. Reaktorning to'rtinchi bosqichida hosil bo'lgan platforming mahsulotlari separatorga kiradi, u yerda tarkibida vodorodni ushlagan gaz ajraladi, platformat esa barqarorlashtirish jarayoniga yuboriladi.



21.4-rasm. «YuOP» firmasi harakatlanuvchi katalizatorli katalitik riforming reaktori:
1–katalizator uchun bunker; 2–quyilish quvurlari; 3–quticha; 4–reaksiya mahsulotlari uchun yig'gich; 5–birinchi bosqich reaktori; 6–ikkinchi bosqich reaktori; 7–uchinchi bosqich reaktori; 8–to'rtinchi bosqich reaktori; 9–tayanch; 10–katalizatorni chiqarish uchun moslama. Oqimlar: I–regeneratsiya qilingan katalizator; II–resirkulatsiya qiladigan gaz; III–xomashyo; IV–birinchi bosqich reaktoridan keyingi riforming mahsulotlari; V–birinchi bosqich reaktorining pechda isitishdan keyingi riforming mahsulotlari; VI–ikkinchi bosqich reaktoridan keyingi riforming mahsulotlari; VII–ikkinchi bosqich reaktorining pechda isitishdan keyingi riforming mahsulotlari; VIII–uchinchi bosqich reaktoridan keyingi riforming mahsulotlari; IX–uchinchi bosqich reaktorining pechda isitishdan keyingi riforming mahsulotlari; X–to'rtinchi bosqich reaktoridan keyingi riforming mahsulotlari; XI–kokslangan katalizator.

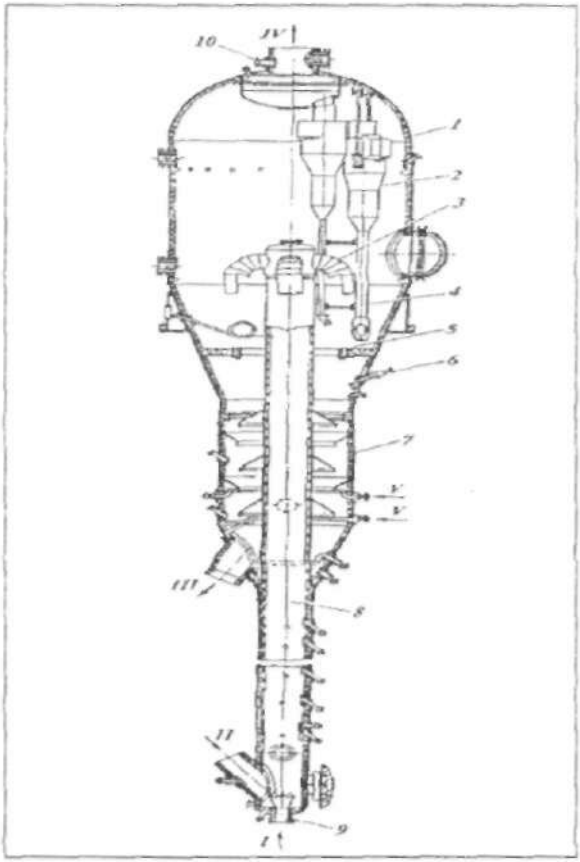
Diametri 1,6 mm bo'lgan kichik sharsimon katalizator quyilish quvurlari sistemasi orqali erkin holatda og'irlik kuchi ta'sirida bunkerdan birinchi bosqichli reaktorga tushadi, so'ngra ikkinchi, uchinchi va to'rtinchi bosqichli reaktorlarga oqib o'tadi. Katalizator to'rtinchi bosqichdagi pastki reaktordan sharsimon klapanlari bo'ylab zatvorlar sistemasi orqali pnevmotransportning ta'minlagichiga tushadi va azot yordamida regeneratorning bunker-ta'minlagichiga yuboriladi. Regenerator shartli ravishda uchta zonaga bo'linadi. Uskunaning ichida gazlar oqimi radial yo'nalishda harakat qiladi. Yuqorigi zonada (kislorodning mol hisobidagi miqdori 1 % dan kam bo'lmasligi kerak) koks kuydiriladi. O'rta zonada (kislorodning miqdori 10–20 %) xlororganik birikmalar yordamida katalizatorning oksidlanish orqali xlorlanishi yuz beradi. Pastki zonada katalizator quruq havo oqimida qo'shimcha qizdiriladi. Katalizator barcha zonalardan og'irlik kuchi ta'sirida o'tadi. Katalizator regeneratordan zatvorlar sistemasi orqali pnevmotransportning ta'minlagichiga tushadi va vodorodni ushlagan gaz yordamida birinchi bosqich reaktorining ustiga o'rnatilgan bunkerga yuboriladi.

Shunday qilib, sistemani to'xtatmasdan yoki reaktorlardan birini katalizatorni regeneratsiya qilish uchun ish rejimidan chiqarib turmasdan platforming jarayoni uzluksiz ravishda amalga oshiriladi. Regeneratsiya qilingan katalizatorning xossalarini doimo yangi katalizatorning xossalariga yaqin holatda ushlab turish natijasida platforming jarayonini past bosimda olib borish hamda gazni sirkulatsiya qilish sonini kamaytirish imkoniyati paydo bo'ladi.

Changsimon ko'rinishdagi katalizatorni pnevmotransport qilish ikki xil rejimda olib boriladi: 1) suyultirilgan fazada (ko'taruvchi-ustundagi katalizatorning konsentratsiyasi 25–35 kg/m^3, gaz oqimining tezligi 7–10 m/s, qatlamdagi erkin hajm ulushi $\varepsilon \geq 0{,}97$); zich fazada (ko'taruvchi-ustundagi katalizatorning konsentratsiyasi 200–350 kg/m^3, gaz oqimining tezligi 1,5-3,0 m/s; qatlamdagi erkin hajm ulushi ε = 0,70-0,85).

Yiliga 2 mln. tonna vakuum-distillyatorlarini qayta ishlashga mo'ljallangan katalitik kreking qurilmasining mukammallashtirilgan reaktori 21.5-rasmda berilgan. Reaktor o'zgaruvchan kesimga ega bo'lgan vertikal silindrsimon uskunadir. Regeneratsiya qilingan 650–700^{0}C haroratli katalizator regeneratordan naporli ustun bo'ylab reaktor liftining pastki qismiga tushadi, u yerda xomashyoning soplo (9) dan o'tishida hosil bo'lgan tomchilari bilan kontaktga uchraydi. Issiqlik

almashinish ta'sirida katalizator qisman (500–510^{0}C gacha) soviydi, ajralib chiqqan issiqlik esa xomashyoni isitish va bug'lanishi uchun sarflanadi. Bunda katalitik kreking reaksiyasi boshlanib, koksning katalizator zarrachalari ustida cho'kishi yuz beradi. Hosil bo'lgan bug'-gaz oqimi yordamida katalizator reaktor liftining quvuri bo'yicha yuqoriga harakat qiladi.



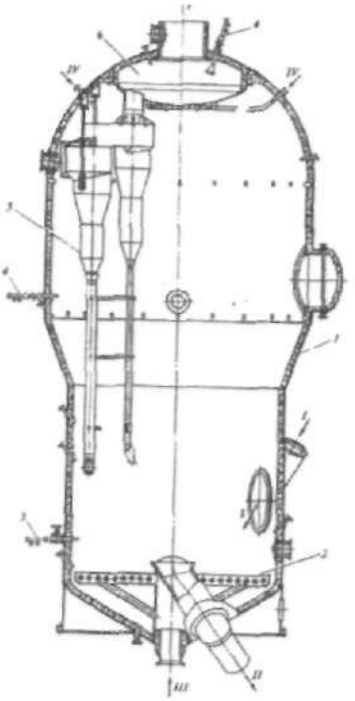
21.5- rasm. Changsimon katalizatorli reaktor:
1–qobiq; 2–ikki bosqichli siklonlar; 3–ballistik separator;
4–siklonlarning quvurlari; 5–qo'zg'aluvchan tayanch; 6-shlam uchun
forsunka; 7–desorber; 8–reaktor lifti; 9–ko'p forsunkali soplo;
10–saqlovchi klapan uchun shtuser. Oqimlar: I–xomashyo;
II–regeneratsiya qilingan katalizator; III–kokslangan katalizator;
IV–kreking mahsulotlari; V–suv bug'i.

Katalizatorni neft mahsulotlaridan tezlik bilan ajratib olish uchun reaktor liftining yuqorigi qismiga ballistik separator (3) o'rnatilgan. Ushbu separator xomashyoni keraksiz darajada chuqurroq o'zgarishining oldini oladi va uning katalizator bilan kontakt vaqtini kamaytiradi. Reaktor liftining yuqorigi qismi harakatchan tayanch (5) bilan jihozlangan. Ballistik separatordan o'tgan katalizator desorber (7) ga kiradi, u yerda qarama-qarshi oqimdagi suv bug'i bilan qizdiriladi. Desorber, porshenli rejim paydo bo'lmasligi uchun, kaskadli perforatsiya qilingan konuslar yordamida seksiyalarga bo'lingan. Desorberning pastki qismiga suv bug'ini kiritish uchun kollektorlar, yuqorigi qismiga esa shlamni kiritish uchun forsunkalar (6) o'rnatilgan. Shlam – rektifikatsion kolonnadan chiqayotgan va tarkibida reaktordan olib ketilgan katalizatorni ushlagan qoldiq mahsulotning bir qismidir.

Katalizatorni rektifikatsion kolonnaga o'tib ketishini kamaytirish va *reaktorning yuqori qismida resirkulatsiya bo'layotgan shlamning* miqdorini kamaytirish uchun reaktorning yuqorigi qismiga bir yoki ikki bosqichli siklonlar (2) o'rnatiladi. Reaktor qobig'ining ichki qismi qalinligi 50 mm bo'lgan issiqlikka bardoshli torkret-beton qatlami bilan, siklonlar esa qalinligi 20 mm bo'lgan eroziyaga mustahkam beton bilan qoplangan. Reaktor qobig'ida xomashyo va katalizatorni kiritish, kreking mahsulotlari va kokslangan katalizatorni chiqarishi uchun shtuserlar ko'zda tutilgan hamda saqlovchi klapan, termoparalar va qopqoqli tuynuk o'rnatilgan.

Kreking qurilmasining regeneratori 21.6-rasmda ko'rsatilgan. Regeneratorning asosiy qismlari qobiq (1), koksni kuydirish va qatlamni muallaq holatda ushlab turish uchun havoni kiritadigan kollektor (2), uskunani ishga tushirish paytida katalizatorni qizdirib olish uchun yonilg'i forsunkalari (3), uglerod oksidining yonib uning ikki oksidiga o'tib ketmasligi uchun kondensat forsunkalari (4), ikki bosqichli siklonlar (5), yig'uvchi kamera (6) hamda suv bug'ini birinchi bosqichli siklonlarga va yig'uvchi kameraning tubiga berish sistemasidan iborat. Odatda regenerator katalitik kreking qurilmasidagi eng katta uskuna hisoblanadi, uning hajmi reaktor hajmidan ancha kattadir.

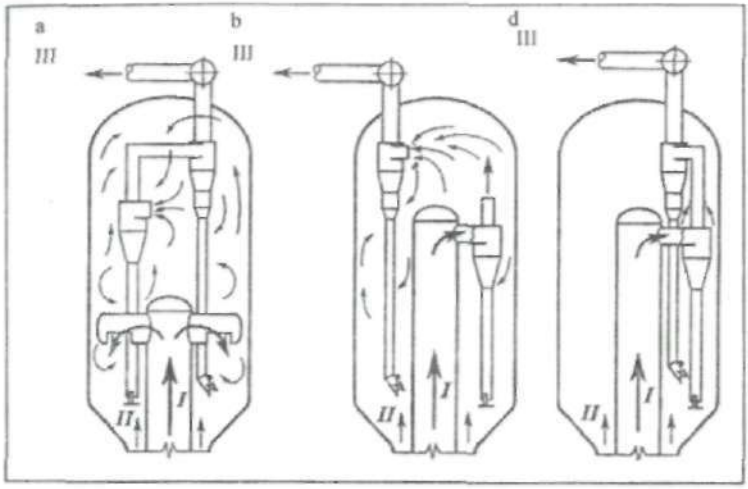
Regeneratorning o'lchamlari uning ish unumdorligi, ya'ni katalizatorning yuzasida o'tirib qolgan koksni vaqt birligida kuydirib *chiqarish miqdori va regeneratsiya jarayonining qabul qilingan* texnologik rejimlari (harorat, bosim) bilan belgilanadi.



21.6 rasm. Changsimon katalizatorli regenerator:
1–qobiq; 2–havoni kiritish uchun kollektor; 3–yonilg'i forsunkasi; 4–kondensat uchun forsunka; 5–ikki bosqichli siklonlar; 6–yig'uvchi kamera. Oqimlar: I–reaktordan kelayotgan kokslangan katalizator; II–regeneratsiya qilingan katalizator; III–havo; IV–suv bug'i; V–tutunli gazlar.

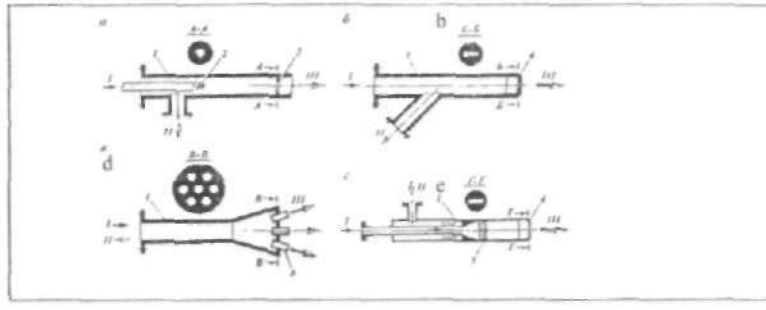
Regeneratorning ichki qismi qalinligi 150–200 mm bo'lgan torkret-beton qatlami bilan qoplanadi.

525^0C dan katta bo'lgan rejimda ishlaydigan zamonaviy yuqori haroratli katalitik kreking qurilmalarining asosiy shartlaridan biri reaktor liftidan chiqishda katalizatorni tezkorlik bilan neft mahsulotlari bug'laridan ajratib olishdan iboratdir. Hozirgi kunda reaktor lifti uchun bir necha maxsus uskunalar ishlatiladi (21.7-rasm): inersion separator; yuqoriga yo'nalgan oqimli siklonlar; berk oqimli siklonlar.

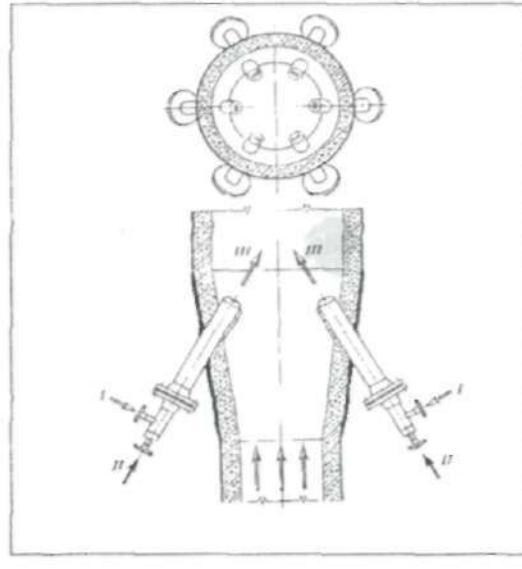


21.7-rasm. Reaktor lifti uchun neft mahsulotlaridan katalizatorni ajratib olish uskunalarining turlari:
a–inersion separator; b–yuqoriga yo'nalgan oqimli siklonalr; d–berk oqimli siklonlar. Oqimlar: I–reaktor liftdan chiqib ketayotgan katalizator va neft mahsulotlari aralashmasi; II–desorberdan chiqib ketayotgan bug'-gaz oqimi; III–kreking mahsulotlari.

Katalitik kreking qurilmalarida mahsulotlarning ko'proq chiqishida xomashyoni sochib berish sistemasi muhim va hal qiluvchi ahamiyatga ega. Nazariy jihatdan olganda, kreking reaksiyasi qattiq katalizator yuzasi ustidagi bug' fazada yuz bersa, yuqori natijaga erishiladi. Xomashyo va katalizatorni tez va bir me'yorda aralashtirish natijasida neft mahsulotlari to'la bug'lanadi va reaktor liftida neft mahsulotlari va katalizatorning qisqa vaqtda bo'lishi paytida yaxshi kontakt yuz beradi. 21.8 va 21.9-rasmlarda katalitik kreking qurilmalari uchun mo'ljallangan sochib beruvchi soplolarning konstruksiyalari ko'rsatilgan. Sochib beruvchi soplolarning vazifasi mayda tomchilarni hosil qilishdan iborat. Agar xomashyo sochib berilayotganda katta tomchilar hosil bo'lsa, bunda ular sekin bug'lanadi yoki umuman bug'lanmaydi. Reaktor liftida bug'lanmagan xomashyo bilan namlangan katalizatorning bo'lishligi koks, vodorod va S_1–S_2 uglevodorodlarning hosil bo'lishiga olib keladi.



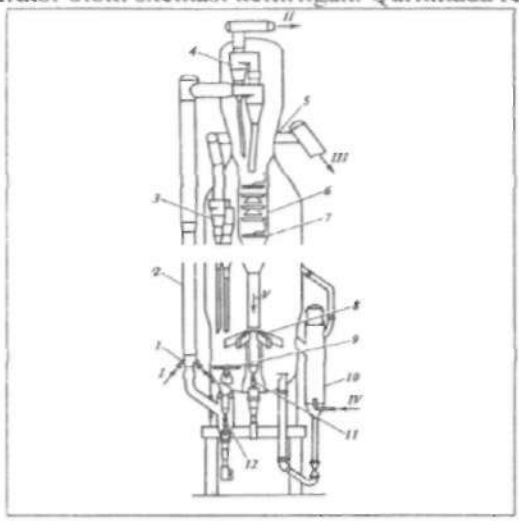
21.8-rasm. Katalitik kreking qurilmalari uchun mo'ljallagan sochib beruvchi soplolarning turlari:
a–dumaloq teshikli soplo; b–«Kellog» firmasining tirqishli soplosi; d–ko'p forsunkali soplo; e–«Kellog» va «Mobil» firmalarining «Atomax» soplosi; 1–qobiq; 2–spiral; 3–dumaloq teshikli diafragma; 4–tirqishli poynak; 5–statik aralashtirgich; 6–forsunkalar. Oqimlar: I–xomashyo; II–suv bug'i; III–bug'-xomashyo aralashmasi.



21.9- rasm. Reaktor liftining pastki qismiga «Atomax» soplosini o'rnatish sxemasi:
Oqimlar: I–xomashyo; II–suv bug'i; III–bug'-xomashyo aralashmasi.

«Kellog» firmasining solishtirma baholashiga ko‘ra, «Atomax» soplolari eng yuqori ko‘rsatgichlarga ega.

21.10-rasmda «Kellog» firmasi katalitik kreking qurilmasining reaktor-regenerator bloki sxemasi keltirilgan. Qurilmada reaktor



21.10-rasm. «Kellog» firmasi katalitik kreking qurilmasining reaktor-regenerator bloki:
1– «Atomax» soplosi; 2–reaktor lifti; 3–regeneratorning ikki bosqichli siklonlari; 4–berk oqimli ikki bosqichli siklonlar; 5–tutunli gazlarning tashqi kollektori; 6–qizdirish seksiyasi; 7–suv bug‘ini kirtish uchun kollektor; 8–kokslangan katalizator taqsimlagichi; 9–havo taqsimlagichi; 10–zich fazadagi katalizatorning sovitgichi; 11–yangi katalizatorni kiritish uchun klapan; 12–regeneratsiya qilingan katalizatorni reaktor liftiga kiritadigan klapan. Oqimlar: I–xomashyo; II–kreking mahsulotlari; III–tutunli gazlar; IV–havo; V–katalizator.

sifatida xomashyoni sochib beruvchi soplolar sistemasi «Atomax» (1) bilan ajratib chiqarilgan reaktor lifti (2) ishlatilgan. Katalizatorni tezlik bilan kreking mahsulotlaridan ajratib olish va reaktor liftidan chiqishda kreking jarayonining keraksiz darajada chuqurlashishining oldini olish maqsadida berk oqimli ikki bosqichli siklonlar o‘rnatilgan. Kokslangan katalizatorni qizdirish seksiyasi (6) ga kiradi va u yerda katalizatorga birikkan uglevodorodlar suv bug‘i yordamida ajratib chiqariladi. So‘ngra katalizator quvur orqali taqsimlagich (8) ga tushadi.

Ushbu taqsimlagich katalizatorni bir me'yorda qarama-qarshi oqimdagi regeneratsiya zonasiga kiritib turadi. Regeneratsiya zonasiga havo uchta taqsimlagich (9) orqali yuboriladi (rasmda shartli ravishda bitta taqsimlagich ko'rsatilgan). Tutunli gazlar katalizator changlaridan ikki bosqichli siklonlar (3) da ajratiladi va tashqi kollektor (5) orqali atmosferaga chiqariladi. Og'ir xomashyo ishlatilgan paytda regenerator haroratini optimallash maqsadida zich fazadagi katalizator uchun sovitgich qo'llaniladi.

21.3. REAKTORLARNI HISOBLASH TARTIBI

Reaktorlarni hisoblash uchun eng avvalo berilgan uskunada amalga oshirilishi ko'zda tutilgan neftkimyoviy jarayonning o'ziga xos tomonlarini hisobga olgan holda, reaktordagi ish ko'rsatgichlari, fazalarning harakat tezliklari, issiqlikni uskunaga olib kirish va uni uzatish usullari, materiallarni tanlash, uskunaning konstruktiv tuzilishidagi alohida tomonlari va boshqa ko'rsatgichlar aniqlanadi. Biroq har qanday sharoitda ham reaktorni hisoblash qo'yidagi asosiy bosqichlardan iborat bo'ladi:

1. Termodinamik hisoblash natijasida jarayonni amalga oshirish uchun eng maqbul shart-sharoitlar (bosim, harorat va boshqalar) va xomashyoni o'zgartish darajasi aniqlanadi.

2. Kinetik hisoblash uskunaning reaksion hajmini aniqlash uchun amalga oshiriladi.

3. Moddiy hisoblashdan asosiy maqsad uskunaga kirayotgan yoki undan chiqayotgan oqimlarning miqdorini aniqlashdan iborat.

4. Issiqlik hisobi orqali issiqlikni uzatish yoki uni kiritish miqdori, issiqlik tashuvchining sarfi, issiqlik almashgichning yuzasi topiladi.

5. Uskunani gidravlik hisoblash orqali oqimlarni uzatish uchun sarflanadigan energiya miqdori va ayrim uzellarining o'lchamlari topiladi.

6. Uskuna va uzellarni mexanik hisoblash natijasida uning konstruktiv tuzilishi aniqlanadi.

Reaksiya jarayonini va uskunaning rusumlariga ko'ra, hisoblash va uni detallashtirish hajmi har bir aniq neftkimyoviy jarayon uchun turlicha bo'ladi. Tanlab olingan jarayon uchun tajriba yo'li orqali olingan ma'lumotlarning to'la borligi reaktorni hisoblashda katta ahamiyatga molikdir. Reaktorlarni to'la hisoblash uslublari maxsus adabiyotlarda batafsil keltirilgan. Hisoblash paytida kerak bo'ladigan

ba'zi tenglamalarni keltiramiz. Masalan, agar berilgan kimyoviy jarayonni oldindan ma'lum bo'lgan o'zgartirish darajasi bilan amalga oshirish uchun zarur bo'lgan reaksiya davomiyligi τ ma'lum bo'lsa, reaksion hajm quyidagi nisbat orqali topiladi:

$$V_P = \frac{V\tau}{\varepsilon}, \qquad (21.1)$$

bu yerda, V – berilgan harorat va bosimda reaksiya paytida o'zaro ta'sir qilgan moddalarning hajmi, m^3/s; τ – reaksiyaning davomiyligi, s; ε – reaksion hajmdagi erkin bo'shliq ulushi (nokatalitik jarayonlar uchun $\varepsilon = 1$).

(21.1) tenglamadan amaliyotda foydalanish bir qator qiyinchilik tug'diradi, chunki ko'pchilik neftkimyoviy jarayonlar uchun τ va V ni aniqlash qiyin masala hisoblanadi. Shu sababdan reaksion hajmni topishda quyidagi tenglamalardan foydalaniladi:

$$V_P = \frac{V_X}{n_V} = V_X \tau_M ; \qquad (21.2)$$

$$V_P = \frac{G_X}{n_g \rho_K} = \frac{G_X \tau_M}{\rho_K}, \qquad (21.3)$$

bu yerda, V_X – dastlabki xomashyo hajmi, $m^3/soat$; G_X – dastlabki xomashyo massasi, kg/soat; ρ_K – reaktordagi katalizator (issiqlik tashuvchi) qatlamining zichligi, kg/m^3; n_V – hajmiy tezlik, $m^3/(m^3 \cdot soat)$; n_g – massaviy tezlik, $kg/(kg \cdot soat)$; $\tau_M = 1/n_V$ yoki $\tau_M = 1/n_g$ – reaksiyaning mavhum vaqti.

Kimyoviy reaksiyaning issiqlik effekti Gess qonuniga asosan elementlardan dastlabki moddalar va reaksiya mahsulotlari hosil bo'lish issiqliklari yig'indilarining ayirmasi sifatida aniqlaniladi:

$$Q = \Delta N = \Sigma (\Delta N_{hb})_{rm} - \Sigma(\Delta N_{hb})_{dm} \qquad (21.4)$$

yoki dastlabki moddalar va reaksiya mahsulotlarining yonish issiqliklari yig'indilarining ayirmasi sifatida topiladi:

$$Q = \Delta N = \Sigma (\Delta N_{yoi})_{dm} - \Sigma(\Delta N_{yoi})_{rm}, \qquad (21.5)$$

bu yerda, Q – reaksiyaning issiqlik effekti; $(\Delta N_{hb})_{rm}$ – reaksiya mahsulotining hosil bo'lish issiqligi; $(\Delta N_{hb})_{dm}$ – dastlabki moddaning hosil bo'lish issiqligi; $(\Delta N_{yoi})_{dm}$ – dastlabki moddaning yonish issiqligi; $(\Delta N_{yoi})_{rm}$ – reaksiya mahsulotining yonish issiqligi.

(21.4) va (21.5) tenglamalar bo'yicha hisoblash ishlari bajarilganda moddalarning hosil bo'lish yoki yonish issiqliklarining qiymatlari maxsus adabiyotlardan olinadi.

Kimyoviy jarayonning moddiy balansini tuzishda dastlabki xomashyoni o'zgartirish darajasi muhim ahamiyatga ega. O'zgartirish darajasini boshqarish uchun quyidagi usullardan foydalanish mumkin: 1) kimyoviy reaksiyaning doimiy soniga ta'sir qiluvchi harorat va bosimni o'zgartirish; 2) reaksiya davomiyligini o'zgartirish; 3) kerakli katalizatorni tanlash; 4) jarayonni resirkulatsiya orqali olib borish; 5) dastlabki xomashyo tarkibidagi u yoki bu komponentning konnsentratsiyasini o'zgartirish. Reaktorning moddiy balansini tuzish uchun kimyoviy reaksiyalarining tenglamalari ma'lum bo'lishi kerak hamda reaksiyaga qatnashayotgan komponentlarning keragidan ortiqcha olish koeffitsiyentlarining qiymatlari asoslangan bo'lishi lozim. Har bir aniq neftkimyoviy jarayon uchun moddiy balans alohida ko'rinishga ega bo'ladi.

Issiqlik balansi tuzishni katalitik kreking qurilmasining reaktor bloki misolida ko'rib chiqamiz. Reaktor bloki mayda donali katalizator bilan ishlaydi va mavhum qaynash qatlamli ikkita uskunadan tashkil topgan.

Reaktor blokining issiqlik balansini tuzish uchun quyidagi tushunchalarni qabul qilamiz:

G_X – reaktorning dastlabki xomashyo bo'yicha ish unumdorligi, kg/soat;

G_K – kreking paytida katalizatorning yuzasiga cho'kib qolgan koksning miqdori, kg/soat;

G_{kat} – sirkulatsiya qilayotgan katalizatorning miqdori, kg/soat;

t_1 va t_2 – reaktor va regeneratordagi haroratlar, K;

S_0 – koksning regeneratsiya qilingan katalizatordagi qoldiq miqdori, kg/kg;

G_{qk} – katalizatordagi qoldiq koksning miqdori, kg/soat;

L – kreking paytida hosil bo'lgan koksning yonishi uchun zarur bo'lgan havoning midori, kg/soat;

S_{sb} – suv bug'ining issiqlik sig'imi; J/kg·K

Z_1 va Z_2 – reaktor va regeneratordan chiqib ketayotgan suv bug'ining miqdorlari, kg/soat;

Q_{yoi} – koksning yonish issiqligi, kJ/kg.

Reaktor blokining issiqlik balansini tuzamiz:

Issiqlikning kirishi

Xom ashyo bilan kiritilgan issiqlik.....	$G_X H_{tX}$
Havo bilan kiritilgan issiqlik.....	$LG_X t_X$
Koksning yonish paytida ajralgan issiqlik.....	$G_K Q_{yoi}$

Issiqlikning sarfi

Issiqlikning reaksiya mahsulotlari bilan chiqishi.....	$(G_X-G_K)H_{t1}$
Kreking reaksiyasining issiqligi.....	$G_X q_p$
Issiqlikning regeneratordan tutunli gazlar bilan birga chiqib ketishi.....	$(L+G_K)H_{t2}$
Reaktor va regeneratordan chiqib ketayotgan suv bug'ini isitish uchun sarflangan issiqlik.....	$z_1 C_{ss}(t_1 - t_z)+ z_2 C_{ss}(t_2 - t_z)$
Atrof-muhitga yo'qotilgan issiqlik.....	Q_y
Katalizatorni regeneratsiya qilish uchun keragidan ortiqcha olinadigan issiqlik (ushbu issiqlik suv bug'ini ishlab chiqarishda sarflanishi mumkin).....	Q_{or}

Issiqlik balansining tenglamasini tuzamiz:

$$G_X H_{tX} + LG_X t_X + G_K Q_{yoi} = (G_X - G_K)H_{t1} + G_X q_p + (L+G_K)H_{t2} + z_1 C_{ss}(t_1 - t_z)+ z_2 C_{ss}(t_2 - t_z)+ Q_y + Q_{or}. \qquad (21.6)$$

Agar reaktor va regeneratorning harorat bo'yicha rejimi va koksning chiqishi ma'lum bo'lsa, (21.6) tenglama yordamida reaktorga berilayotgan xomashyoning entalpiyasi H_{tX} va harorati t_X hamda katalizatorni regeneratsiya qilish uchun keragidan ortiqcha olinadigan issiqlik Q_{or} aniqlanishi mumkin.

Mavhum qaynash qatlamli reaktor uchun reaksion hajmning miqdori (21.3) tenglama bo'yicha topiladi. Regeneratordagi katalizatorning hajmini esa quyidagi nisbat orqali aniqlash mumkin:

$$V_{reg} = \frac{G_K}{q_K}, \qquad (21.7)$$

bu yerda, q_K – bir soat davomida 1 m^3 katalizatorga nisbatan kuydirilgan koksning miqdori, kg/(m^3·soat).

Reaktordagi mavhum qaynash qatlamining hajmi aniqlangandan so'ng uskunaning diametri va balandligi tanlanadi. Tegishli tenglamalar asosida mavhum qaynash tezligi, zarrachalarning oqim bilan ketib qolish tezligi, siklonlarga kirayotgan oqimning chang ushlashligi, quvursimon qismlarni aeratsiya qilish uchun suv bug'i yoki gazning sarfi, zatvorlarni yaratish kabilar topiladi.

Uskunalarning tanlangan konstruksiyasi va o'lchamlari, taqsimlovchi moslamalar va katalizatorni tashish uchun pnevmotransport sistemasi asosida reaktor blokining gidravlik (yoki gazodinamik) hisobi amalga oshiriladi. Hisoblashlar natijasida reaktor blokining qabul qilingan sxemasi bo'yicha harakatlanuvchi katalizatorli katalitik kreking qurilmasida barcha oqimlarning (jumladan, katalizator oqimining) harakatini amalga oshirish hamda ularning sarfini boshqarish imkoniyatlari ko'rsatib berilishi kerak.

Tayanch so'z va iboralar

Kimyoviy reaktorlar, aralashtirish reaktorlari, o'rin almashinish reaktorlari, adiabatik reaktor, izotermik reaktor, politropik jarayonli reaktor, oraliq issiqlik rejimli reaktorlar, avtotermik reaktor, gaz fazali reaksiyalar, suyuq fazali reaksiyalar, gomogen jarayonlar, geterogen jarayonlar, davriy reaktorlar, uzluksiz reaktorlar, turg'un jarayonlar, noturg'un jarayonlar, xomashyo radial harakat qiladigan katalitik riforming reaktori, sulfat kislotasi bilan alkillashga mo'ljallangan gorizontal reaktor, harakatchan katalizatorli katalitik riforming reaktori, katalizatorni suyultirilgan fazada pnevmotransport qilish, katalizatorni zich fazada pnevmotransport qilish, kreking qurilmasining regeneratori, reaktor lifti, inersion separator, yuqoriga yo'nalgan oqimli siklonlar, berk oqimli siklonlar, katalizatorning yuzasida o'tirib qolgan koksni kuydirib chiqarish, reaktor-regenerator bloki, xomashyoni sochib beruvchi soplo, reaktorlarni hisoblash, termodinamik hisoblash, kinetik hisoblash, moddiy hisoblash, issiqlik hisobi, gidravlik hisoblash.

Mustaqil ishlash uchun savollar

21.1. Kimyoviy reaktorlarning neftkimyoviy jarayonlarni amalga oshirishdagi roli. Reaktorlar qanday prinsiplarga asosan sinflanadi?

21.2. Izotermik va avtotermik reaktorlar. Ushbu reaktorlarning umumiy va xususiy tomonlari nimalardan iborat?

21.3. Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasida qanday rusumdagi reaktorlar eng ko'p ishlatiladi?

21.4. Katalitik riforming qurilmasidagi xomashyo radial yo'nalish bo'yicha harakat qiladigan reaktorning ishlash prinsipi. Uning qanday afzallik tomonlari bor?

21.5. Harakatchan nasadkali katalitik riforming reaktori qanday tuzilgan? Ushbu reaktorning ishlash prinsipini qanday tushuntirsa bo'ladi?

21.6. Vakuum-distillyatlarini qayta ishlashga mo'ljallangan katalitik kreking qurilmasining mukammallashtirilgan reaktorini qanday tasvirlash mumkin?

21.7. Kreking qurilmasining regeneratori. Tuzilishi va ishlash prinsipi. Uning ish unumdorligi qanday omillarga bog'liq?

21.8. «Kellog» firmasi katalitik kreking qurilmasining reaktor-regenerator bloki. Ushbu blokning ishlash prinsipida qanday yangiliklar mavjud?

21.9. Sulfat kislotasi bilan alkillashga mo'ljallangan gorizontal reaktor. Ushbu reaktorning ishlash prinsipida qanday o'ziga xos tomonlar uchraydi?

21.10. Kimyoviy reaktorlarni hisoblash tartibi. Hisoblashlarni amalga oshirishdan ko'zlangan maqsadlar nimalardan iborat?

ASOSIY ATAMALARNING TA'RIFI

Absorbent (lot.) – gaz va bug'ni butun hajmicha tanlab yutuvchi suyuq modda.

Absorber (lot.) – absorbsiya jarayoni amalga oshiriladigan qurilmaning asosiy uskunasi. Unda gazlardagi moddalar (shu jumladan, zararli moddalar) suyuqlikka yutiladi.

Absorbsiya (lot.) – eritma yoki gaz aralashmasidagi modda (absorbat)larning suyuqlik (absorbent)larga hajmiy yutilishi. Gazlarning suyuqliklarga absorbsiyalanishidan neftni qayta ishlash, kimyo va boshqa sanoat sohalarida foydalaniladi. Gazlarning bug' va suyuqliklarda erish darajasining turliligiga asoslangan holda absorbsiyadan texnikada gazlarni tozalash va ajratishda hamda ularni bug'-gaz aralashmalaridan ajratishda foydalaniladi. Absorbsiyaga qarama-qarshi jarayon desorbsiya deyiladi, u eritma yutgan gazni ajratib olish va absorbentni regeneratsiya qilishda qo'llaniladi.

Avtoklav (frans.) – qizdirib va atmosfera bosimidan yuqori bosim ostida turli jarayonlar o'tkaziladigan uskuna.

Agregat (lot.) – mashinaning to'la o'zaro almashinadigan va texnologik jarayonda ma'lum vazifani bajaradigan yiriklashgan, unifikatsiyalangan elementi yoki birgalikda ishlaydigan bir qancha mashinalarning mexanik birikmasi.

Adsorbentlar (lot.) – tabiatda uchraydigan va sun'iy yo'l bilan tayyorlanadigan, disperslik darajasi yuqori bo'lgan juda katta tashqi (g'ovaksiz) yoki ichki (g'ovakdor) sirtli jismlar. Suyuq yoki gaz holidagi moddalar adsorbsiyasi xuddi shu adsorbent sirtida sodir bo'ladi. Adsorbentlar sifatida g'ovaktosh, gilmoyalar, faol ko'mir, silikagel, alyumogel, seolitlar va boshqa jismlar ishlatiladi.

Adsorber (lot.) – adsorbsiya jarayoni amalga oshiriladigan qurilmaning asosiy uskunasi. Unda gaz va suyuqlik aralashmalaridagi moddalar qattiq jism (adsorbent) ning sirtiga yutiladi.

Adsorbsiya (lot.) – qattiq moddalar (adsorbentlar) sirtiga suyuq yoki gaz holidagi modda (adsorbat)larning konsentrlanishi (yutilishi). Ushbu jarayon adsorbent sirtidagi molekulalararo kuch ta'sirida sodir bo'ladi. Adsorbat molekulalari adsorbent sirtiga yaqinlashib, unga tortiladi va adsorbatning bir (mono-), ikki (bi-) va hokazo ko'p (poli-) molekulali adsorbsion qavati hosil bo'ladi. Adsorbatning adsorbsion qavatdagi konsentratsiyasi ma'lum darajaga yetganidan keyin desorbsiya boshlanadi. Yutilgan modda adsorbsion qavatda o'z xususiyatini saqlab

qolsa, fizik adsorbsiya o'zgarsa, ya'ni adsorbent bilan kimyoviy biriksa, kimyoviy adsorbsiya deyiladi. Gaz va suyuq aralashmalarni ajratishda, havoni iflos gazlardan tozalashda, eritmalarni har xil qo'shilmalardan holi qilishda, ulardan erigan moddalarni ajratib olishda adsorbsiyadan keng foydalaniladi.

Apparat (lot.) – asbob, texnik qurilma, moslama, uskuna. Darslikda apparat atamasi o'rniga uskuna so'zi ishlatildi.

Barbotaj (frans.) – aralashtirish, suyuqlik qatlamidan gaz yoki bug'ni bosim bilan o'tkazish.

Barbotyor (frans.) – idishning ichiga suv bug'i yoki gaz berishga mo'ljallangan bo'lib, turli shaklga ega bo'lgan teshikli quvur.

Gazoduvka (rus.) – havo yoki boshqa gazlarni siqish va haydash uchun o'rtacha bosim (0,01 dan 0,3 MPa gacha) hosil qiladigan gidravlik mashina.

Gazlift (rus.) – suyuqliklarni ularga aralashtirilgan gaz energiyasi hisobiga ko'tarish uskunasi. Agar uskunada gaz o'rniga siqilgan havo ishlatilsa, erlift deb ataladi.

Gidrogenizatsiya (lot.) – oddiy yoki murakkab kimyoviy birikmalarga, asosan, katalizatorlar ishtirokida vodorod biriktirish. Ushbu jarayondan yuqori sifatli motor yonilg'isi, qattiq parafinlar, spirtlar va boshqa organik birikmalar olish uchun foydalaniladi.

Gidrokreking (ing.) – tarkibida oltingugurt va smolasimon moddalar ko'p bo'lgan neftni 350–450^{0}C da, vodorodning 3–14 MPa bosimi ostida va katalizator (alyumosilikat) lar ta'sirida qayta ishlash.

Gidrosiklon (yunon.) – bir-biridan o'lchamlari bilan farq qiladigan qattiq zarrachalarni suv muhitida markazdan qochma kuch ta'sirida ajratishga mo'ljallangan uskuna.

Gorelka (rus.) – gazsimon, suyuq yoki changsimon yonilg'ilarning havo yoki kislorod bilan aralashmasini hosil qilib, uni yoqish joyiga uzatadigan moslama.

Gradirnya (nem.) – suvni atmosfera havosi bilan sovitish uskunasi.

Degidratatsiya (lot.) – kimyoviy birikmalardan suvni ajratib olish; gidratatsiya reaksiyasiga teskari reaksiya. Degidratatsiya jarayoni neftlarni birlamchi tozalash paytida (ya'ni suvsizlantirishda) ishlatiladi. Neftni qayta ishlash sanoatida xomashyoni suvsizlantirish va tuzsizlantirish uchun elektrodegidratorlar va elektrokoalesserlar ishlatiladi.

Degidrogenizatsiya (lot.) – kimyoviy birikmalardan vodorodni ajratib olish reaksiyasi; gidrogenizatsiyaga teskari reaksiya. Degidrogenizatsiya jarayoni, masalan, butan va butilendan butadien, parafin uglevodorodlaridan aromatik uglevodorodlar, n-geksandan benzin ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Dezintegrator (lot.) – kam abraziv mo'rt materiallarni yanchish (dag'al maydalash) mashinasi.

Desorber (lot.) – yutilgan moddalarni adsorbent sirtidan yoki absorbent hajmidan harorat, bosim va boshqa omillar ta'sirida chiqarishga mo'ljallangan uskuna.

Distilatsiya (lot.) – ko'p komponentli suyuq aralashmalarni qisman bug'latish va hosil bo'lgan bug'ni kondensatsiyalash yo'li bilan ularni tarkiban farq qiluvchi fraksiyalarga ajratish.

Diffuziya (lot.) – muhit zarrachalari (molekula, atom, ion va kolloid zarrachalar) ning harakati; moddaning ko'chishiga va muhitda muayyan xildagi zarrachalar konsentratsiyalarining tenglashishi yoki ular konsentratsiyalarining teng taqsimlanishiga sabab bo'ladi. Muhitda makroskopik harakat (masalan, konveksiya) bo'lmaganda molekulalar (atomlar) diffuziyasi ularning issiqlik harakatiga bog'liq bo'ladi; bunday jarayon molekular diffuziya deb yuritiladi. Suyuqlikning uyurma harakati ta'sirida oqimda moddaning qo'shimcha tarqalishi yuz beradi; bu jarayon turbulent diffuziya deb ataladi. Muhitda harorat, elektr maydoni va shu kabilar doimo o'zgarib turganda diffuziya konsentratsiyalarning tegishli gradient bo'yicha muvozanatli taqsimlanishiga olib keladi (termodiffuziya, elektrodiffuziya va boshqalar).

Dozator (yunon.) – suyuq yoki sochiluvchan materiallar massasi yoki hajmini avtomatik o'lchab, ularni dozalaydigan uskuna.

Izomeriya (yunon.) – tarkibi va molekular massasi bir xil, biroq tuzilishi va xossalari har xil moddalar (izomerlar) borligidan iborat hodisa. Neftni qayta ishlashda normal uglevodorodlar (pentan, butan, benzin fraksiyasi) dan 120–150^{0}C da, bosim 1 MPa gacha bo'lganda va katalizator (alyuminiy xlorati) ta'sirida izobutan va izopentan olish izomerlashga misol bo'la oladi.

Kataliz (yunon.) – kimyoviy reaksiyalar tezligining katalizatorlar ishtirokida o'zgarishi. Kataliz deganda, odatda, reaksiyaning tezlanishi (musbat kataliz) tushuniladi, biroq teskari hodisa – reaksiyaning sekinlashishi (manfiy kataliz) ham mumkin. Katalizda unchalik yuqori bo'lmagan haroratlarda reaksiyalar katta tezlikda boradi, yuzaga kelishi mumkin bo'lgan bir qancha mahsulotlar orasida, asosan, muayyan bir

mahsulot hosil bo'ladi. Ko'pgina neftkimyoviy jarayonlar katalitik reaksiyalarga kiradi.

Katalizatorlar (yunon.) – kimyoviy reaksiyalar tezligini o'zgartiruvchi moddalar. Odatda kimyoviy reaksiyalarni tezlashtiruvchi moddalar katalizatorlar deb, kimyoviy reaksiyalarni sekinlashtiruvchi katalizatorlar ingibitorlar deb ataladi. Sintetik alyumosilikatlar, platina guruhidagi metallar, kumush, nikel va boshqalar katalizatorlar xizmatini o'taydi.

Klapan (nem.) – mashinalar va quvurlarda gaz, bug' yoki suyuqlik sarfini boshqaradigan detal. Klapan bosimlar farqini hosil qilish (droselli klapanlar), suyuqlikning teskari oqimi paydo bo'lishiga yo'l qo'ymaslik (teskari klapanlar), gaz bug' yoki suyuqlik bosimi belgilanganidan ortganda ularni qisman chiqarib yuborish (saqlash klapanlari), bosimni pasaytirish va uni maromida tutib turish (reduksion klapanlar) da ishlatiladi.

Kompressor (lot.) – havo yoki gazni 0,3 MPa va undan yuqori bosim bilan siqadigan gidravlik mashina.

Konveksiya (lot.) – muhit (gaz, suyuqlik) makroskopik qismining siljishi; massa, issiqlik va boshqa fizik miqdorlarning ko'chishiga sabab bo'ladi. Konveksiya muhitning har xil jinsliligi (harorat va zichlik gradientlari) sababli yuzaga keluvchi tabiiy (erkin) va muhitga tashqi ta'sir (nasos, ventilator va boshqalar) bo'lgandagi majburiy turlarga bo'linadi.

Konstruksiya (lot.) – biror qurilma, uskuna, mashina va ularning qismlarining tuzilishi, joylashish tartibi, tarkibi.

Kontakt (lot.) – turli holatdagi jismlarning bir-biriga tutash sirti, joyi, zonasi.

Konsentratsiya (lot.) – eritma, aralashma, qotishma tarkibidagi, uning massasi (yoki hajmi) birligidagi modda miqdori.

Korroziya (lot.) – qattiq jismlarning o'z-o'zidan yemirilishi; jism sirtida uning tashqi muhit bilan o'zaro ta'siri tufayli avj oluvchi kimyoviy va elektrokimyoviy jarayonlardan vujudga keladi.

Korpus (lot.) – mashina, mexanizm, asbob, uskunalarning boshqa detallar montaj qilinadigan asosiy qismi.

Kondensatsiya (lot.) – moddalarning gazsimon holatdan suyuq yoki qattiq holatga o'tishi. Ushbu jarayon faqat kritik haroratdan past haroratlarda bo'lishi mumkin. Berilgan doimiy haroratda kondensatsiya faqat haroratga bog'liq bo'lgan muvozanatli (to'yingan) bosim sodir bo'lgunga qadar davom etadi.

Kreking (ing.) – neft va uning fraksiyalarini, asosan, motor yonilg'ilari olish uchun qayta ishlash. Ikkita asosiy turga, ya'ni termik (yuqori harorat va bosim ta'siridagi) va katalitik (yuqori harorat, bosim va katalizator ta'siridagi) krekingga bo'linadi. Termik kreking, masalan, 450–550^{0}C, 4–6 MPa bosim ostida o'tkaziladi. Katalitik kreking 450–520^{0}C, 0,37 MPa gacha bosim ostida katalizator (alyumosilikat) lar bilan amalga oshiriladi.

Kristallanish (yunon.) – bug'lar, eritmalar, erigan metallar, boshqa kristall yoki amorf holatdagi moddalardan kristall hosil bo'lish jarayoni. Kristallanish biror chegaraviy sharoitda, masalan, suyuqlikning o'ta sovishi yoki bug'ning o'ta to'yinishi holatiga yetganida boshlanadi. Moylarni deparafinizatsiya qilishda, oltingugurt, parafinlar va serezinlar ishlab chiqarishda va ksilollarni ajratishda kristallanish jarayonidan foydalaniladi.

Mashina (frans.) – energiya, materiallar yoki informatsiyani o'zgartirish maqsadida mexanik harakat bajaruvchi qurilma. Kimyoviy texnologiyada – odatda material (yoki ishlov beriladigan narsa) ning shakli, xossasi, holati, vaziyatini o'zgartiradigan uskuna.

Modellash (rus.) – murakkab obyektlar, hodisalar yoki jarayonlarni, ularning modellarida yoki haqiqiy uskunalarda tajriba o'tkazish va ishlashiga o'xshash modellarni qo'llab tadqiq qilish usuli.

Model (rus.) – keng ma'noda olganda biror obyekt, jarayon yoki hodisaning xayoliy yoki shartli har qanday timsoli: tasvir, bayon, sxema, grafik, reja va boshqalar. Masalan, ilmiy maqsadlarda biron bir uskuna (original)ning tuzilishi va ishlashini takrorlovchi, ko'rsatuvchi kichik o'lchamli qurilma.

Montejyu (frans.) – qopqoq yordamida zich yopilgan gorizontal yoki vertikal silindrsimon idish bo'lib, ifloslangan, agressiv va radiaktiv suyuqliklarni havo va inert gazlarning energiyasi yordamida uncha yuqori bo'lmagan balandlikka uzatish uchun ishlatiladigan uskuna.

Nasadka (rus.) – ayrim uskunalarning ichiga solib qo'yiladigan har xil shaklli qattiq jismlar. Nasadkalarning turlari: Rashig halqalari, keramik buyumlar, koks, maydalangan kvars, polimer halqalari, metalldan tayyorlangan to'rlar, sharlar va boshqalar.

Nasos (rus.) – suyuqliklar (jumladan, qattiq va gazsimon aralashmalar) ni bosim ostida haydaydigan gidravlik mashina.

Optimallash (rus.) – mavjud variantlardan eng yaxshisi, eng maqbulini tanlab olish jarayoni.

Prosess (lot.) – hodisalarning izchil almashinib turishi, biror narsaning taraqqiyot holati, jarayon. Darslikda prosess atamasi o'rniga jarayon so'zi ishlatildi. Masalan, gidromexanik jarayonlar (cho'ktirish, filtrlash, sentrifugalash va boshqalar).

Pech (rus.) – materiallar yoki buyumlarga qizdirib ishlov berishga yoxud xonalarni isitishga mo'ljallangan qurilma. Qo'llanilish sohasiga ko'ra, sanoat va ro'zg'or pechlariga, vazifasiga ko'ra, eritish, qizdirish, kuydirish, quritish, isitish pechlariga va boshqa xillarga bo'linadi. Neftni qayta ishlash sanoatida quvurli pechlar keng tarqalgan.

Piroliz (yunon.) – moddalarni yuqori harorat ta'sirida parchalash. Neft distillyatlari (benzin, kerosin) yoki gaz (etan, propan) ni piroliz qiliish yo'li bilan neftkimyosining muhim xomashyolari hisoblangan to'yinmagan uglevodorodlar (etilen, propilen, butadien) olinadi. Piroliz paytida aromatik uglevodorodlar (benzol, toluol) va pirokondensat ham olish mumkin. Jarayon 0,01 MPa dan past bo'lgan bosim va 650–900^{0}C haroratda olib boriladi.

Reaktor (lot.) – kimyoviy reaksiyalar o'tkaziladigan uskuna. Alomatlariga ko'ra, gomogen va geterogen tizimlarda o'tkaziladigan reaksiyalar uchun past, o'rtacha va yuqori bosimli xillarga bo'linadi. Neftkimyosi sanoatida ishlatiladigan reaktorlar uch guruhga bo'linadi: termik jarayonlar (kreking, kokslash, piroliz) uchun reaktorlar; katalitik jarayonlar (kreking, riforming, gidrogenizatsiya-gidrotozalash, gidrokreking, gidrodealkillash) uchun reaktorlar; yengil uglevodorodlarni qayta ishlash jarayonlari (alkillash, polimerlanish) uchun reaktorlar.

Regeneratsiya (lot.) – texnikada ish bajarib bo'lgan (eski) mahsulotga dastlabki sifatlarini qaytarish. Masalan, iflos mashina moyini tozalash, eski rezinani suyultirib plastik massaga aylantirish, katalitik jarayonlarda ishlatilgan katalizatorning birlamchi xossalarini tiklash va boshqalar; issiqlik texnikasida – gazsimon yonish mahsulotlari issiqligidan yonilg'ini, havoni yoki ularning aralashmasini isitishda foydalanish (issiqlik uskunalarida).

Rektifikatsiya (lot.) – suyuq aralashma komponentlarini rektifikatsion kolonnalarda haydash usulida ajratish. Ushbu jarayon aralashmani bug'latishda ajralgan bug' va bug'ning kondensatsiyalanishi natijasida hosil bo'lgan suyuqlik o'rtasida ko'p marotabalik kontakt paytidagi modda almashinishga asoslangan. Rektifikatsiya jarayoni ichki qismi turli kontakt moslamalari (tarelkalar, nasadkalar va boshqalar) bilan jihozlangan rektifikatsion kolonnalarda olib boriladi. Rektifikatsiya yo'li bilan neftdan turli mahsulotlar (benzin, kerosin,

dizel yonilg'isi, mazut, moy fraksiyalari) olinadi. Suyultirilgan gazlarni rektifikatsiya qilish paytida etilen, etan, propan, butan va boshqa komponentlar ajralib chiqadi.

Riforming (lot.) – neft mahsulotlari (asosan, neftning benzinli va ligroinli fraksiyalari) ni 470–540^{0}C harorat va 0,7–3,5 MPa bosim ostida qayta ishlash. Ushbu jarayon yordamida yuqori oktanli avtomobil benzinlari, aromatik uglevodorodlar va texnik vodorod olinadi. Termik va katalitik riforming bo'ladi; platina katalizatorlik qilgan riforming – platforming, molibdenlisi esa gidroforming deyiladi.

Separator (lot.) – aralashmalarni ajratuvchi uskuna; ishlash prinsipi aralashma komponentlari fizik xossalarning turlicha bo'lishiga asoslangan.

Separatsiya (lot.) – suyuq yoki qattiq zarrachalarni gazlardan, qattiq zarrachalarni esa suyuqliklardan ajratish; qattiq yoki suyuq aralashmalarni tarkibiy qismlarga ajratish.

Soplo (rus.) – ichida gaz yoki suyuqlik tezligi oshadigan o'zgaruvchan kesimli kanal (qisqa quvur).

Sorbent (lot.) – gaz, bug' va erigan moddalarni yutadigan qattiq va suyuq moddalar. Gaz va bug'ni butun hajmicha yutuvchi suyuq sorbent absorbent deyiladi. Yutilayotgan gaz, bug' yoki erigan moddalarni yuzasiga to'playdigan qattiq sorbent adsorbent deb ataladi. Ion almashinuvchi smolalar (ionitlar) sorbentlarning alohida guruhiga mansub.

Sorbsiya (lot.) – gaz, bug' yoki erigan moddalarning qattiq jism yoki suyuqlikda yutilishi. Sorbsiyaning absorbsiya, adsorbsiya, xemosorbsiya, ion almashinuvchi sorbsiya, kapillar kondensatsiya turlari mavjud. Sorbsion jarayonlar sanoatda mahsulotlar, gazlar va oqova suvlarni tozalashda keng qo'llaniladi.

Standart (ing.) – norma, andoza, namuna, o'lcham. Keng ma'noda boshqa obyekt (mahsulot)larini taqqoslash uchun dastlabki obyekt deb qabul qilingan o'ziga o'xshash namuna, etalon, model. Standart bajarilishi lozim bo'lgan bir qancha shartlardan iborat hujjat holida, kattaliklar birliklari yoki fizik konstantalar holida yoki taqqoslash uchun biron predmet holida bo'lishi mumkin.

Skrubber (ing.) – changli gazlarni yuvish yo'li bilan tozalaydigan uskuna.

Suspenziya (lot.) – suyuq dispersion muhitli va zarralari broun harakatiga to'sqinlik qila oladigan darajada yirik bo'lgan dispers fazali turli jinsli sistemalar.

Sxema (yunon.) – asbob, qurilma, uskuna, inshoot va boshqalarning asosiy g'oyasini, ish prinsiplarini hamda jarayonlar ketma-ketligini izohlab beradigan chizma.

Texnologiya (yunon.) – ishlab chiqarish jarayonida tayyor mahsulotlar olish uchun ishlatiladigan xomashyo, material yoki yarim fabrikatlarning holati, xossasi va shakllarini o'zgartirish, ularga ishlov berish, tayyorlash uslublari majmui. Texnologiyaning fan sifatidagi vazifasi – eng samarali va tejamli ishlab chiqarish jarayonlarini aniqlash va amalda joriy qilish maqsadida fizikaviy, kimyoviy, mexanik va boshqa qonuniyatlarni topish.

Filtr (frans.) – qattiq va suyuq fazali har xil jinsli sistemani g'ovak to'siqlardan o'tkazib tarkibiy qismlarga ajratadigan, quyultiradigan yoki tindiradigan uskuna.

Sentrifuga (lot.) – suspenziya va emulsiyalarni markazdan qochma kuch maydonida ajratadigan uskuna.

Siklon (yunon.) – gaz aralashmalarini qattiq zarrachalardan markazdan qochma kuch ta'sirida tozalaydigan uskuna.

Emulsiya (lot.) – bir suyuqlikning mayda tomchilari (dispers faza) boshqa suyuqlik (dispersion muhit) da tarqalishi natijasida hosil bo'lgan turli jinsli sistemalar. Qazib olingan neft suv bilan birgalikda emulsiya holatida bo'ladi. Xomashyoni birlamchi tozalash paytida neft-suv emulsiyasini parchalash uchun deemulgatorlardan foydalaniladi.

Ekstraksiyalash (lot.) – suyuq yoki qattiq moddalar aralashmasini maxsus (selektiv) erituvchi (ekstragent) lar yordamida to'la yoki qisman ajratish. Ushbu jarayonning fizik mohiyati ajratib olinayotgan (ekstraksiyalanayotgan) moddaning to'qnashuv paytida bir faza (suyuq yoki qattiq faza) dan ikkinchi faza – suyuq ekstragent fazasiga o'tishidan iborat. Ekstraksiyalash quyidagi jarayonlarni: dastlabki modda aralashmasi bilan ekstragentni to'qnashtirish (aralashtirish); hosil bo'lgan ikki fazani mexanik ajratish; ekstragentni har bir fazadan ajratib olish va regeneratsiyalashni o'z ichiga oladi. Benzin fraksiyalaridan aromatik uglevodorodlarni ajratib olishda ekstraksiyalash jarayonidan foydalaniladi.

ILMIY TADQIQOT ISHLARINI OLIB BORISH UCHUN MAVZULAR

1. Nonyuton suyuqliklarning gidrodinamikasini tadqiq qilish va ularni uzatishning tejamkor usulini ishlab chiqish.

2. Neft va gaz kondensati aralashmalarining fizik-kimyoviy, gidrodinamik va diffuzion xossalarini aniqlash.

3. Mexanik aralashtirish orqali yuqori qovushoqlikka ega bo'lgan neftlarning reologik xossalarini yaxshilash.

4. Tarkibida neft mahsulotlarining qoldiqlarini ushlagan chiqindi suvlarni markazdan qochma kuch maydonida ajratish.

5. Gidrogenizatsion jarayonlarda ishlatiladigan katalizatorlarning gidrodinamikasini tadqiq qilish.

6. Siyraklashgan faza holatida (30 kg/m^3) bo'lgan changsimon katalizatorni pnevmatik yo'l bilan uzatishni o'rganish.

7. Zich fazali (250 kg/m^3) donador katalizator harakatchan qatlamining gidrodinamik rejimlarini aniqlash.

8. Tabiiy gaz tarkibidagi qattiq zarrachalar va suyuqlik tomchilarini gravitatsion maydonda cho'kishini jadallashtirish uslublarini ishlab chiqish.

9. Tarkibida neft mahsulotlarini ushlagan emulsiyalarni sentry-fugada ajratishning nazariyasi va amaliyoti.

10. Tabiiy gazni ho'l usul bilan harakatchan nasadkali uskunada tozalashning gidrodinamikasi.

11. Tabiiy gazni suyuqlik va mexanik qo'shimchalardan birlamchi tozalash uchun separator yaratish.

12. Tabiiy gazni qattiq zarrachalar, suv va oltingugurtdan to'la tozalashni tadqiq qilish.

13. Neft emulsiyalarini kimyoviy reagentlar yordamida tindirish jarayonini o'rganish va uni jadallashtirish yo'llarini ishlab chiqish.

14. Neft-suv emulsiyasini elektr maydonida ajratish jarayonini modellashtirish va optimallash.

15. Ko'kdumaloq neftlarini qobiq-quvurli uskunada isitish jarayonida issiqlik berish va issiqlik uzatish koeffitsiyentlarining o'zgarishini tadqiq qilish.

16. Neftni qayta ishlash korxonalarida ishlatiladigan issiqlik almashinish uskunalarining samaradorligini tahlil etish.

17. Gazsimon uglevodorodlarni piroliz qilish uchun quvurli pechni tanlash, hisoblash va uning samaradorligi qaysi omillardan bog'liqligini aniqlash.

18. Neft moylarini havo bilan sovitadigan qobiq-quvurli uskunadagi issiqlik almashinish jarayonini tadqiq qilish.

19. Plastinali issiqlik almashgich yuzasini neft qurumlaridan tozalash jarayonini o'rganish va uni jadallashtirish uchun tavsiya berish.

20. Vakuum-distillyatlarni katalizator ishtirokida gidrokrekinglash jarayonidagi issiqlik almashinishni o'rganish.

21. Gaz kondensatidan rektifikatsiya yo'li alifatik erituvchilar olish paytidagi modda almashinishni tadqiq qilish.

22. Neft va neft mahsulotlarining turli haroratlar ta'siridagi uchuvchanligini o'rganish va amaliyot uchun takliflar ishlab chiqish.

23. Neft fraksiyalarini ajratish jarayonida qo'llaniladigan rektifikatsion tarelkalarning ishlash samaradorligini solishtirma tahlil qilish.

24. Gaz kondensatlarini katta idishlarda saqlash paytidagi uchuvchanlikni kamaytirish uchun yuqori samarali pontonlar yaratish.

25. Og'ir moy fraksiyasini furfurol yordamida pnevmatik aralashtirgichli ekstraktorda selektiv tozalash.

26. Quyilish moslamalari bo'lgan bir oqimli rektifikatsion kolonnada neftni fraksiyalarga ajratish jarayoniga turli omillar (harorat, bosim, flegma soni) ning ta'siri.

27. Neftni fraksiyalarga ajratishda ishlatiladigan nasadkali rektifikatsion kolonnalarning ish samaradorligini tahlil qilish.

28. Turli erituvchilarning neft moylarini ekstraksiya qilish tezligiga ta'sirini o'rganish va ushbu jarayon uchun eng maqbul sharoitni aniqlash.

29. Distillyat va deasfaltizatlarni fenol bilan ekstraksiya qilish orqali ularni tozalashni jadallashtirish va optimallash.

30. Platformatlardan aromatik uglevodorodlarni erituvchilar yordamida ekstraksiya qilish paytidagi modda almashinishni o'rganish.

31. Tabiiy gazni sintetik seolitlar yordamida adsorbsion usul bilan tozalashning kinetikasi va ushbu jarayondagi modda almashinishni tadqiq qilish.

32. Bug'-havo aralashmasi tarkibidagi yengil uglevodorodlarni sorbsion jarayonlar yordamida ajratib olishning gidrodinamikasi.

33. Neft va gazni qayta ishlash korxonalarida hosil bo'ladigan bug'-havo aralashmasidan uglevodorodlarni adsorbsiya yo'li bilan ajratib olish paytidagi modda almashinish.

34. Bug'-havo aralashmasi tarkibidan uglevodorodlarni rekuperatsiya qilishni modellashtirish va optimallash.

35. Neftni qayta ishlashda olingan koksni mavhum qaynash holatida quritishdagi gidrodinamik va modda almashinish jarayonlari.

36. Oltingugurtni kristallanish yo'li bilan olishning kinetikasini o'rganish va ushbu jarayon uchun yuqori samarali kristallizator tanlash.

37. Mahalliy uglevodorodli xomashyolar asosida surkov moylari olish jarayonlarini modellashtirish, optimallash va jadallashtirish.

38. Tabiiy gazdan suyultirilgan ekologik toza motor yonilg'isi olishni tadqiq qilish va ushbu jarayon uchun yuqori samarali reaktor tanlash.

39. Dizel yonilg'isini katalitik gidrooltingugurtsizlantirish uchun eng faol katalizatorni tanlash va ushbu jarayonning kinetikasini o'rganish.

40. Benzin uchun detonatsiyaga qarshi qo'shimcha hisoblangan metil-tretbutil efiri olishni tadqiq qilish va uni jadallashtirish yo'llarini aniqlash.

41. Tabiiy gazdan izobutilen olishning kinetikasini o'rganish va ushbu jarayon uchun mos kelgan reaktorni hisoblash.

42. Tabiiy gazdan sintetik yonilg'i va parafinlarni olish bo'yicha adabiyotlarda keltirilgan barcha ma'lumotlarni tahlil qilish.

43. Etilendan etilen oksidi olishning kinetikasini o'rganish, ushbu kimyoviy jarayon uchun reaktor rusumini tanlash va uni hisoblash.

44. Oltingugurtli og'ir neft deasfaltizatini katalizator ishtirokida gidrogenizatsiya qilish jarayonini tadqiq qilish.

45. Qo'ng'ir ko'mirdan metanol va aromatik uglevodorolar ajratib olish jarayonlarini ishlab chiqish.

46. Qo'ng'ir ko'mirni haydash yo'li bilan undan avtobenzin va dizel yonilg'isi olish imkoniyatini o'rganish.

47. Angren ko'miridan faollashtirilgan ko'mir olish texnologiyasini yaratish.

48. Angren ko'miridan faollashtirilgan ko'mir olish uchun yuqori samarali uskuna yaratish va uni hisoblash.

49. Yonuvchi slaneslardan suyuq neft mahsulotlari olishning samarali usullarini ishlab chiqish.

50. Yonuvchi slaneslardan nodir va siyrak metallar olish imkoniyatlarini tadqiq qilish.

TEST SAVOLLARIDAN NAMUNALAR

1. O'zbekiston neft va gaz sanoatiga nechanchi yil asos solingan?

A) 1962. B) 1985. V) 1953. G) 1992. D) 1960.

2. Harakatlantiruvchi kuchi gidrostatik va gidrodinamik bosim bilan bog'liq bo'lgan jarayonlarni ko'rsating?

A) Issiqlik jarayonlari. B) Mexanik jarayonlar. V) Gidromexanik jarayonlar. G) Issiqlik almashinish jarayonlari. D) Kimyoviy jarayonlar.

3. Solishtirma hajmni qaysi ifoda orqali aniqlash mumkin?

A) $V=\frac{1}{\rho}$. B) $\gamma=\rho g$. V) $\gamma=\frac{G}{V}$. G) $\rho=\frac{m}{V}$. D) $\Delta=\frac{\rho}{\rho_c}$.

4. Original va modeldagi zarrachalarning mexanik harakati qaysi o'xshashlik mezoni yordamida aniqlanadi?

A) $\mathrm{Re}=\frac{wd\rho}{\mu}$. B) $\mathrm{Pr}=\frac{c\mu}{\lambda}$. V) $K_N=\frac{N}{\rho n^3 d^5}$.

G) $Fr=\frac{w^2}{gl}$. D) $Ne=\frac{f\tau}{mw^2}$.

5. Suyuqlik va unga aralashmaydigan boshqa suyuqlik tomchilaridan tashkil topgan ko'p jinsli tizim qanday deb ataladi?

A) Ko'pik. B) Emulsiya. V) Tutun. G) Suspenziya. D) Tuman.

6. Gravitatsion tozalash jarayoni qanday kuch ta'sirida amalga oshiriladi?

A) Markazdan qochma kuch. B) Inersion kuch.

V) Elektrostatik kuch. G) Og'irlik kuchi. D) Namlik gradienti.

7. Sentrifugalarning ajratish omili qaysi tenglama yordamida topiladi?

A) $Ka=\frac{wd}{v}$. B) $Ka=\frac{mn^2}{R}$. V) $Ka=\frac{mg}{\mu}$. G) $Ka=\frac{w^2R}{g}$. D) $Ka=\frac{mR}{g}$.

8. Agar suspenziya filtrga porshenli nasos orqali uzatilsa, filtrlash jarayonining qaysi ko'rinishi sodir bo'ladi?

A) O'zgarmas bosim farqi ostida. B) O'zgaruvchan tezlik ostida. V) O'zgaruvchan bosim farqi ostida. G) O'zgarmas tezlik ostida. D) O'zgaruvchan bosim farqi va tezlik ostida.

9. Venturi quvuri gazyuvuvchi uskunalarning qaysi guruhiga kiradi?

A) Past naporli chang ushlagichlar. B) O'rta naporli chang ushlagichlar. V) Yuqori naporli chang ushlagichlar. G) Gravitatsion chang ushlagichlar. D) Markazdan qochma chang ushlagichlar.

10. Suyuqliklarni aralashtirishda avtomodel rejimiga erishish uchun quvvat mezoni qanday qiymatga ega bo'lishi kerak?

A) $Re_m > 10^5$. B) $Re_m > 10^7$. V) $Re_m < 10^3$. G) $Re_m > 10^9$. D) $Re_m = 10^5$.

11. Donador material qatlamidagi bo'sh hajmni qatlamning umumiy hajmiga nisbati qanday deb ataladi?

A) Solishtirma yuza. B) G'ovaklilik. V) Ekvivalent diametr. G) Zarracha shaklini belgilovchi kattalik. D) Donador qatlamning nisbiy qarshiligi.

12. Qanday sharoitda donador materialning qatlamida mavhum qaynash holati hosil bo'ladi?

A) Materialning og'irligi gidrodinamik bosim kuchiga teng bo'lganda.

B) Materialning og'irligi gidrodanamik bosim kuchidan katta bo'lganda.

V) Materialning og'irligi gidrodinamik bosim kuchidan kichik bo'lganda.

G) Qo'shimcha qarshilik kuchi hosil qilinganda.

D) Qatlamning g'ovaklilik darajasi kamaytirilganda.

13. Sharsimon zarrachali qatlamda mavhum qaynashning birinchi kritik tezligini topishda O.M. Todesning qaysi tenglamasidan foydalanish eng qulay hisoblanadi?

A) $\mathrm{Re} = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0{,}61\sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}}$. B) $\mathrm{Re}_e = \frac{w_e d\rho}{\mu}$. V) $\mathrm{Re} = \frac{wd\rho}{\mu}$.

G) $Ar = \frac{d^2(\rho_k - \rho_m)\rho g}{\mu^2}$. D) $\mathrm{Re}_k = \frac{Ar}{1400 + 5{,}22\sqrt{Ar}}$.

14. Qattiq materiallarni maydalashda bo'laklarning o'rtacha o'lchami maydalangandan so'ng 2÷10 mm teng bo'lishi uchun qaysi usuldan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi?

A) Mayda yanchish. B) Yirik yanchish. V) Yupqa maydalash.

G) O'ta yupqa maydalash. D) O'rtacha yanchish.

15. Uzluksiz jarayonlar uchun issiqlik uzatishning asosiy tenglamasi qaysi javobda to'g'ri ifodalangan?

A) $Q = KF\Delta t_{o'r}\tau$. B) $Q = F\Delta t_{o'r}\tau$. V) $Q = KF\Delta t_{o'r}$. G) $Q = KF\tau$. D) $Q = KF(t_1 - t_2)\tau$.

16. Issiqlik o'tkazish koeffitsiyentining o'lchov birligi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

A) $\frac{Bm}{m \cdot K}$. B) $\frac{Bm}{m^2 \cdot K}$. V) $\frac{kkal}{m \cdot ch \cdot grad}$. G) $\frac{kJ}{m \cdot K}$. D) $\frac{Bm}{m^3 \cdot K}$.

17. Tushayotgan nurni to'liq yutuvchi jism qanday nom bilan ataladi?

A) Absolyut qora jism. B) Absolyut oq jism. V) Diametrlik jism. G) Kulrang jism. D) Absolyut ko'k jism.

18. Devor va suyuqlik haroratlari orasida 1 gradus farq bo'lganda 1 sekund maboynida 1 m^2 devor yuzasidan suyuqlikka tarqalgan issiqlik miqdorini aniqlovchi kattalik qanday nomlanadi?

A) Issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti. B) Issiqlik almashinish koeffitsiyenti. V) Issiqlik berish koeffitsiyenti. G) Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti. D) Harorat uzatish koeffitsiyenti.

19. Konvektiv issiqlik almashinishni o'rganishda qo'llaniladigan o'xshashlik mezonlaridan qaysi biri aniqlovchi mezon hisoblanadi?

A) Fure mezoni. B) Pekle mezoni. V) Nusselt mezoni.
G) Reynolds mezoni. D) Frud mezoni.

20. Isituvchi quvurlar va uskuna qobig'i haroratlari o'rtasidagi farq 50^0C dan katta bo'lganda qaysi turdagi issiqlik almashgichlar ishlatiladi?

A) Zmeevikli. B) Linzali kompensatorli. V) Namlanuvchi.
G) Qo'sh quvurli. D) G'ilofli.

21. Qirrali issiqlik almashgichlarda issiqlik berish koeffitsiyentining qiymati eng katta bo'lishligi zarur bo'lganda qirralar qaysi materialdan qilinishi maqsadga muvofiq bo'ladi?

A) Po'lat. B) Cho'yan. V) Plastmassa. G) Mis. D) Temir.

22. Suyuqlikni isitish uchun sarflangan issiqlikning miqdorini qaysi tenglama yordamida aniqlash mumkin?

A) $D = \frac{Q}{i-\theta}$. B) $Q = GC\,(t_1 - t_2)$. V) $Q = xGC\,(t_0 - t_b)$.

G) $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \Sigma\tau_g + \frac{1}{\alpha_2}}$. D) $\alpha = 1{,}15\sqrt[4]{\frac{\lambda^3\rho^2 rg}{\mu\Delta tH}}$.

23. Issiqlik almashgichning bitta yo'lidagi quvurlarning ko'ndalang kesimini topishda qaysi tenglamadan foydalanish kerak?

A) $n_1 = \frac{f_T}{0{,}785d_e^2}$. B) $f_T = \frac{G}{\rho w}$. V) $L = \frac{F}{\pi d_e n_1}$.

G) $n_0 = 3a(a-1)+1$. D) $n_0 = \frac{3}{4}(\delta^2 - 1)+1$.

24. Turbulent rejimda ($2300<Re<10^4$) gidravlik tekis quvurlar uchun ishqalanish koeffitsiyentining qiymatini aniqlashda qaysi tenglamadan foydalansa bo'ladi?

A) $\lambda = \frac{64}{Re}$. B) $\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$. V) $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\ell g\left[\frac{\varepsilon}{3,7} + \left(\frac{6,81}{Re}\right)^{0,9}\right]$.

G) $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2\ell g\frac{3,7}{\varepsilon}$. D) $\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}\cdot Pr}$.

25. Quvurli pechning radiant kamerasidan chiqayotgan yonish mahsulotlarining harorati necha gradus atrofida bo'ladi?

A) 400÷500^{0}C. B) 1000÷1100^{0}C. V) 1400÷1600^{0}C.
G) 600÷900^{0}C. D) 1100÷1200^{0}C.

26. Gazlarning tutun quvuridagi tezligi, gidravlik qarshiliklarni hisobga olgan holda, tabiiy tortishda qanday qiymatga teng bo'ladi?

A) 1,5 ÷ 2,0 m/s. B) 2,5 ÷ 3,5 m/s. V) 9 ÷ 12 m/s. G) 0,8 ÷ 1,2 m/s. D) 4 ÷ 8 m/s.

27. Gazlarning tarkibidagi birorta komponentni suyuqliklar bilan tanlab yutish jarayoni qanday nom bilan yuritiladi?

A) Desorbsiya. B) Rektifikatsiya. V) Adsorbsiya.
G) Ekstraksiya. D) Absorbsiya.

28. Gazlarning tarkibidagi bitta yoki ikkita komponentni qattiq jismlar yordamida yutish jarayoni qanday ataladi?

A) Absorbsiya. B) Xemosorbsiya. V) Adsorbsiya.
G) Ekstraksiya. D) Desorbsiya.

29. Suyuqlik yoki qattiq jismda yutilgan komponentni haydab chiqarish jarayoni qanday nomga ega?

A) Desorbsiya. B) Gipersorbsiya. V) Absorbsiya.
G) Adsorbsiya. D) Quritish.

30. Suyuqlikda erigan moddani boshqa suyuqlik bilan ajratib olish jarayoni qanday ataladi?

A) Absorbsiya. B) Ekstraksiya. V) Rektifikatsiya.
G) Desorbsiya. D) Xemosorbsiya.

31. Bitta fazaning markazidan moddaning fazalarni ajratuvchi yuzagacha yoki teskari yo'nalishda (ya'ni fazalarni ajratuvchi yuzadan fazaning markazi tomon) tarqalishi qaysi kattalik orqali ifoda qilinadi?

A) Modda uzatish. B) Modda o'tkazish. V) Modda berish.
G) Modda o'tkazuvchanlik. D) Modda tashish.

32. Moddaning bir muhitdan ikkinchi muhitga fazalarni ajratuvchi yuza orqali tarqalishi qanday nom bilan yuritiladi?

A) Modda berish. B) Modda o'tkazish. V) Issiqlik berish.
G) Modda o'tkazuvchanlik. D) Termodiffuziya.

33. Muhitlar tarkibini ifodalash uchun qo'llangan kg/m^3 o'lchov birligi bilan ifodalangan kattalik qanday nomlanadi?

A) Mol ulushi. B) Og'irlik ulushi. V) Hajmiy konsentratsiya.
G) Nisbiy konsentratsiya. D) Hajmiy ulush.

34. $M=KuF\Delta U_{o't}$ tenglamasidagi Ku kattaligi qanday nom bilan yuritiladi?

A) Modda o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti. B) Modda berish koeffitsiyenti.
V) Modda o'tkazish koeffitsiyenti. G) Issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti.
D) Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti.

35. Quyidagi diffuzion o'xshashlik mezonlari ichida qaysi biri aniqlovchi mezon hisoblanadi?

A) Reynolds. B) Fure. V) Pekle. G) Nusselt. D) Prandtl.

36. Harakatlantiruvchi kuch birligiga to'g'ri kelgan muhitlar konsentratsiyasining o'zgarishi qanday nom bilan ataladi?

A) O'tkazish birligi soni. B) O'tkazish birligining balandligi.
V) O'rtacha harakatlantiruvchi kuch. G) Modda o'zatishning hajmiy konsentratsiyasi. G) Jarayon omili.

37. $M=\beta F\tau\Delta c$ tenglamasidagi β kattaligi qanday nom bilan yuritiladi?

A) Modda o'tkazish koeffitsiyenti. B) Modda berish koeffitsiyenti.
V) Modda o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti. G) Termodiffuziya koeffitsiyenti.D) Issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti.

38. $M=KxaV\Delta X_{o't}$ tenglamasidagi «a» belgisi qanday fizik tushunchani bildiradi?

A) Uskunaning ish hajmi. B) Uskunaning balandligi. V) Fazalarning solishtirma kontakt yuzasi. G) Modda berish koeffitsiyenti. D) Muhitning konsentratsiyasi.

39. Suyuqliklarni haydash jarayonida suyuqlik va bug' fazalaridan iborat bo'lgan ikki komponentli aralashmalarning erkinlik darajasi ko'rsatilsin?

A) 3. B) 4. V) 1. G) 2. D) 5.

40. Deflegmatorda bug'larning kondensatsiyalanishi natijasida hosil bo'lgan kondensatning rektifikatsion kolonnaga qaytarilgan qismi qanday nomlanadi?

A) Distillyat. B) Rektifikat. V) Flegma. G) Kondensat. D) Deflegmat.

41. Nazariy tarelkalar sonining haqiqiy tarelkalar soniga nisbatining nomlanishi qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

A) Kolonnaning foydalish ish koeffitsiyenti. B) Bosqichning foydali ish koeffitsiyenti. V) Tarelkalarning foydali ish koeffitsiyenti. G) Bosqichning samaradorligi. D) Konsentratsiya pog'onalari.

42. «Absorbtiv» atamasi nimani ifoda qiladi?

A) Yutuvchi modda. B) Qattiq jism. V) Yutilayotgan modda. G) Yutilib bo'lgan modda. D) Suyuq muhit.

43. Absorbsiya paytidagi muvozanatni ifoda qiluvchi Genri qonuni qanday ko'rinishga ega?

A) $\ln E = -\frac{q}{RT} + c$. B) $P_A^* = E \cdot X_A$. V) $R_A = R \cdot U_A$.

G) $m = \frac{E}{p}$. D) $\ln E = -\frac{q}{RT}$.

44. Absorbsiya jarayonini amalga oshirish uchun ishlatiladigan g'alvirsimon tarelkalar yuzasidagi suyuqlik qatlamining balandligi necha millimetr bo'lgani maqbul hisoblanadi?

A) 25–30 mm. B) 10–15 mm. V) 35–40 mm. G) 15–20 mm. D) 5–10 mm.

45. Rektifikatsion kolonnalarda qo'llaniladigan keramikadan tayyorlangan Rashig halqalarining solishtirma yuzasi (m^2/m^3) qaysi chegaralarda o'zgaradi?

A) 110 – 500. B) 165 – 220. V) 90 – 330. G) 108 – 380. D) 115 – 310.

46. Makrog'ovakli adsorbent zarrachalari ichidagi kapillar kanallarining o'lchami qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

A) $10^{-9} < r < 10^{-7}$ m. B) $r < 10^{-9}$ m. V) $r > 10^{-5}$ m.

G) $r < 10^{-6}$ m. D) $r > 10^{-7}$ m.

47. Faollashtirilgan ko'mirning solishtirma yuzasi (m^2/g) qaysi chegaralarda o'zgarishi mumkin?

A) 600 – 1700. B) 300 –350. V) 180 – 220. G) 450 – 500. D) 270 – 350.

48. Ekstrakt tarkibidagi kerakli komponentning muvozanat holatdagi konsentratsiyasini ushbu komponentning rafinatdagi muvozanat konsentratsiyasiga nisbati qanday ataladi?

A) Foydali ish koeffitsiyenti. B) Ekstraksikllashdagi ajratish koeffitsiyenti. V) Tarqalish koeffitsiyenti. G) Ajratish omili. D) Reekstraksiyalash koeffitsiyenti.

49. Sanoatda nam materiallarni suvsizlantirishda quritishning qaysi usuli eng ko'p ishlatiladi?

A) Dielektrik quritish. B) Sublimatsiyali quritish. V) Radiatsiyali quritish. G) Konvektiv quritish. D) Kontaktli quritish.

50. Kristallanish jarayonini hisoblashda ishlatiladigan $M=K(S_t-S_m)^2$ tenglamadagi «K» belgisi qanday nom bilan yuritiladi?

A) Chegara qatlamdagi to'yingan eritmaning konsentratsiyasi. B) Modda o'tkazish koeffitsiyenti. V) Fazaviy o'zgarish tezligining doimiyligi. G) O'sayotgan kristallarni qoplab turgan diffuzion chegara qatlamining qalinligi. D) Modda o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti.

51. Neft distillyatlari yoki gazni yuqori harorat ta'sirida parchalash jarayoni qanday deb ataladi?

A) Gidrogenizatsiya. B) Desorbsiya. V) Piroliz. G) Kreking. D) Alkillash.

52. Neft mahsulotlarini yuqori harorat (470–540^{0}C) va bosim ostida (0,7–3,5 MPa) qayta ishlash jarayoni qanday deb yuritiladi?

A) Riforming. B) Kreking. V) Termik kreking.
G) Gidrogenizatsiya. D) Katalitik kreking.

53. Tarkibida oltingugurt va smolasimon moddalar ko'p bo'lgan neftni yuqori harorat (350–450^{0}C), vodorodning 3–14 MPa bosimi ostida va katalizatorlar ishtirokida qayta ishlash jarayoni qanday nomlanadi?

A) Gidrokreking. B) Degidrogenizatsiya. V) Izomerlanish.
G) Degidratatsiya. D) Termik kreking.

54. Kimyoviy reaksiyalarni sekinlashtiruvchi katalizatorlar qanday nom bilan ataladi?

A) Musbat katalizatorlar. B) Kimyoviy katalizatorlar. V) Ingibitorlar.
G) Reaksion katalizatorlar. D) Neftkimyoviy katalizatorlar.

55. Kimyoviy reaksiyalarni amalga oshirishga mo'ljallangan uskunalar qanday umumiy nom bilan yuritiladi?

A) Regeneratorlar. B) Reaktorlar. V) Reaktor-regenerator.
G) Katalitik qurilma. D) Kreking qurilmasi.

56. Kreking katalizatoridagi koksni kuydirish jarayonining issiqlik effekti (kJ/kg) qanday chegarada o'zgaradi?

A) 28000 – 32000. B) 300 – 1000. V) 1400 – 2000. G) 200 – 550. D) 750 – 1000.

57. Issiqlikning yutilishi bilan boradigan kimyoviy reaksiyalar qanday nom bilan ataladi?

A) Ekzotermik reaksiyalar. B) Geterogen reaksiyalar. V) Endotermik reaksiyalar. G) Avtotermik reaksiyalar. D) Politropik reaksiyalar.

58. Komponentlarning reaksiyaga uchragan mollari sonining komponentlardagi mollarning dastlabki soniga nisbati qanday kattalik orqali ifoda qilinadi?

A) O'zgartirish darajasi. B) Komponentlarning kontakt vaqti.

V) Kimyoviy reaksiyaning tezligi. G) Taqsimlanish omili.

D) Jarayonning foydali ish koeffitsiyenti.

59. Katalitik riforming reaktorida changsimon harakatchan katalizatorni suyultirilgan fazada pnevmotransport qilish uchun uning ko'taruvchi-ustundagi konsentratsiyasi (kg/m^3) qanday qiymatga ega bo'lishi kerak?

A) 50 – 60. B) 70 – 100. V) 10 – 20. G) 100 – 150. D) 25 – 35.

60. Reaktor tizimida changsimon harakatchan katalizatorni zich fazada pnevmotransport qilishda gaz oqimining ko'taruvchi-ustundagi tezligi (m/s) qanday chegarada o'zgarishi eng maqbul hisoblanadi?

A) 7 – 10. B) 1,5 – 3,0. V) 12 – 15. G) 0,9 – 1,2. D) 5 – 6.

FOYGALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – М.: Недра, 2000. – 677 с.

2. Молоканов Ю.К. Процессы и аппараты нефтегазопереработки. – М.: Химия, 1980. – 407с.

3. Владимиров А.И., Щелкунов В.А., Круглов С.А. Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки (краткий справочник). – М.: Нефть и газ, 1996. – 155 с.

4. Фарамазов С.А. Оборудование нефтеперерабатывающих заводов и его эксплуатация. – М.: Химия, 1978. – 352 с.

5. Рябов В.Д. Химия нефти и газа. – М.: Техника, 2004. – 287 с.

6. Коннова Г.В. Оборудование транспорта и хранения нефти и газа. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 126 с.

7. Грищенко А.И., Галанин И.А., Зиновьева Л.М. и др. Очистка газов от сернистых соединений при эксплуатации газовых месторождений. – М.: Недра, 1985. – 270 с.

8. Справочник нефтехимика. В двух томах. Том 1. Под редакцией Огородникова С.К. – Л.: Химия, 1978. – 496 с.

9. Справочник нефтехимика. В двух томах. Том 2. Под редакцией Огородникова С.К. – Л.: Химия, 1978. – 592 с.

10. Фукс И.Г., Холодов Б.П. Нефть, газ и продукты их переработки. – М.: Нефть и газ, 1994. – 163 с.

11. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки. Справочник. Под редакцией Судакова Е.Н. – М.: Химия, 1979. – 568 с.

12. Абросимов А.А. Э.К. Экологические аспекты производства и применения нефтепродуктов. – М.: Барс, 1999. – 732 с.

13. Бакиров Т.М. Первичная переработка природных газов. – М.: Химия, 1987. – 256 с.

14. Берлин М.А., Гореченков В.Г., Волков Н.П. Переработка нефтяных и природных газов. – М.: Химия, 1981. – 472 с.

15. Кузнецов А.А., Судаков Е.Н. Расчеты основных процессов и аппаратов переработки углеводородных газов. Справочное пособие. – М.: Химия, 1983. – 224 с.

16. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и газа. – М.: Химия, 1999. – 568 с.

17. Николаев В.В., Бусыгина Н.В., Бусыгин И.Г. Основные процессы физической и физико-химической переработки газа. – М.: Недра, 1998.–184 с.

18. Синайский Э.Г. Разделение двухфазных многокомпонентных смесей в нефтегазопромысловом оборудовании. – М.: Недра, 1990. – 272 с.

19. Александров И.А. Перегонка и ректификация в нефтепереработке. – М.: Химия, 1981. – 352 с.

20. Ентус Н.Р., Шарихин В.В. Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. – М.: Химия, 1987. – 304 с.

21. Владимиров А.И. Каталитический крекинг с кипящим (псевдоожижеенным) слоем катализатора. Реакторно-регенераторный блок. – М.: Нефть и газ, 1992. – 47 с.

22. Владимиров А.И. Установки каталитического риформинга. – М.: Нефть и газ, 1993. – 60 с.

23. Орочко Д.И., Сулимов А.Д., Осипов Л.Н. Гидрогенизационные процессы в нефтепереработке. – М.: Химия, 1971. – 350 с.

24.Суханов В.П. Каталитические процессы в нефтепереработке. – М.: Химия, 1979. – 343 с.

25. Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Глубокая переработка нефти: технологический и экологиеский аспекты. – М.: Техника, 2001. – 384 с.

26. Технология переработки нефти. Часть первая. Первичная переработка нефти. Под редакцией Глаголевой О.Ф., Капустина В.М. – М.: Химия, Колосс, 2006. – 400 с.

27. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химичекой технологии. – М.: Химия, 1973. – 750 с.

28. Викторов М.М. Методы вычесления физико-химических величин и прикладные расчёты. – Л.: Химия, 1977. – 360 с.

29. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. Под редакцией Дытнерского Ю.И.. – М.: Химия, 1983. – 272 с.

30. Коган Б.В. Теоретические основы типовых процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1977. – 592 с.

31. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.

32. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. В двух книгах. Часть 1. – М.: Химия. 1995. – 400 с.

33. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. В двух книгах. Часть 2. – М.: Химия. 1995. – 368 с.

34. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. – М.: Высшая школа, 1990. – 520 с.

35. Михаил Р., Кырлогану К. Реакторы в химической промышленности. Перевод с румынского под редакцией. Романкова П.Г., Смирнова Н.Н. – Л.: Химия, 1968. – 387 с.

36. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Книга 1. Под редакцией Айнштейна В.Г. – М.: Логос, Высшая школа. 2003. – 912 с.

37. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Книга 2. Под редакцией Айнштейна В.Г. – М.: Логос, Высшая школа, 2003. – 872 с.

38. Берд Р., Стбюард В., Лайфут Е. Явления переноса. Перевод с английского. Под редакцией Жаворонкова Н.М и Малюсова В.А. – М.: Химия, 1974. – 688 с.

39. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1981, - 812 с.

40. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987. – 540 с.

41. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М., Курочкина М.И. Методы расчёта процессов и аппаратов химической технологии. – СПб.: Химия, 1993. – 496 с.

42. Руководство к практическим занятиям в лаборатории процессов и аппаратов химической технологии. Под редакцией Романкова П.Г. – Л.: Химия, 1979. – 256 с.

43. Бенедюк П., Ласло А. Научные основы химической технологии. Перевод с немецкого. Под редакцией Романкова П.Г и Курочкиной М.И. – Л.: Химия, 1970. – 376 с.

44. Гухман А.А. Введение в теорию подобия. – М.: Высшая школа, 1973. – 296 с.

45. Загейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. – М.: Химия, 1982. – 288 с.

46. Масштабный переход в химической технологии. Под редакцией Розена А.М. – М.: Химия, 1980. – 320 с.

47. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. – Л.: Химия, 1982. – 288 с.

48. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Теплообменные процессы химической технологии. – Л.: Химия, 1982. – 288 с.

49. Кафаров В.В. Основы массопередачи. – М.: Высшая школа, 1979. – 439 с.

50. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Массообменные процессы химической технологии. – М.: Химия, 1990. 384 с.

51. Salimov Z. Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari. Tom. 1. – T.: «O'zbekiston», 1994. – 366 b.

52. Salimov Z. Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari. Tom. 2. – T.: «O'zbekiston», 1995. – 237 b.

53. Левш В.И., Салимов З. Очистка газовых выбросов в аппаратах с турбулизированным газожидкостным слоем. – Т.: «Фан», 1988. – 152 с.

54. Салимов З., Батаев В.В. Повышение эффективности адсорбционной очистки газовых выбросов. – Т.: Фан, 1992. – 96 с.

55. *Салимов З., Кадыров И., Сайдахмедов Ш.* Полифункциональные катализаторы и гидрогенизационные процессы нефтепереработки. – Т.: «Фан», 2000. – 110 с.

56. Раджапов У., Умиров Р., Салимов З. Пневматический трнаспорт и пневмосепарация волокнисто-сыпучих материалов. – Т.: «Фан», 2002. – 274 с.

57. Salimov Z., Rahmonov T. Kimyoviy ishlab chiqarish jarayonlari va qurilmalari. – T.: «Universitet». 2003. – 320 b.

58. Рахмонов Т., Салимов З., Умиров Р. Мокрая очистка газов в аппаратах с подвижной насадкой. – Т.: «Фан», 2005. – 162 с.

59. Salimov Z., Rahmonov T. Neft va gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari. I qism. – T.: «Cho'lpon», 2007. – 255 b.

60. Salimov, Rahmonov T. Neft va gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari, II qism. –T.: «O'FMJ» nashriyoti, 2008, –160 b.

MUNDARAJA

So‘z boshi 3
O‘zbekistonda neft-gaz sanoatining rivojlanishi bosqichlari 11

I bob. **UMUMIY QONUN-QOIDALAR**

1.1. Neft-gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari fanining mazmuni va maqsadlari 13
1.2. Neft-gazni qayta ishlashning asosiy jarayonlari va uskunalarini sinflash 15
1.3. Modda va energiyaning saqlanish qonunlari 17
1.4. Jarayonlar va uskunalarni hisoblash tartibi 18
1.5. Mukammal uskunalar yaratishning asosiy talablari 20
1.6. Gaz, suyuqlik va qattiq moddalarning fizik-texnikaviy xossalari 23
1.7. O‘xshashlik nazariyasi va jarayonlarni modellashtirish 27
1.8. Fizik kattaliklarning o‘lchov sistemalari 28
Tayanch so‘z va iboralar 29
Mustaqil ishlash uchun savollar 29

BIRINCHI QISM. GIDROMEXANIK JARAYONLAR

II bob. **TEXNIKAVIY GIDRAVLIKA ASOSLARI**

2.1. Umumiy tushunchalar 33
2.2. Gidravlik bosim 34
2.3. Suyuqlik muvozanat holatining Eyler differensial tenglamasi 36
2.4. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi 38
2.5. Nyuton va nonyuton suyuqliklar 39
2.6. Suyuqliklarning tezligi va sarfi 42
2.7. Oqimning uzluksizligi 44
2.8. Suyuqlik harakatining Eyler differensial tenglamasi 45
2.9. Oqimning material va energetik balanslari 46
2.10. Haqiqiy suyuqliklarning harakat rejimlari 49
2.11. Suyuqlik oqimining tuzilishi 52
2.12. Gidravlik qarshiliklar 56
2.13. Suyuqliklarning teshiklar orqali chiqishi 58
Tayanch so‘z va iboralar 61
Mustaqil ishlash uchun savollar 61

III bob. **SUYUQLIK VA GAZLARNI UZATISH**

3.1. Umumiy tushunchalar 62
3.2. Nasos bosimi va so‘rish balandligi 63

3.3. Markazdan qochma nasoslar..... 66
3.4. Porshenli nasoslar..... 73
3.5. Boshqa turdagi nasoslar..... 76
3.6. Gaz siqishning termodinamik asoslari..... 81
3.7. Ventilatorlar..... 85
3.8. Markazda qochma kompressor va gazoduvkalar..... 87
3.9. Porshenli kompressorlar..... 90
3.10. Rotorli kompressorlar..... 94
3.11. Vakuum – nasoslar 97
Tayanch so'z va iboralar..... 99
Mustaqil ishlash uchun savollar..... 100
IV bob. **TURLI JINSLI SISTEMALARNI AJRATISH**
4.1. Umumiy tushunchalar..... 101
4.2. Og'irlik kuchi ta'sirida cho'ktirish..... 103
4.3. Markazdan qochma kuch maydonida cho'ktirish..... 111
4.4. Elektr maydonida cho'ktirish..... 118
4.5. F i l t r l a sh..... 123
4.6. Gazlarni suyuqlik yordamida tozalash..... 129
Tayanch so'z va iboralar..... 131
Mustaqil ishlash uchun savollar..... 131
V bob. **SUYUQ MUHITLARNI ARALASHTIRISH**
5.1. Umumiy tushunchalar..... 133
5.2. Mexanik usul bilan aralashtirish..... 134
5.3. Pnevmatik aralashtirish..... 137
5.4. Aralashtirishning boshqa usullari..... 140
Tayanch so'z va iboralar..... 141
Mustaqil ishlash uchun savollar..... 142
VI bob. **DONADOR MATERIALLAR QATLAMI GIDRODINAMIKASI**
6.1. Umumiy tushunchalar..... 143
6.2. Gaz yoki suyuqlikning donador materialning zich qatlami orqali harakati..... 144
6.3. Gaz yoki suyuqlikning donador materialning muallaq qatlami orqali harakati..... 146
6.4. Pnevmotransport rejimi..... 151
Tayanch so'z va iboralar..... 153
Mustaqil ishlash uchun savollar..... 153

IKKINCHI QISM. MEXANIK JARAYONLAR

VII bob. QATTIQ MATERIALLARNI MAYDALASH

7.1. Umumiy tushunchalar 155
7.2. Maydalashning asosiy qonunlari 157
7.3. Maydalash mashinalarining prinsipial sxemalari 159
7.4. Maydalash mashinalarining tuzilishi 161
7.5. Maydalash mashinalarini hisoblash 166
Tayanch so'z va iboralar 168
Mustaqil ishlash uchun savollar 168

VIII bob. QATTIQ MATERIALLARNI SINFLASH, SARALASH VA ARALASHTIRISH

8.1. Umumiy tushunchalar 170
8.2. Mexanik usul bilan sinflash 170
8.3. Gidravlik sinflash va separatsiya 173
8.4. Qattiq materiallarni dozalash 175
8.5. Qattiq materiallarni aralashtirish 177
Tayanch so'z va iboralar 179
Mustaqil ishlash uchun savollar 180

UCHINCHI QISM. ISSIQLIK ALMASHINISH JARAYONLARI

IX bob. ISSIQLIK O'TKAZISH ASOSLARI

9.1. Umumiy tushunchalar 181
9.2. Issiqlik o'tkazishinig asosiy tenglamasi 182
9.3. Issiqlik o'tkazuvchanlik 186
9.4. Issiqlik nurlanishi 188
9.5. Konvektiv issiqlik almashinish 192
9.6. Issiqlik berish va o'tkazish koeffitsiyentlarining qiymatlari 197
9.7. Issiqlik jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi 198
9.8. Issiqlik o'tkazish jarayonlarini jadallashtirish 200
Tayanch so'z va iboralar 201
Mustaqil ishlash uchun savollar 202

X bob. ISSIQLIK ALMASHINISH USKUNALARI

10.1. Umumiy tushunchalar 203
10.2. Yuzali issiqlik almashgichlar 205
10.3. Aralashtiruvchi issiqlik almashgichlar 218
10.4. Regenerativ issiqlik almashgichlar 221
10.5. Yuzali issiqlik almashgichlarni hisoblash 222
10.5.1. Issiqlik hisobi 222

10.5.2. Konstruktiv hisoblash 227
10.5.3. Gidravlik hisoblash 229
Tayanch so'z va iboralar 231
Mustaqil ishlash uchun savollar 232

XI bob. **QUVURLI PECHLAR**

11.1. Umumiy tushunchalar 233
11.2. Quvurli pechning prinsipial sxemasi 235
11.3. Quvurli pechning issiqlik balansi 236
11.4. Pechlarning asosiy turlari 237
11.5. Radiant yuzasini hisoblash 243
11.6. Konveksiya yuzasini hisoblash 245
11.7. Quvurli zmeevikni gidravlik hisoblash 248
11.8. Gaz qarshiligi va havoning tortishi 251
Tayanch so'z va iboralar 252
Mustaqil ishlash uchun savollar 252

TO'RTINCHI QISM. MODDA ALMASHINISH JARAYONLARI

XII bob. **MODDA O'TKAZISH ASOSLARI**

12.1. Umumiy tushunchalar 254
12.2. Modda o'tkazish jarayoni 257
12.3. Molekular diffuziya 261
12.4. Konveksiya va modda berish 263
12.5. Modda almashinish jarayonlarining o'xshashligi 265
12.6. Modda o'tkazishning harakatlantiruvchi kuchi 267
12.7. Qattiq fazali sistemalarda modda o'tkazish jarayoni 270
12.8. Modda o'tkazish jarayonlarini jadallashtirish 273
12.9. Modda almashinish uskunalarining asosiy o'lchamlarini aniqlash 275
Tayanch so'z va iboralar 277
Mustaqil ishlash uchun savollar 278

XIII bob. **SUYUQLIKLARNI HAYDASH**

13.1. Umumiy tushunchalar 279
13.2. Suyuqlik-bug' sistemalarining muvozanati 280
13.3. Oddiy haydash 283
13.4. Binar aralashmalarni rektifikatsiya qilish 286
13.5. Rektifikatsion kolonnaning moddiy balansi 291
13.6. Ish chiziqlarini $y - x$ diagrammasida tasvirlash 293
13.7. Flegma soni 295
13.8. Rektifikatsion kolonnaning issiqlik balansi 297

13.9. Rektifikatsiya jarayoniga ta'sir etuvchi omillar..... 298
13.10. Ko'p komponentli aralashmalarni rektifikatsiyalash..... 302
13.11. Komponentlarning qaynash haroratlari bir-biriga yaqin bo'lgan va azeotrop aralashmalarni rektifikatsiyalash..... 303
Tayanch so'z va iboralar..... 307
Mustaqil ishlash uchun savollar..... 307

XIV bob. **ABSORBSIYA**

14.1. Umumiy tushunchalar..... 309
14.2. Absorbsiya paytidagi muvozanat..... 310
14.3. Absorberning moddiy balansi..... 312
14.4. Absorbsiya tezligi..... 314
14.5. Desorbsiya
14.6. Absorbsion qurilmalarning sxemalari..... 317
14.7. Absorberlarning tuzilishi..... 318
Tayanch so'z va iboralar..... 323
Mustaqil ishlash uchun savollar..... 323

XV bob. **REKTIFIKATSION VA ABSORBSION KOLONNALARNING ASOSIY RUSUMLARI VA ULARNI HISOBLASH**

15.1. Kolonnali uskunalarni sinflash..... 325
15.2. Tarelkali kolonnalar..... 325
15.3. Nasadkali kolonnalar..... 334
15.4. Kolonnali uskunalarni hisoblash..... 341
Tayanch so'z va iboralar..... 345
Mustaqil ishlash uchun savollar..... 345

XVI bob. **ADSORBSIYA**

16.1. Umumiy tushunchalar..... 347
16.2. Adsorbentlarning turlari va ularning xossalari..... 348
16.3. Adsorbsiya paytidagi muvozanat..... 351
16.4. Adsorbsiya paytidagi modda o'tkazish..... 354
16.5. Adsorberlarning tuzilishi..... 356
16.6. Desorbsiya..... 362
16.7. Adsorberlarni hisoblash..... 363
Tayanch so'z va iboralar..... 367
Mustaqil ishlash uchun savollar..... 367

XVII bob. **SUYUQLIKLARNI EKSTRAKTSIYALASH**

17. 1. Umumiy tushunchalar..... 369
17.2. Ekstragentlarni tanlash..... 370
17.3. Suyuqlik-suyuqlik sistemalarining muvozanati..... 371

17.4. Ekstraksiyalashning asosiy usullari 375
17.5. Suyuqliklarni ekstraksiyalashning tezligi 377
17.6. Ekstraktorlarning tuzilishi 379
17.7. Ekstraksiyalash uskunalarini hisoblash 387
Tayanch so'z va iboralar 390
Mustaqil ishlash uchun savollar 391

XVIII bob. **QURITISH**

18.1. Umumiy tushunchalar 393
18.2. Nam havoning asosiy xossalari 394
18.3. Nam havoning holat diagrammasi 396
18.4. Quritish jarayonining muvozanati 397
18.5. Quritishning tezligi 400
18.6. Quritish uskunalarini hisoblash 405
18.7. Quritgichlarni sinflash 409
18.8. Quritish uskunalarining tuzilishi 410
18.9. Quritish jarayonlarini jadallashtirish 421
Tayanch so'z va iboralar 421
Mustaqil ishlash uchun savollar 422

XIX bob. **KRISTALLANISH**

19.1. Umumiy tushunchalar 424
19.2. Kristallanish paytidagi muvozanat 427
19.3. Kristallanish jarayonining tezligi 429
19.4. Kristallizatorlarning tuzilishi 432
19.5. Kristallizatorlarni hisoblash 441
Tayanch so'z va iboralar 442
Mustaqil ishlash uchun savollar 443

BESHINCHI QISM. NEFTKIMYOVIY JARAYONLAR

XX bob. **NEFTKIMYOVIY JARAYONLARNING NAZARIY ASOSLARI**

20.1. Umumiy tushunchalar 445
20.2. Neftkimyoviy jarayonlarni sinflash 447
20.3. Kimyoviy reaksiyalar kinetikasi 449
Tayanch so'z va iboralar 454
Mustaqil ishlash uchun savollar 455

XXI bob. **KIMYOVIY REAKTORLAR**

21.1. Reaktorlarni sinflash 456
21.2. Reaktorlarning tuzilishi 459
21.3. Reaktorlarni hisoblash tartibi 472
Tayanch so'z va iboralar 476

Mustaqil ishlash uchun savollar..... 476
Asosiy atamalarning ta'rifi..... 478
Ilmiy tadqiqot ishlarini olib borish uchun mavzular..... 485
Test savollaridan namunalar..... 489
Foydalanilgan adabiyotlar 497

ZOKIRJON SALIMOV

NEFT VA GAZNI QAYTA ISHLASH JARAYONLARI VA USKUNALARI

Toshkent – «Aloqachi» – 2010

Muharrir:	J.To'raxonov
Tex. muharrir:	A.Moydinov
Musahhih:	M.Hayitova
Kompyuter sahifalovchi:	Sh.Mirqosimova

Bosishga ruxsat etildi 24.11.2010. Bichimi 60x84 $^{1}/_{16}$.
«Timez New Roman» garniturasi. Ofset usulida bosildi.
Shartli b.t. 32,0 Nashr b.t. 31,75.
Tiraji 500. Buyurtma 164.

«Fan va texnologiya markazining bosmaxonasi» da chop etildi.
100003, Toshkent, Olmazor ko'chasi, 171-uy.